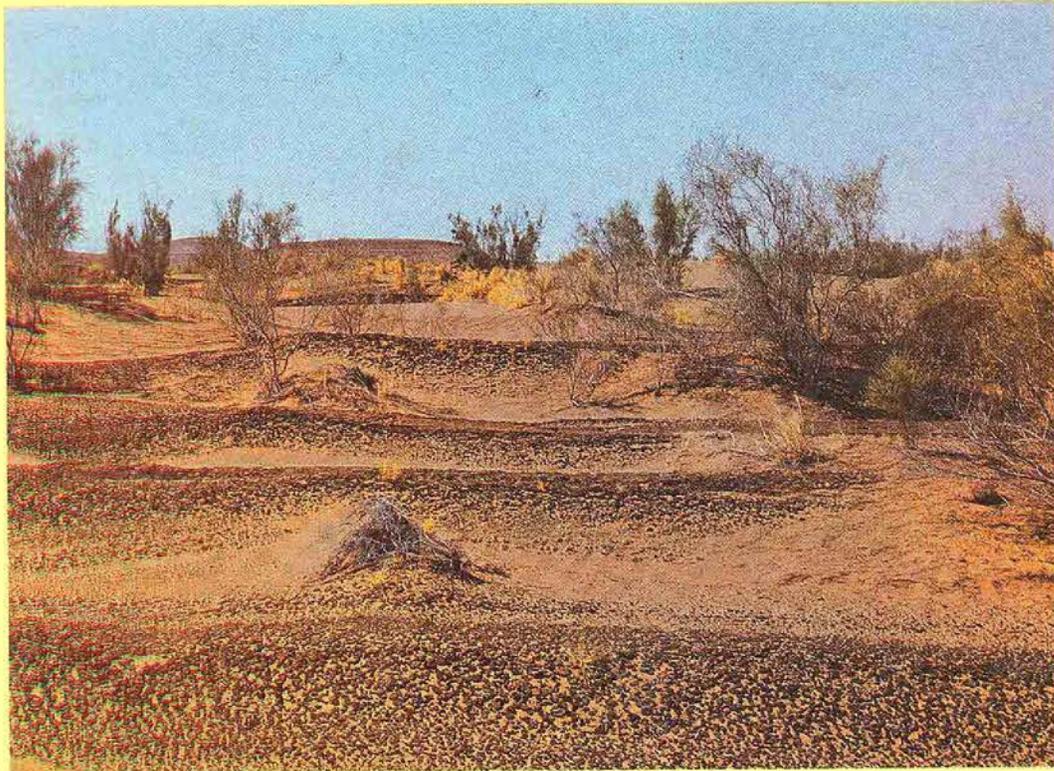




PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT (PNUE)

COMMISSION DE L'URSS POUR LE PNUE



**LA MISE EN VALEUR
DES TERRITOIRES ARIDES
ET LA LUTTE CONTRE
LA DESERTIFICATION:
STRATEGIE INTEGREE**

Moscou 1987

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT (PNUE)

COMMISSION DE L'URSS POUR LE PNUE

**LA MISE EN VALEUR
DES TERRITOIRES ARIDES
ET LA LUTTE CONTRE
LA DESERTIFICATION:
STRATEGIE INTEGREE**

CENTRE DES PROJETS INTERNATIONAUX GKNT

Moscou 1987

Tec
Arz/125

Conseil de rédaction:

GUERASSIMOV I. P., académicien (Président)

BABAEV A. G., membre correspondant de l'Académie des Sciences de l'URSS

LEVINTANUS A. Y. (secrétaire responsable)

MASHBITS Y. G., docteur en géographie

ROSTOTSKI S. B., candidat en géographie

SAIKO T. A. (secrétaire responsable)

SDASSIOUK G. V., docteur en géographie

ZONN I. S., candidat en géographie

*Le texte anglais de la monographie est édité par Prof. M. Glantz
(Etats-Unis) consultant du PNUE*

© PNUE

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne pourra être reproduite, mise en mémoire ou transmise sous quelque forme que ce soit ou par des moyens électroniques, électrostatiques, mécaniques, par photocopie, enregistrement, bande magnétique ou autres procédés, sans l'autorisation écrite des dépositaires du copyright.

La formulation et la présentation du contenu de cette publication ne constituent pas l'expression d'une quelconque opinion du PNUE quant au statut juridique d'un pays, territoire, ville ou zone ou de ses autorisés, ni la délimitation de ses frontières ou limites.

Composé pour l'édition par le Centre des projets internationaux du GKNT dans le cadre du projet PNUE/URSS «Assistance et formation dans la lutte contre la désertification par le développement intégré.»

Moscou 1987

CONTENU

	Page
Avant-propos	7

Première partie

DESERTIFICATION: ASPECTS NATURELS, SOCIAUX ET ECONOMIQUES

Chapitre I.	Ampleur et extension de la désertification. <i>H. Dregne (USA)</i>	10
Chapitre II.	Désertification résultant des activités humaines. <i>I. Zonn, N. Orlovskii (URSS)</i>	16
Chapitre III.	Exploitation du sol et ressources en eau des territoires arides. <i>I. Zonn (URSS)</i>	23
Chapitre IV.	Le développement agricole et la lutte contre la désertification. <i>V. Pouliarkin, A. Rakitnikov (URSS)</i>	34
Chapitre V.	Ressources en combustible et électricité et sources d'énergie alternatives. <i>S. Seyitkurbanov, I. Svintsov (URSS)</i>	38
Chapitre VI.	L'industrialisation des territoires arides. <i>G. Outkin (URSS)</i>	45
Chapitre VII.	Le rôle de l'infrastructure de base dans le développement intégré des territoires arides. <i>S. Chlikhter (URSS)</i>	49
Chapitre VIII.	Les populations des régions arides et semi-arides du monde. <i>S. Brouk, V. Pokchichevski (URSS)</i>	54
Bibliographie		62

Deuxième partie

EXPERIENCE MONDIALE DE LUTTE CONTRE LA DESERTIFICATION

Chapitre IX.	Les approches scientifiques de l'organisation de la lutte contre la désertification en Afrique. <i>M. Gornung (URSS)</i>	66
Chapitre X.	Remarques sur l'homme et la dégradation des écosystèmes naturels au Maghreb. <i>J. Dresch (France)</i>	67
Chapitre XI.	La désertification dans le Sahel. <i>H. Mensching (RFA)</i>	70
Chapitre XII.	Expérience d'utilisation des terres arides en Tanzanie. <i>M. Darkoh (Kenya)</i>	74
Chapitre XIII.	Problèmes de désertification au Proche-Orient. <i>P. Beaumont (Grande-Bretagne)</i>	81
Chapitre XIV.	Le développement des territoires arides en Asie du Sud. <i>H. Mann (Inde)</i>	86
Chapitre XV.	La désertification en Inde et les problèmes du développement régional intégré. <i>G. Sdassiouk (URSS)</i>	90
Chapitre XVI.	La mise en valeur des régions arides de l'Amérique latine. <i>Y. Machbits (URSS)</i>	96
Chapitre XVII.	Le problème de la désertification aux Etats-Unis. <i>D. Sheridan (USA)</i>	100
Chapitre XVIII.	La désertification en Australie. <i>J. Mabbutt (Australie)</i>	105
Bibliographie		113

Troisième partie

**EXPERIENCE SOVIETIQUE DE MISE EN VALEUR DES TERRITOIRES
ARIDES PAR LE DEVELOPPEMENT INTEGRE**

Chapitre XIX.	Les territoires arides de l'URSS et leurs forces productives. <i>A. Babaïev (URSS)</i>	118
Chapitre XX.	Régions arides typiques de l'URSS et leur développement économique intégré:	
	A. Les «terres noires» de Kalmikie. <i>S. Zonn (URSS)</i>	128
	B. La mise en valeur de la Steppe de la Faim. <i>V. Doukhovny (URSS)</i>	132
	C. Le canal du Kara-Koum. <i>M. Grave, L. Grave (URSS)</i>	135
	D. Le groupement territorial de production du Tadjikistan. <i>K. Djouraeu (URSS)</i>	139
Bibliographie		141

Conclusion

**APPROCHE INTEGREE DU DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE DES
TERRITOIRES ARIDES**

Chapitre XXI.	Elaboration des programmes intégrés du développement économique des régions arides <i>V. Vladimirov, S. Istomine (URSS)</i>	142
Bibliographie		151

CONTRIBUTIONS

- BABAEV A.** — membre correspondant de l'Académie des Sciences de l'URSS, directeur de l'Institut des déserts de l'Académie des Sciences de la RSS du Turkménie, Achkhabad, URSS.
- BEAUMONT P.** — professeur, doyen de la faculté de géographie de l'Université de St. David, Lampeter, United Kingdom, Grande-Bretagne
- BROUK S.** — docteur en géographie, directeur adjoint de l'Institut d'ethnographie de l'Académie des Sciences de l'URSS, Moscou, URSS.
- CHLIKHTER S.** — candidat en géographie, chercheur détaché à l'Institut de géographie de l'Académie des Sciences de l'URSS, Moscou, URSS.
- DARKOH M.** — professeur à la faculté de géographie de Kenyatte University College, Nairobi, Kenya.
- DJOURAEV K.** — docteur en géographie, professeur à l'Institut pédagogique de Douchanbé, Douchanbé, URSS.
- DREGNE H.** — professeur, directeur du Centre international d'études des régions arides et semi-arides, Texas Technological University, Lubbock, Texas, USA.
- DRESCH J.** — professeur, Université de Paris, Paris, France.
- DOUKHOVNY V.** — candidat en géographie, directeur de l'Institut SANIIRI du Ministère des Eaux de l'URSS, Tachkent, URSS.
- GORNUNG M.** — candidat en géographie, chercheur à l'Institut de géographie de l'Académie des Sciences de l'URSS, Moscou, URSS.
- GRAVE L.** — candidat en géographie, chercheur à l'Institut de géographie de l'Académie des Sciences de l'URSS, Moscou, URSS.
- GRAVE M.** — candidat en géographie, chercheur détaché à l'Institut de géographie de l'Académie des Sciences de l'URSS, Moscou, URSS.
- GUERASSIMOV I.** — académicien, directeur de l'Institut de géographie de l'Académie des Sciences de l'URSS, Moscou, URSS.
- ISTOMINE S.** — candidat en architecture, chercheur au service d'aménagement régional de l'Institut d'études d'urbanisme, Moscou, URSS.
- MABBUTT J.** — professeur, Ecole de Géographie. University of New South Wales, Kensington, Australia.
- MANN H.** — Ph. D. Directeur de Central Arid Zone Research Institut, Jodhpur, India.
- MASHBITS Y.** — docteur en géographie, chef de service de géographie des pays étrangers de l'Institut de géographie de l'Académie des Sciences de l'URSS, Moscou, URSS.
- MENSCHING H.** — professeur, directeur de l'Institut de géographie de l'Université de Hamburg, président du groupe de travail IGU «Utilisation rationnelle et reproduction des ressources naturelles des terres arides», Hamburg, RFA.
- ORLOVSKIÏ N.** — candidat en géographie, chef de laboratoire de climatologie de l'Institut des déserts de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie, Achkhabad, URSS.
- OUTKIN G.** — chercheur à l'Institut de géographie de l'Académie des Sciences de l'URSS, Moscou, URSS.
- POULIARKIN V.** — docteur en géographie, chercheur détaché à l'Institut de géographie de l'Académie des Sciences de l'URSS, Moscou, URSS.
- RAKITNIKOV A.** — docteur en géographie, professeur à la faculté de géographie de l'Université de Moscou, URSS.
- SEYITKOURBANOV S.** — candidat ès sciences techniques, chef du service d'énergie solaire et éolienne du groupement de recherche-production «Soleil» de l'Académie des Sciences de l'URSS, Achkhabad, URSS.
- SDASSIOUK G.** — docteur en géographie, chercheur détaché à l'Institut de géographie de l'Académie des Sciences de l'URSS, Moscou, URSS.
- SHERIDAN D.** — membre du conseil de l'Institut d'auto-suffisance. Chevy Chase, Md., USA.
- VLADIMIROV V.** — candidat ès sciences techniques, chef de service «Aménagement régional» de l'Institut d'études d'urbanisme près le Comité pour la construction civile de l'URSS, Moscou, URSS.
- ZONN I.** — candidat en géographie, ancien directeur du projet PNUE/URSS «Lutte contre la désertification». Centre des projets internationaux. Moscou, URSS.
- ZONN S.** — docteur en agriculture, chercheur détaché à l'Institut de géographie de l'Académie des Sciences de l'URSS, Moscou, URSS.

De nombreuses personnes ont contribué à la préparation du présent ouvrage, ce qui est un témoignage de la vaste coopération internationale. Il convient de remercier S. N. Baïbakov, directeur du centre des projets internationaux du Comité d'Etat de l'URSS pour la science et la technologie, V. G. Polienko, coordinateur du projet PNUE/URSS «Assistance et formation dans la lutte contre la désertification par le développement intégré»; I. S. Zonn, ancien coordinateur du même projet; Y. G. Machbits, chef du secteur de la géographie des pays étrangers à l'Institut de la géographie de l'Académie des Sciences de l'URSS, N. S. Orlovskiï, directeur-adjoint de l'Institut des déserts de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie, pour leurs concours administratif et scientifique au présent projet. Les rédacteurs tiennent également à remercier T. A. Saïko, attachée supérieure de recherche du projet, pour sa grande et inlassable assistance aux travaux de recherche et à la rédaction de la monographie, ainsi que Maria Krentz, collaboratrice du Centre national des USA pour l'étude de l'atmosphère, pour son aide permanente.

Enfin, il faut exprimer la plus profonde gratitude aux collaborateurs du PNUE participant à la réalisation du dit projet. Sans leur concours cette monographie n'aurait sans doute pas vu le jour.

Michaël Glantz

AVANT-PROPOS

La catastrophe liée à la première phase de la sécheresse au Soudan et au Sahel dans les années 1968—1973, a incité la communauté mondiale à examiner l'état des territoires arides dans le monde entier et élaborer des mesures de lutte contre les processus de désertification et leurs retombées écologiques et sociales. Tout récemment, au début des années 1980, la sécheresse en Afrique a affecté la production vivrière, compromettant les possibilités à court et à long termes de plus 27 pays en la matière, ce qui a mis une nouvelle fois en relief le lien étroit entre la sécheresse, la désertification et la famine. On appelle désertification le phénomène de réduction ou de destruction du potentiel biologique de la terre, entraînant l'apparition des conditions analogues à celles des déserts et qui est souvent le résultat des activités humaines ne tenant pas compte des impératifs de l'environnement.

Selon les estimations, ce phénomène affecte réellement près de 45 millions de km² de terres.

«Selon les estimations actuelles, la désertification fera perdre, d'ici la fin du siècle, un tiers environ des terres arables. Cette perte risque d'avoir des conséquences catastrophiques en période de croissance démographique sans précédent et d'accroissement des besoins en produits alimentaires»,—notait le rapport de l'ONU (Plan d'actions ... 1977).

La Conférence des Nations Unies sur les problèmes de la désertification (UNCOD), qui s'est tenue en 1977 à Naïrobi, a particulièrement insisté sur le fait que la désertification s'intensifie partout dans le monde et ceci à l'échelle grandissante. Ce phénomène est exceptionnellement dangereux et connaît une grande ampleur dans les pays en voie de développement. Les récentes sécheresses en Afrique ont confirmé l'opportunité de cette mise en garde.

Une des principales recommandations du «Plan d'actions pour la lutte contre la désertification» de l'UNCOD est consacrée à la combinaison efficace de l'industrialisation et de l'urbanisation avec le développement de l'agriculture et à leur impact sur l'écologie des territoires arides. Il s'agit donc d'un développement socio-économique intégral et harmonieux non-préjudiciable à l'environnement.

Cette recommandation proposée par la délégation soviétique à la Conférence se fondait sur l'expérience considérable et positive de mise en valeur des territoires arides en URSS. C'est toujours elle qui a été mise à la base du Projet PNUE/URSS «La lutte contre la désertification par le développement intégré» * mis au point dans le cadre de l'accord correspondant, signé entre le Comité d'Etat de l'URSS pour la Science et la Technique (GKNT) et le Programme de l'ONU pour l'Environnement (PNUE).

Le dit projet est appelé à contribuer à la réalisation du Plan d'actions pour la lutte contre la désertification:

L'élaboration des schémas intégrés de développement régional combinant l'industrialisation et l'urbanisation avec le développement de l'agriculture est désormais considérée comme stratégie de base dans la lutte contre la désertification. Cette thèse formulée dans le Plan d'actions et reconnue par la Conférence de l'ONU distingue ce Projet du PNUE/URSS

* Depuis avril 1984 — «Assistance et formation dans la lutte contre la désertification par le développement intégré».

des autres projets du PNUE, du FAO, etc., qui ne couvrent que quelques aspects particuliers de la lutte contre la désertification. C'est la vision d'ensemble de ce phénomène qui le rend plus complexe et à la fois plus significatif sur le plan géographique.

Le programme du Projet inclut trois volets interdépendants: formation, consultations scientifiques et études méthodologiques. Ayant chacun ses objectifs spécifiques, ils se fondent tous sur une étude scientifique approfondie des recommandations concernant la lutte contre la désertification.

Parmi les principaux résultats du Projet, il convient de mentionner l'édition de la présente monographie faisant le point de l'expérience soviétique et mondiale en matière de mise en valeur intégrée des régions arides en développement, de prévention et de lutte contre les processus de conséquences de la désertification.

La présente monographie est l'aboutissement de l'étape du Projet du PNUE/URSS qui a débuté par l'organisation des cours d'études en URSS (1980) et s'est poursuivie au symposium international (Tachkent, 1981) *. Toutes ces manifestations organisées dans le cadre du Projet ont fourni les données nécessaires incluses dans la présente monographie et ont permis d'assurer la collaboration des plus grands scientifiques étrangers pour discuter de son contenu et état d'avancement. Ils ont également été coordonnés avec le secrétariat du PNUE (département de lutte contre la désertification).

La monographie est essentiellement l'œuvre des collaborateurs de l'Institut de géographie de l'Académie des Sciences de l'URSS, de l'Institut des déserts et du Groupement science/production «Soleil» de l'Académie des Sciences de la RSS de Tadjikistan, du Centre des Projets d'urbanisme et de la direction du Projet du Centre des projets internationaux du GKNT.

La monographie se compose de 4 parties.

La première partie traite des aspects naturels et socio-économiques du processus de désertification. La deuxième partie fait le point de l'expérience mondiale de lutte contre la désertification dans les pays d'Afrique, du Proche Orient, d'Asie du Sud, d'Amérique du Nord et du Sud et en Australie.

La troisième partie est consacrée à l'expérience soviétique de mise en valeur des régions arides par le développement intégré. Les exemples de mise en valeur des «terres noires» de Kalmikie, de la Steppe de la Faim, du Canal de Kara-Koum et de la vallée du Vakhch au Tadjikistan ont été cités comme les régions arides typiques de l'URSS ayant fait l'objet de toute une large série d'études géographiques constructives.

La quatrième partie fait en quelque sorte le point des trois premières et résume les diverses approches de l'élaboration des programmes intégrés du développement économique des régions arides soumises à la désertification **.

A la fin de chaque partie, on trouve une bibliographie des sources utilisées.

Composer une monographie scientifique internationale est une tâche ardue et complexe. Or, c'est là une chance unique de faire la synthèse de l'expérience méthodique et pratique accumulée par les diverses écoles nationales, a des fins d'une utilisation rationnelle et de protection des ressources naturelles, ce à quoi appelle instamment le Programme de l'ONU pour l'Environnement.

I. P. GUÉRASSIMOV
académicien

* La lutte contre la désertification par le développement intégré. Symposium scientifique international. Résumés des communications. Tachkent, 1981, p. 252.

** Dans le cadre du Projet on a publié un «Guide d'élaboration des schémas intégrés de lutte contre la désertification» (M., 1982, russe, anglais, français et espagnol).

Première partie



**DESERTIFICATION:
ASPECTS NATURELS,
SOCIAUX ET ECONOMIQUES**

Introduction. Le terme «désertification» désigne le processus de dégradation des terres qui conduit en fin de compte à la transformation des terres fertiles en désert écologique. L'homme en était le principal agent pendant deux derniers millénaires.

La dégradation des terres résultant des activités humaines commence au moment où le tapis végétal recule ou est détruit par le surpâturage, l'agriculture, l'exploitation minière, la construction routière, le tourisme et d'autres activités qui perturbent l'équilibre naturel. L'érosion éolienne et hydrique accélèrent le processus de dégradation à tel point qu'il se produit la désaffectation des terres. Il faut des années, des décennies et même des siècles pour la régénération des terres ainsi dégradées (suivant le degré de dégradation et le climat). Dans de nombreux cas la désertification cause le préjudice qui empêche la restauration de l'ancienne fertilité des terres.

Définition. Aubreville, botaniste français et spécialiste de l'écologie a été le premier à employer le terme «désertification» dans le titre de son livre de 1949. Il n'a pas défini cette notion avec précision en laissant entendre par la désertification la transformation des terres fertiles en désert écologique résultant des activités humaines. La coupe des arbres, l'utilisation incontrôlée du feu et le mauvais traitement du sol sous cultures aux tropiques humides et modérées étaient les causes de la désertification des terres les derniers 100—150 ans.

La définition de la désertification doit refléter ce fait qu'il s'agit de la dégradation progressive des sols jusqu'à un très fort degré sous l'impact des activités humaines. Là nous nous servirons de la définition suivante*:

«La désertification est l'épuisement et la destruction des écosystèmes de surface résultant des activités humaines. C'est le processus de dégradation des écosystèmes qui peut être évalué d'après le degré de baisse de productivité des plantes de culture, les changements indésirables intervenus dans la biomasse et la réduction de la diversité de la micro- et macroflore et faune, la dégradation accélérée des sols et l'accroissement du facteur de risque auquel sont soumises les terres en possession de l'homme» [Dregne, 1978].

La désertification se signale par la dégradation du tapis végétal, l'érosion hydrique et éolienne des sols, la formation de la croûte à la surface du sol, le compactage, la réduction de la fertilité, la salinisation et l'emmarécage.

Extension de la désertification dans le monde. La carte (fig. 1) fait apparaître l'ampleur et l'extension du phénomène de désertification dans les régions arides du monde. On distingue notamment 4

degrés de désertification: faible, modérée, forte et très forte. Au tableau I sont consignés les critères de la détermination du degré de désertification. Pour les parcours c'est la destruction du tapis végétal qui est le principal facteur de désertification. Ces facteurs sont l'érosion pour les terres utilisées dans l'agriculture à sec et la salinisation et l'emmarécage pour les terres irriguées. L'érosion, la formation de la croûte et la baisse de fertilité sont des facteurs secondaires de désertification des pâturages cependant que sur les terres utilisées à sec ces facteurs sont représentés par la formation de la croûte et le compactage des sols. Le compactage intervient également dans l'agriculture irriguée lorsque on utilise un matériel agricole lourd. L'urbanisation, l'exploitation des gisements utiles, les activités récréatives et le tourisme s'accompagnent également de la destruction du tapis végétal et de l'érosion des sols.

Histoire du problème de la désertification. La désertification n'est pas un fait nouveau pour l'homme bien que ces dernières années il se trouve au centre de ces préoccupations. L'histoire nous renseigne sur une forte désertification qui avait touché il y a quelques siècles de très vastes superficies dans trois régions à savoir: Méditerranée, Mésopotamie et plateaux loessiques de la Chine.

Méditerranée. C'est probablement au temps des anciens Phéniciens que les bois étaient intensément coupés à l'Est de cette région (construction de vaisseaux et de temples, fonte des métaux et dégauchement des terrains pour les diverses cultures). La destruction des bois de cèdres au Liban est l'exemple typique de dégradation des terres [Mikesell, 1979]. On sait que c'est encore au 2600 av. J. C. que les Egyptiens recherchaient le bois de l'ancienne Phénicie pour construire les vaisseaux et les temples et obtenir les résines utilisées pour la momification. La demande du bois de pin et de cèdre était tellement grande que sous les Mameluks (1250—1517 av. J.C.) il était considéré comme matériau stratégique exceptionnellement rare et précieux et son stockage était réalisé sous le contrôle personnel du Sultan. Au XVIII^es. à la suite des bouleversements politiques et sociaux qui ont conduit à la réduction de la population, les ressources forestières se régénèrent jusqu'à un certain degré mais ce phénomène est de courte durée. C'est au XX^es. que les bois disparaissent définitivement dans la fournaise des locomotives (on en fabriquait également les traverses des chemins de fer). A l'heure actuelle seuls quelques bosquets épars rappellent les anciennes forêts de cèdres. Bien que le climat n'ait pas varié depuis, la régénération paraît aléatoire tant que le bois est utilisé pour le chauffage et les chèvres consomment pratiquement toutes les pousses vertes.

Mésopotamie. La désertification dans l'interfluve du Tigre et de l'Euphrate (dans le bas cours de ces

* Définitions utilisées dans des chapitres divers de cette publication appartiennent aux auteurs individuels.

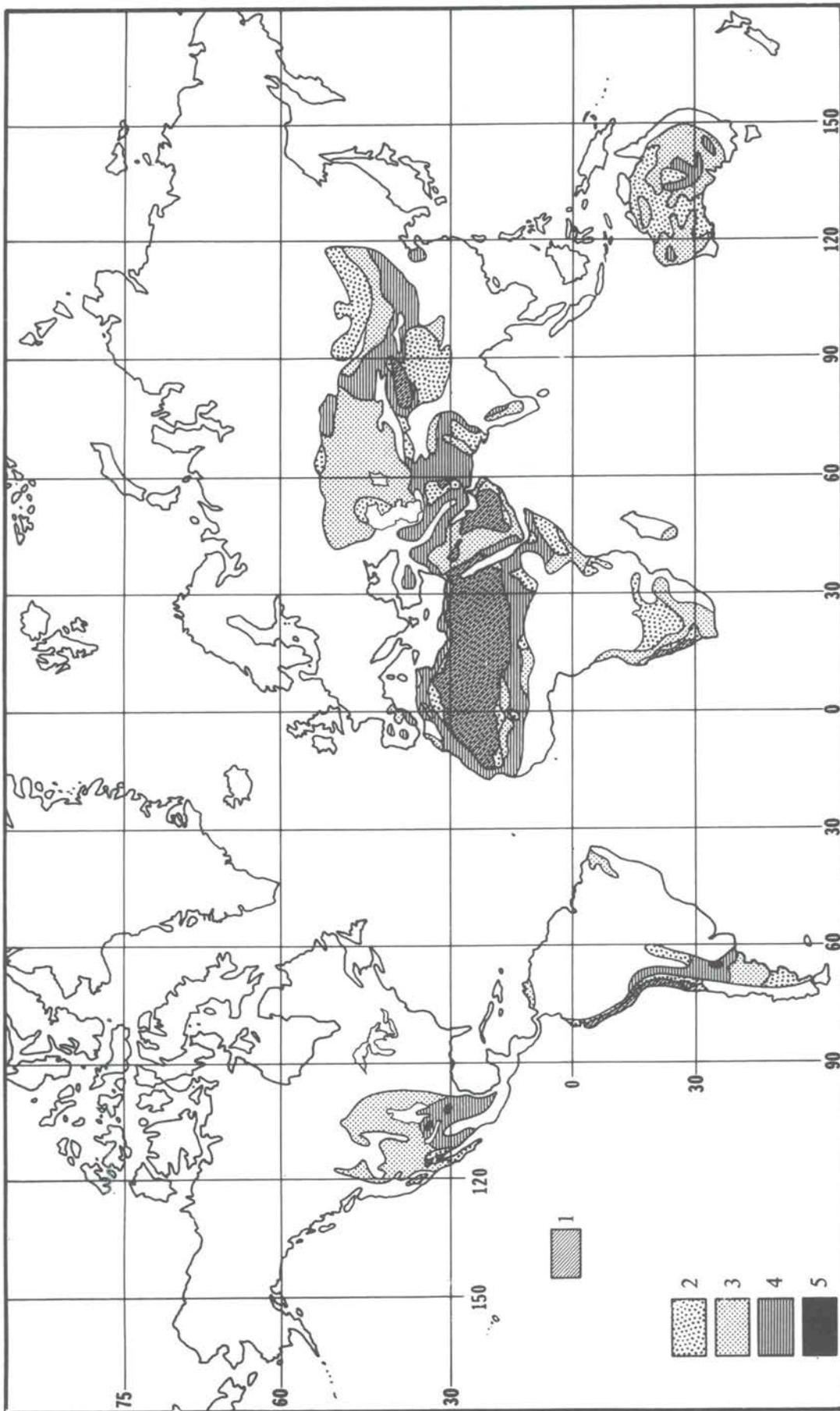


Fig. 1. Désertification des terres arides (d'après H. Dregne):

1 — régions extra-arides. Désertification des terres arides; 2 — faible; 3 — modérée; 4 — élevée; 5 — très élevée

Critères de détermination du degré de désertification

Degré de désertification	Tapis végétal	Erosion	Salinisation ou emmarécagement (irrigation) $EC_e \times 10^3$ (mmhos)	Récoltes (diminution)
Faible	Etat excellent ou bon	Néant ou très faible	4	de moins de 10%
Modéré	Etat satisfaisant	Ruissellement modéré, ravinement, formation des crêtes	4—8	10—50%
Fort	Mauvais état	Ruissellement fort, ravinement, déflation	8—15	50—90%
Très fort	Terrains dénudés	Sols crevassés découpés de profonds ravins	Epaisse croûte de sel sur les sols presque imperméables	plus de 90%

fleuves) est un des meilleurs exemples de désertification résultant de l'emmarécagement et de la salinisation des terres dans l'ancien temps. En Irak d'aujourd'hui les conséquences du préjudice causé il y a plus de 1500 ans dans la Mésopotamie n'ont pas encore été surmontées définitivement.

[Jacobsen, Adams, 1958] ont suivi l'histoire de l'agriculture irriguée en Mésopotamie et ont mis en évidence l'impact de l'irrigation sur l'état d'agriculture dans l'interfluve du Tigre et de l'Euphrate. Les deux chercheurs signalent, par exemple, que la salinisation devient pour la première fois un grave problème vers 2400 av. J. C. dans la région de Girsu (Irak du Sud). La salinisation se maintient en cette qualité pendant assez longtemps au moins jusqu'à 1700 av. J. C. Puis, il y a à peu près 3 millénaires, elle recule en Irak central. Il y a 800 ans à l'Est de Bagdad commence une nouvelle étape de salinisation qui porte le plus grand préjudice à l'agriculture. La productivité de certaines terres abandonnées depuis très longtemps s'est rétablie consécutivement à la baisse du niveau des eaux de nappe mais de vastes superficies (en particulier au Sud du pays) n'ont jamais recouvert leur fertilité d'autrefois.

En plus de salinisation des terres et le gisement peu profond des eaux de nappe, l'agriculture irriguée en Mésopotamie était compliquée du fait d'envasement des canaux d'irrigation. L'apport des masses de sédiments à la suite de l'érosion des terres sur les hauts plateaux nécessitait le dévasement fréquent. On ne sait pas la quantité de sédiments résultant du stockage de bois, du surpâturage et des cultures dans l'interfluve mais on peut supposer qu'elle a été très considérable. De toute façon, il a fallu prendre dans le temps des mesures telles que l'évacuation de l'eau du canal de Narvan (300 km) vers 700 av. J. C. Mais, en fin de compte, la lutte contre l'envasement s'est avérée trop infructueuse et il a fallu abandonner de vastes surfaces [Jacobsen, Adams, 1958].

Plateaux loessiques en Chine. Le loess se compose de grains de poussière et d'argile déposés par le vent. Les sols loessiques sont considérés comme très fertiles. Ils occupent de vastes superficies au Sud de l'URSS, dans la partie centrale des Etats-Unis, à l'Est d'Argentine et en Chine du Nord. C'est dans

la zone semi-aride de la Chine qu'on trouve les plus épaisses couches de loess (cours moyen du fleuve Jaune). D'après certaines données cette épaisseur atteint 100 m par endroits [Barbour, 1926].

La haute fertilité est dans la nature même de ce matériau très soumis à l'érosion hydrique. Cela explique le fait qu'on observe en Chine des cas de très forte dégradation des terres (de tels exemples ne sauraient être trouvés ailleurs dans le monde). D'après certaines données les ravins occupent 26000 km² sur les 600000 km² de sols loessiques [Kuo, 1976]. Le ravinement et le ruissellement dans les régions loessiques sont à l'origine de la teneur exceptionnellement élevée en vase des eaux du fleuve Jaune. Il est difficile de se représenter le degré d'érosion des champs en terrasses. En 1934 D. Thorp a vu comment après une pluie tout un champ avec sa couche fertile de 10 cm d'épaisseur situé sur la pente d'une colline en province de Shensi a été entièrement balayé.

La désertification depuis le dernier siècle. La désertification en Afrique a commencé bien avant les événements de 1968—1973 lorsque la sécheresse s'est abattue sur la zone du Sahel au Sud du Sahara. [Stebbing, 1937] insistait plus que les autres sur le danger que représente la rapide disparition des forêts dans les zones sahélienne et soudanaise. Il considérait la dégradation des terres en Afrique Occidentale et celle des forêts, comme conduisant à l'érosion et, en dernière analyse, à l'apparition des sables improductifs et au dénudement des roches. Il rejetait l'opinion selon laquelle le Sahara est un énorme espace recouvert de sables qui se déplacent en vagues comme la marée haute. Mais cette représentation du Sahara avait exercé un tel attrait sur les auteurs de nombreux travaux relatifs à la désertification qu'elle constitue désormais un point de vue assez répandu [Cloudsley-Thompson, 1974]. Il y a sans doute quelque chose de fascinant dans l'idée même de ce désert en perpétuelle expansion menaçant l'humanité.

Les avertissements que Stebbing lançait au sujet de la zone sahélienne provenaient également de nombreux chercheurs d'Afrique du Sud et d'Amérique du Nord. Des recherches ont été effectuées et sont en cours pour trouver les moyens de régulation

du pâturage et de préservation du sol et des ressources en eau susceptibles de freiner et d'inverser les processus de désertification. A la suite de ces travaux, on sait maintenant les grands principes de préservation des ressources en terre et en eau. Malheureusement, ces principes ne sont mis en œuvre que trop lentement et la dégradation des terres continue de mettre en question les efforts visant à élever le bien-être de l'humanité.

Tableau 2
Désertification des terres arides dans le monde

Degré de désertification	Terres désertifiées en milliers de km ²	En % par rapport à la superficie totale des terres arides
Faible	24520	52,1
Modéré	13770	29,3
Fort	8700	18,5
Très fort	73	0,1
Total	47063	100,0

La désertification forte affecte 30% des terres arides en Espagne, 27% en Amérique du Nord, 22% en Amérique du Sud, 20% en Asie, 18% en Afrique et 8% seulement en Australie. La désertification modérée s'étend de 11% des terres en Afrique jusqu'à 70% en Espagne.

D'après le type d'exploitation la majeure partie des terres soumises à la désertification se rapporte aux pâturages et terres d'agriculture à sec (tableau 3). Environ 80% des terres agricoles dans les régions arides du monde sont soumises à la désertification modérée ou forte.

Tableau 3
Superficie des terres agricoles dans les régions arides (du degré modéré au très fort)

Utilisation des terres	Désertification en %
Agriculture irriguée	21
Agriculture à sec	77
Pâturages	82

Afrique. La terrible sécheresse dans la zone sahélienne au Sud du Sahara qui avait duré de 1969 à 1973 a attiré l'attention de l'opinion mondiale sur les aspects humains de la dégradation des terres et a conduit à la convocation de la Conférence de l'ONU sur la Désertification qui s'est tenue en 1977. Toutefois, ce ne sont pas les sécheresses mais les activités humaines qui constituent la cause de la désertification. La sécheresse au Sahel n'a fait qu'exercer une nouvelle contrainte sur les ressources biologiques de cette région. Si les ressources étaient utilisées correctement, la sécheresse n'aurait pas causé un tel préjudice. Mais en cas de mauvaise gestion des ressources naturelles, la sécheresse ne fait qu'accélérer la dégradation des terres [Weaver, Albertson, 1940] et c'est précisément ce qui s'est produit au Sahel et pas seulement au Sahel.

La désertification est présente dans la zone aride du continent africain sous toutes ses formes en posant plusieurs graves problèmes à l'échelle locale et régionale. A la suite du surpâturage, la productivité des parcours a baissé pratiquement partout à l'exception des régions d'extension de la mouche tsé-

tsé, en Afrique du Nord, de l'Ouest, de l'Est et du Sud. Les terres dans les régions agricoles sont soumises à l'érosion hydrique et éolienne au même titre que les pâturages (Rapp. 1974). La réduction des terres au repos allée aux procédés intenses d'exploitation des terres au Sud du Sahara a entraîné l'appauvrissement brutal des sols. La salinisation et l'emmarécagement se manifestent le plus dans la vallée du Nil. Mais ce problème ne se limite pas à la vallée du Nil et même à l'Afrique du Nord. L'extraction des minerais utiles laisse ses traces partout à la surface de la terre. La dégradation de l'environnement se poursuit et ne tend pas du tout à se ralentir.

La dégradation des terres et le risque de désertification des régions arides d'Afrique sont encore accentués par plusieurs facteurs. Ces facteurs peuvent être divisés en trois groupes ou catégories: 1) croissance démographique et accroissement du nombre d'animaux domestiques; 2) progrès de la santé publique et 3) technologies inadéquates.

La croissance démographique (accroissement de la population sédentaire) a conduit à la réduction des temps de repos des champs (exploitation intense des terres) et à l'extension de l'agriculture aux régions plus arides (zones d'agriculture aléatoire). Dans les régions moins arides la fertilité des sols a diminué, l'érosion éolienne et hydrique s'est accentuée cependant que la stabilité des récoltes décroît à mesure qu'on s'approche de la limite des déserts. L'avancée de l'agriculture a privé les nomades de la meilleure partie de leurs parcours traditionnels (Delwaulle, 1977). En même temps, le cheptel et la population augmentaient parallèlement à l'amélioration du service vétérinaire. Tous ces facteurs alliés à l'absence du système souple de vente ont assuré une croissance rapide du cheptel qui a engendré en sous-produit le surpâturage et la désertification accélérée. [Widstrand, 1975].

L'impact négatif du surpâturage sur les ressources naturelles, en particulier dans la zone sahélienne était encore accentué (involontairement bien sûr) par les éleveurs qui creusaient des puits supplémentaires. Avant l'apparition de ces puits, l'absence périodique d'eau procurait un certain temps de repos à la végétation fourragère mais désormais le tapis végétal à proximité des puits s'épuisait avec une rapidité inquiétante et ne se régénérât plus. Les autorités locales n'ont pas pu ou n'ont pas su assurer le contrôle approprié du pâturage pour régénérer le tapis végétal des parcours.

Asie. La désertification dans les régions arides d'Asie est caractérisée par le surpâturage sur les parcours des pays du Proche Orient et d'Asie Centrale, l'érosion hydrique des vastes massifs de terres arables depuis la Chine Orientale jusqu'à la Méditerranée et la salinisation et l'emmarécagement (sur une grande échelle) en Irak, au Pakistan et en URSS. Partout où sont exploités les minerais utiles (pétrole et gaz y compris) les terres sont gravement dégradées en l'absence de mesures appropriées de protection de l'environnement.

Le surpâturage, l'érosion des sols et la salinisation des terres irriguées affectent depuis longtemps les pays du Proche Orient et d'Asie Centrale. On peut dire de même en ce qui concerne l'érosion hydrique des terres irriguées en Inde, au Pakistan et des plateaux de loess en Chine. Les problèmes

de l'emmarécagement et de la salinisation des sols existent depuis des siècles sur les plaines du bas cours du Fleuve Jaune en Chine mais récemment ils se sont manifestés dans le bassin de l'Indus, au Pakistan et en Inde. Dans tous les pays souffrant de la dégradation des terres, on prenait et on prend à fortunes diverses des mesures de bonification. La dégradation des terres est un grave problème à en juger par les surfaces dégradées et en risque de dégradation.

Le problème du surpâturage a gagné en gravité depuis 20 à 30 dernières années. Le taux de croissance démographique et de cheptel a été très élevé (Service de planification et de coordination pour les questions de l'environnement, 1977) depuis l'Inde jusqu'au Proche Orient [Pearse, 1971]. L'agriculture s'est étendue aux anciens parcours où l'on aménage des puits pour les rendre exploitables pendant toute l'année cependant que le développement des transports permet désormais d'acheminer le bétail dans les régions récemment encore inaccessibles et éloignées. A la suite de tous ces changements, l'agriculture dans les régions marginales du point de vue climatique où se localisaient les meilleurs pâturages est devenue une activité aléatoire. En même temps, les pâturages qui restent sont en voie de dégradation accélérée étant donné l'accroissement du cheptel qu'on y fait paître. La destruction du tapis végétal sur les sols sableux a puissamment stimulé l'érosion éolienne en conduisant à la baisse de fertilité. Finalement, le besoin s'est fait sentir de lancer des programmes coûteux de lutte contre l'érosion des sols en Chine, en Iran, en Arabie Saoudite et d'autres pays.

Australie. Le problème de la dégradation des terres en Australie se ramène au surpâturage. L'érosion éolienne et hydrique, la salinisation des terres irriguées et d'agriculture à sec ne se manifestent que marginalement, sur de très petits territoires de la partie sud du continent où leur importance économique n'excède guère au préjudice causé par le surpâturage. La dégradation des terres est chose commune dans les régions de localisation des communautés agricoles et sites touristiques comme Ayers Rock.

Le surpâturage a commencé il y a 50 à 100 ans avec la mise en valeur des terres arides. Dans le premier quart du XX^e s. au fur et à mesure que l'agriculture s'étendait aux régions plus arides, on était confronté à l'érosion éolienne et hydrique, à la salinisation et à l'emmarécagement des terres irriguées et aux infiltrations des eaux salées sur les terrains exploités à sec. C'est dans les années 30 et 40 quand les divers Etats adoptent des programmes de protection des sols et de prévention de la dégradation des ressources terriennes que datent les premières tentatives de redresser la situation. A l'heure actuelle, le surpâturage est beaucoup moins grave qu'avant 1940. En effet, l'érosion hydrique et éolienne a encore lieu mais dans un degré moindre cependant que la salinisation des terres irriguées dans le bassin du Murrey et les infiltrations des eaux salées dans les zones arides et subhumides s'étendent continuellement.

Amérique du Nord. Le surpâturage a fortement affecté l'état des terres arides en Amérique du Nord cependant que les tentatives de restaurer la productivité d'autrefois de ces terres sont restées sans résultat. De vastes surfaces sont exposées à l'érosion

éolienne et hydrique alors que la salinisation et l'emmarécagement (à des degrés divers) sont chose commune dans toutes les régions irriguées des vallées. A l'heure actuelle, les processus de désertification semblent se stabiliser; en effet, on constate une certaine amélioration de l'état du tapis végétal des parcours. Au cours des 30 dernières années, des succès certains ont été accomplis dans la lutte contre l'érosion et l'emmarécagement. Mais la salinisation des terres irriguées a encore lieu et le problème d'infiltration des eaux salées sur les terrains agricoles exploités à sec gagne en gravité.

Le surpâturage qui a détruit ou porté un grand préjudice au peuplement herbacé des parcours naturels a commencé au Mexique, après sa conquête par les Espagnols et s'est étendu aux régions sud-ouest des Etats-Unis. Dans le premier quart du XIX^e s. le surpâturage s'observait déjà des deux côtés de la frontière entre ces Etats. Le cheptel bovin a rapidement augmenté après la construction des chemins de fer dans le Sud-Ouest des Etats-Unis de telle sorte qu'il excédait à la capacité des parcours. Cette situation s'est maintenue au XX^e s. et pas seulement au début du siècle. Le ravinement sur les parcours naturels dégradés (à partir de la seconde moitié du XIX^e s.) est attribué généralement à la dégradation des parcours mais on se demande si ce phénomène n'aurait pas pour origine le surpâturage. (Cooke et Reeves, 1976).

L'érosion éolienne est le deuxième facteur de désertification par ordre d'importance. Les dévastations provoquées par les tempêtes de poussière des années 30 illustrent l'énorme préjudice causé par l'érosion éolienne à l'Ouest des Grandes Plaines, aux Etats du Nord-Ouest du Pacifique et ailleurs. L'érosion éolienne des terres agricoles (irriguées et non irriguées) présente un grave problème depuis que le gazon d'origine a été détruit dans les zones arides. L'érosion éolienne est une source de danger quasi-permanente. Pendant les sécheresses, le danger augmente et diminue aux années humides mais il n'en reste pas moins qu'il se maintient tout le temps ci ou là.

L'érosion hydrique accélérée reste particulièrement grave sur les parcours épuisés par le surpâturage dans la région de Palouse au Nord-Ouest du Pacifique et sur les hauts plateaux du Mexique. L'érosion naturelle a toujours été un sérieux problème sur les terres peu fertiles et fortement découpées du Dakota du Sud, Wyoming, Colorado, Utah et New-Mexico mais les hommes l'ont encore aggravé par une mauvaise agrotechnique et le surpâturage.

La salinisation et l'emmarécagement se rencontrent presque dans chaque vallée où il y a des terres irriguées mais leur impact est particulièrement important dans la vallée du San-Joaquin en Californie, les vallées contigües du Mexicali et de l'Imperial et en aval de la vallée du Rio-Grande. La dégradation est plus prononcée dans la vallée du Mexicali que dans la vallée de l'Imperial contigüe et ceci pour deux raisons: 1) la minéralisation est plus élevée dans la région où la vallée du Mexicali fait dériver les eaux du Colorado que dans la région de la vallée de l'Imperial et 2) dans la vallée du Mexicali il n'y a pas de réseau de drainage aussi ramifié que dans celle de l'Imperial.

Les infiltrations latérales des eaux salées se produisent souvent sur les terres d'agriculture à sec

des Etats de Montana, Dacota du Sud et du Nord et les provinces canadiennes de Manitoba, Saskatchewan et Alberta (Vander Pluym, 1978).

Les croûtes se forment souvent sur les terres de composition mécanique légère. La couche compactée qui se trouve directement sous les labours se rencontre surtout sur les sols irrigués de composition mécanique légère et les sols de culture à sec de composition mécanique grossière et modérée tout comme sur les sols des pâturages.

C'est à partir de la fin des années 1800 — début des années 1900 que les organismes de recherche ont commencé à s'intéresser au problème d'épuisement des parcours naturels. C'est à cette époque également qu'ont été mis au point les grands principes de prévention de la désertification. Mais ces principes n'ont pas été appliqués largement jusqu'aux années 40 et même 50 et il reste encore beaucoup à faire dans ce domaine [Glantz, 1981].

Amérique du Sud. Le surpâturage des parcours naturels, le traitement des terres peu aptes à l'agriculture et la dégradation des terres résultant de la coupe des forêts (érosion hydrique) — ces problèmes existent depuis longtemps dans les régions arides d'Amérique du Sud. L'érosion éolienne constitue la principale menace pour les terres situées dans les pampas semi-arides d'Argentine où les dunes mobiles ont dévasté de grandes étendues de terres. La salinisation et l'emmarécagement affectent les terres irriguées en Argentine Occidentale, en particulier le long du Rio-Salado et dans de nombreuses vallées irriguées étroites qui traversent les plaines riveraines du Pérou. De très grands lacs salés en Argentine Occidentale et les hauts plateaux en Bolivie et au Chili sont plutôt d'origine naturelle. Il n'y a presque pas lieu de parler de l'amélioration des terres parce que partout leur état reste le même quand il ne s'empire.

L'installation des Espagnols dans les régions occidentales d'Amérique du Sud (XVI^e s.) s'accompagnait d'intenses coupes des forêts (construction et bois de chauffage). En même temps, on assistait au surpâturage et au labour des pentes proches des agglomérations ce qui conduisait inévitablement à l'érosion accélérée. Mais jusqu'au XIX—XX^e ss. la dégradation des terres sur les pentes des Andes et les parcours naturels riverains ne s'est pas beaucoup développée. Ces dernières années, les régions arides sont de plus en plus influencées par la croissance démographique qui se double du régime de propriété des terres existant dans la plupart des pays d'Amérique du Sud.

Dans les régions semi-arides du Brésil du Nord-Est, la désertification est modérée et dépend surtout de la répartition de la pluviométrie. La végétation locale («caatinga») est xérophile et bien adaptée aux périodes sèches de longue durée [Banco do Nordeste do Brasil, 1964].

Les régions riveraines du Pérou sont traversées d'un grand nombre de cours d'eau qui descendent les Andes et se jettent dans le Pacifique. De nombreuses vallées irriguées sont exposées à la salinisation et à l'emmarécagement dans une plus ou moins grande mesure. Les vallées ne constituent cependant qu'une faible partie du désert riverain au Pérou et la superficie encore moindre au Chili.

Plus au Sud, dans les régions piémontaises semi-arides du Chili, on assiste à une forte dégradation

des terres autour des agglomérations. Les coupes incontrôlées des forêts se sont répercutées négativement sur le développement de la région.

En Argentine où il y a plus de terres arides que dans tout autre pays d'Amérique du Sud le surpâturage a entraîné la dégradation du tapis végétal des parcours naturels depuis les hauts plateaux au Nord jusqu'au désert froid de Patagonie au Sud. L'érosion éolienne est un grave problème pour les parcours naturels et les terrains agricoles en particulier dans le Sud d'Argentine.

Espagne. Pendant des décennies sinon des centaines, toutes les régions arides d'Espagne ont été soumises à la désertification allant du degré modéré au fort. Le plus grand préjudice à la terre a été causé par le surpâturage et les coupes des forêts tout comme l'érosion hydrique et éolienne des terres agricoles. Le problème est particulièrement grave (salinisation et emmarécagement) dans la vallée du Guadalquivir au Sud du pays. Le même problème se manifeste dans certaines régions du bassin de L'Ebro au Nord-Est d'Espagne. La destruction de la végétation naturelle et, comme conséquence, l'érosion hydrique des sols peu épais sur les pentes s'est répercutée très négativement sur le tapis végétal et la productivité des terres. Il existe des dunes de sable mobiles sur le littoral de la Méditerranée.

Impact de la désertification sur l'humanité. La désertification est le problème de portée universelle. Il faut s'attendre à ce que sur les 770 millions de personnes habitant les régions arides en 1980 450 millions au moins ressentent d'une façon ou d'une autre l'impact de la désertification (maladies ophtalmologiques et gastriques, bétail maigre, silos à grain vides, avance des sables sur les cultures agricoles et réservoirs d'eau ou inondations dévastatrices). A l'heure actuelle, les pertes de production agricole subies sur les terres arides sont évaluées à 26 milliards de dollars annuellement. Le préjudice direct global causé par la désertification est, lui, nettement supérieur à cette somme. La désertification indirecte touche tous les domaines de l'économie mondiale.

Tous les ans une certaine partie des terres agricoles subit une si forte désertification que les revenus qui en sont tirés ne couvrent même pas les dépenses courantes. Il est peu probable que les hommes abandonnent un jour définitivement ces terres. Elles seront exploitées comme par le passé et cela exercera des contraintes supplémentaires sur d'autres ressources ou bien leur exploitation diminuera d'intensité. De toute façon, ces terres procureront moins de revenus et le niveau de vie de la population qui les travaille baissera en conséquence.

Après la désertification il est nécessaire de restaurer l'ancienne productivité des terres (tableau 4). Il a été établi que 25% seulement des pâturages naturels dégradés peuvent être efficacement restaurés. La restauration et la régénération s'imposent cependant pour l'ensemble des terres irriguées. L'amélioration des terres irriguées fortement salinisées nécessite de très grosses dépenses mais la fin justifie toujours les moyens. D'un autre côté, les dépenses nécessaires à l'amélioration des pâturages naturels sont peu considérables tout comme le gain économique qui en résulte. En fait dans la majorité des cas, les revenus sont loin de justifier les dépenses. 30% des terres exploitées à sec dont l'amélioration est économiquement injustifiée constituent les terres

marginales qui avaient été de bons pâturages mais conviennent peu pour la culture. Les pâturages naturels les plus médiocres se trouvent dans les régions plus sèches et ont à tel point souffert de l'érosion ou de l'avance des sables que la régénération du tapis végétal et la fixation des dunes de sables apparaissent trop aléatoires.

Tableau 4

Avantage économique de restauration de la productivité supérieur aux dépenses que nécessite l'amélioration

Type d'utilisation	Pourcentage des terres désertifiées
Terres irriguées	100
Terres exploitées à sec	70
Pâturages naturels	25

Les données du tableau 4 montrent que certaines terres peuvent et doivent être améliorées cependant que d'autres ne le peuvent pas. Doivent être améliorées en priorité les terres qui ont un haut potentiel de productivité. Il s'agit notamment des sols fertiles bien pourvus en humidité, d'accès facile et bénéficiant des bonnes conditions climatiques. Si l'intérêt économique est le principal critère d'amé-

lioration, les terres marginales sont à améliorer en dernier lieu.

Il faut noter en plus que cette analyse qui prend en compte les dépenses et les bénéfices est fondée sur l'estimation des dépenses directes de l'accroissement de la production de denrées alimentaires et de fibres. Bien que 75% des pâturages naturels ne justifient pas les dépenses d'amélioration, les programmes de leur régénération peuvent se fonder sur des considérations d'ordre social (refrènement de la migration indésirable de la population rurale vers les villes, part équitable dans la consommation des fonds de promotion du développement, prévention de l'épuisement continu des ressources naturelles et plein emploi de la population à certaines périodes de l'année). Il est plus difficile de justifier l'intérêt d'amélioration des terres d'agriculture à sec de qualité médiocre. Du point de vue climatique, les terres marginales ne procureront pas les revenus satisfaisants à la population qui les travaille même si l'on parvient à stopper leur dégradation. La société se doit d'assumer la responsabilité pour la préservation des ressources naturelles dans l'intérêt des générations futures. C'est dans ce cas seulement qu'on pourra arrêter leur épuisement incontrôlé. La reconnaissance de la nécessité de préserver par tous les moyens les ressources naturelles engage la conscience collective de chaque nation et de chaque Etat.

Chapitre II

DESERTIFICATION RESULTANT DES ACTIVITES HUMAINES

1. Zonn, N. Orlovskii (URSS)

La désertification contemporaine résulte de l'action conjuguée de deux facteurs — naturel et humain.

L'apparition et l'extension des déserts naturels sont essentiellement associées aux zones subtropicales des hautes pressions atmosphériques entre 15 et 25° de latitude nord et sud qui se forment sous l'effet de la circulation atmosphérique. Les déplacements stables des masses aériennes des subtropiques à l'équateur confèrent à l'atmosphère l'état de stabilité caractérisé par une très faible pluviométrie. Le déficit d'humidité qui se double en plus de fortes variations saisonnières et annuelles détermine dans une grande mesure le déroulement des processus naturels de désertification.

La désertification est accentuée par les sécheresses qui sont fréquentes dans toutes les régions arides et constituent le «moteur» de la désertification pour reprendre l'expression de J. Mabbutt. Et pourtant, c'est le facteur humain qui joue le rôle déterminant dans la désertification. D'un autre côté, l'aridité du climat y prédispose.

L'expérience historique est très concluante sur ce chapitre.

Malgré la diversité des processus de désertification, on distingue les facteurs les plus généraux

responsables de la désertification dans diverses régions et notamment [Rosanov, 1977]:

1. Dégradation du tapis végétal et l'érosion associée des sols résultant du surpâturage.
2. Accentuation des processus d'érosion et de déflation des sols arides consécutive à leur exploitation intense sous cultures à sèche sans tenir compte des particularités naturelles des sols.
3. Manque de coordination entre l'agriculture et l'élevage.
4. Destruction du tapis végétal en raison du stockage du bois à chauffer.
5. Destruction du tapis végétal et de la couche superficielle des sols faisant suite aux travaux de construction, de prospection, d'exploitation des gisements utiles, à la construction des agglomérations et ouvrages d'irrigation.
6. Destruction du fragile tapis végétal désertique par les véhicules automobiles.
7. Destruction du tapis végétal et de la couche superficielle des sols par piétinement autour des points d'eau et puits mal conçus et exploités.
8. Salinisation secondaire, lessivage et inondation des terres irriguées.

9. Extension des déserts à solontchaks dans les bassins sans écoulement.

Tous ces facteurs peuvent se manifester ensemble ou séparément.

Selon R. Perry (1978) dans nombre de pays en développement les méthodes de pacage du bétail n'ont pas varié depuis 1000 ans. Dans les conditions climatiques extrêmes, l'élevage ne répond qu'aux besoins des éleveurs proprement dits sans rien fournir pour le marché. C'est pourquoi, les éleveurs ne peuvent pas se permettre de se constituer les stocks de vivres en prévision des sécheresses ou des épidémies. Ils s'efforcent par contre d'accroître leurs troupeaux dans l'espoir de se prémunir contre les sécheresses. A son tour, l'accroissement des troupeaux et la concentration du bétail autour des rares puits et agglomérations nouvellement implantées entraînent, en plus la dégradation des pâturages, la réduction des aires de pacage en raison du développement de l'agriculture et de la construction des ouvrages d'irrigation ce qui ne fait qu'empirer les conditions de vie de la population nomade.

L'accroissement du cheptel augmente la charge sur les aires de pacage et conduit au surpâturage. Le surpâturage se manifeste dans les cas où les animaux consomment plus de biomasse que n'en produisent annuellement les plantes. Ce phénomène modifie la composition du tapis végétal par âges et par espèces des cénopopulations des plantes dominantes, la structure et le nombre de micro-associations et associations, le rendement de la phytomasse, l'état du sol, les formes du relief, le niveau des eaux de nappe, le microclimat etc.

Le surpâturage dans le sens restreint du terme entraîne la dégradation des pâturages par: 1) consommation précoce des plantes au début de la période végétative; 2) exploitation continue des pâturages; 3) consommation excessive de la phytomasse résultant d'une grande charge sur les pâturages; 4) destruction des sols par piétinement et compactage (sols humides); 5) mauvaise adaptation du bétail au pâturage ou pacage simultané de plusieurs races de bétail à la fois; 6) répartition inadéquate des troupeaux autour des puits, à l'orée des bois ou sur les aires exposées à la radiation solaire directe.

C'est toutefois dans un désert de sable que l'influence des diverses charges sur les pâturages se fait sentir le plus. Les animaux en pacage agissent surtout en détruisant le tapis végétal et le sol. L'augmentation de la charge sur les pâturages entraîne la régression ou la disparition des plantes fourragères de valeur dont la place est accaparée par les mauvaises herbes ou les plantes mal- ou inappétantes. Parallèlement aux changements qui s'opèrent dans la composition par espèces du tapis végétal, les plantes vivaces cèdent la place aux plantes annuelles précoces à système racinaire peu profond.

L'influence du pacage sur le sol et, à travers lui, sur les plantes est, elle aussi, multiple. Le piétinement qui rend le sol friable entraîne la déflation dans le désert de sable. Mais la charge modérée des ongulés peut même être utile pour la bonne raison qu'elle permet de détruire la croûte qui se forme à la surface, améliore le régime d'aération et d'enfermement des graines (Netchaïeva, 1954).

Le manque d'eau est le plus souvent la principale raison du surpâturage. La concentration des grandes masses de bétail au voisinage des puits con-

duit toujours à une forte dégradation des sols et à l'apparition des sables mobiles. Les rares puits dans le désert sont en fait des foyers de désertification où ce phénomène se manifeste le mieux. A mesure qu'on s'éloigne des puits, on assiste aux divers degrés de fixation des sables et successions végétales formant autour des points d'eau des anneaux concentriques appelés «piosphère» par l'écologiste anglais Lange et correspondant aux différentes phases de dégradation des pâturages. Ainsi, la distance entre la piosphère dans l'interfluve du Mourgab et de l'Amou-Darya est généralement de 7 à 10 km (2 km de diamètre en moyenne). D'une façon générale, le rayon de la piosphère est égal à 5—6 km, soit la distance de parcours journalier des troupeaux de moutons (Kharine, Kalenov, 1978). Mais la surface des foyers de désertification au voisinage des puits dépend de leurs débits, de l'intensité et de la saison d'utilisation, de la situation sur le terrain et de l'état de déflation. Au Sahel, après la sécheresse de 1968—1973 le rayon de la piosphère est passé de 2 à 8 km, les parties centrales étant des terrains dénudés, recouverts de sable.

La dégradation des pâturages sous l'influence du pacage se manifeste le mieux dans les déserts. Les observations montrent [Netchaïeva, 1979]; [Antonova, 1979] que sur les parties du terrain éloignées du puits (4—6 km) où le pacage se répartit plus ou moins uniformément et la charge est modérée, la végétation de fond (autochtone) se maintient en assez bon état de conservation. Cette bande de pacage se rapporte au premier degré de dégradation et est caractérisée par les sables peu compacts et le tapis végétal composé d'arbres, d'arbrisseaux et d'arbustes.

A ce stade, on assiste à une légère destruction de la croûte superficielle. En été des crevasses ou foyers de déflation apparaissent sur les pentes nord-ouest exposées aux vents des crêtes et collines fixées. En présence du régime éolien favorable ces foyers se localisent au bout de quelques années.

Plus près du puits (2—3,5 km) se forme la bande de pacage du deuxième degré de dégradation caractérisée par une charge élevée sur le pâturage. Les troupeaux consomment jusqu'à 70% des plantes annuelles et détruisent davantage la croûte de sable. Dans ce cas, la déflation se manifeste dans une plus grande mesure. Les foyers de déflation prolifèrent en entraînant la disparition des plantes endémiques. Des crêtes à barkhanes commencent à se former par endroits.

La composition par espèces s'appauvrit du fait de la disparition des arbres, arbustes et d'autres formes vitales appétantes. Les groupements subissent des modifications indésirables. Les plantes édificatrices cèdent la place aux esodominantes cependant que les masses des racines et parties aériennes des plantes changent de telle sorte que leur rapport décroît au détriment des racines. D'après N. Netchaïeva (1979), ces changements portent témoignage de la dégradation des pâturages et, par conséquent, des processus de désertification.

Le troisième stade de dégradation des pâturages se traduit par une charge très élevée et se manifeste dans un rayon de 0,5 à 1,5 km du puits. Les apports de grandes masses de sable depuis le foyer de désertification forment un relief mamelonné à barkhanes et entraînent la restructuration totale du tapis végétal. Finalement, nombre d'arbrisseaux et

semi-arbrisseaux sans rien dire des herbes, disparaissent des groupements. La composition par espèces s'appauvrit fortement. Les rendements en fourrages diminuent de façon brutale et les herbes inappétantes commencent à prédominer dans le tapis végétal.

Les sables à barkhanes commencent à apparaître autour du puits, s'étirant en bande de 500 m de largeur. Le relief se présente dès lors sous forme de gros massifs de crêtes à barkhanes qui se composent de sables non fixés par la végétation.

La durée de telle ou telle phase de dégradation dépend des causes qui en sont responsables. Ainsi, sous l'influence d'un fort pacage les pâturages se dégradent en l'espace de 5 à 8 ans. En régime de protection ou de réserve la régénération se produit au bout de 6 ans sur les sables et takyrs en deuxième phase et n'a pas lieu même au bout de 17 ans sur les terrains en troisième phase faute de reproduction par graines [Netchaïeva, 1979]; [Antonova, 1979].

Le surpâturage influe directement non seulement sur la végétation et la tenue des pâturages face à l'érosion éolienne. Le bétail détruit également par piétinement le tapis végétal et compacte le sol ce qui diminue le taux d'infiltration des précipitations

Tableau 5
Influence des phénomènes d'érosion et de déflation sur l'état des pâturages

Eléments de l'écosystème pastoral	Type d'influence	
	Erosion	Déflation
Tapis végétal	Réduction des surfaces et des volumes de nutrition, xérophytisation, dépression de toutes les espèces, ensablement et ensevelissement sous les dépôts de ruissellement	Réduction des surfaces et des volumes de nutrition, xérophytisation, dépression de toutes les espèces, ensablement et altération par les produits de déflation
Système racinaire	Dénudement, réduction de la masse des racines	Dénudement, réduction de la masse des racines
Horizon supérieur	Ruissellement, détrempe, encailloutement	Déflation, dégradation de la composition mécanique, encailloutement, apparition des formes éoliennes
Gazon	Glissement, détrempe	Ensevelissement
Couche d'humus	Diminution d'épaisseur et de la teneur en humus, azote et autres éléments fertilisants	Réduction du volume et perte de fertilité
Propriétés hydriques et physiques du sol	Diminution de la capacité de rétention en eau, de perméabilité et destruction de structures	Réduction d'humidité et destruction des structures
Roches-mères	Dénudement, détrempe	Dénudement
Eaux de nappe	Abaissement du niveau, réduction du débit en écoulement	Abaissement ou élévation

atmosphériques dans le sol et accroît son albedo. On assiste dès lors au ruissellement accru, aux ravages dus à l'érosion hydrique et à la dépression du tapis végétal. C'est alors qu'apparaissent de nombreuses plantes xérophytes, se réduit le rendement des pâturages et se développe l'érosion des sols. Certaines parcelles se transforment en terres vaines, la fertilité décroît et la composition du peuplement herbacé se dégrade. Le tableau 5 qui suit présente les changements subis par les éléments des écosystèmes pastoraux sous l'influence de l'érosion et de la déflation (Djanpeïsov, Djambekov, 1978). La nature et la marche des processus de désertification sur les pâturages sous pacage sont données par le schéma suivant (Fig. 2).

Les concepts européens traditionnels relatifs aux priorités d'exploitation des associations pré-arides ont été mécaniquement transposés en Afrique: sur d'énormes superficies les animaux sauvages (groupe extrêmement hétéroclite, incluant une grande diversité des espèces de mammifères) étaient systématiquement exterminés pour être remplacés par les bovins, les caprins et les moutons se nourrissant exclusivement des herbes et plantes relativement rabougries et incapables de ce fait d'utiliser la plus grande partie des plantes endémiques. En peu de temps le tapis végétal a entièrement disparu dans plus d'une région. Cet état de choses a provoqué de fortes épizooties et la dégradation totale des milliers et des milliers de km² de terres. Le plus grand préjudice a été porté aux oiseaux construisant leurs nids au sol qui se sont trouvés absolument sans défense face aux prédateurs sur les terrains dénudés.

Le maintien des herbivores sauvages en qualité de partie du groupement et l'introduction des réglementations de chasse scientifiquement fondées font que le rendement se trouve supérieur qu'en cas d'élevage des bovins, ovins et caprins (Erenfeld, 1973).

Les séquences écologiques du surpâturage sont assez bien étudiées mais il y a peu de données scientifiquement crédibles sur l'effet produit par le pacage et leur analyse fait défaut. Voici les principaux types d'impact écologique du pacage contrôlé:

- destruction de la croûte superficielle pendant la saison sèche;

- élimination de la biomasse excédentaire (raréfaction du tapis végétal) ce qui se répercute négativement sur l'assimilation (fixation) des glucides et accroît les pertes d'eau par évapotranspiration;
- formation de la litière dans les populations herbacées ce qui accélère la formation d'humus;

- enrichissement du sol par les substances nutritives accessibles aux plantes;

- maintien de la surface optimale des feuilles d'arbrisseaux;

- enterrement des graines par piétinement;
- réduction de la quantité de chutes végétales pouvant provoquer la dépression des jeunes plantes;

- oculation des parties des plantes par la salive des animaux qui favorise la régénération de la végétation;

- diminution du risque d'incendies et de prolifération des insectes parasites des plantes et rongeurs dont le cycle vital est essentiellement lié aux chutes végétales.

Il a été établi que la charge modérée du bétail sur les pâturages accroît leur rendement (Netchaïeva, 1979). D'un autre côté, le maintien de la litière

D'un autre côté, dans les systèmes désertiques les arbres et arbrisseaux jouent un grand rôle en tant que protecteurs du sol. La destruction du tapis végétal conduit au développement de l'érosion et au dessèchement progressif. Le bétail se trouve donc privé des principaux fourrages d'hiver et d'abris naturels offrant une protection contre les vents froids en hiver et la chaleur torride en été.

D'un autre côté, l'exploitation à outrance du tapis végétal par le pacage incontrôlé et l'utilisation des arbustes en qualité de bois de chauffage entraînent l'intensification des processus de déflation et l'extension des surfaces occupées par les sables mobiles en périphérie des oasis, autour des puits et agglomérations. Voici ce qui se passe généralement dans les pays arides: on peut voir des caravanes de chameaux, bourrichons, tracteurs et trains entiers qui transportent du bois à 50 et même 400 km à Dacar. En règle générale, autour des villes, agglomérations et entreprises industrielles les coupes abusives de tout ce qui peut brûler empêchent la régénération du tapis végétal et entraînent la désertification la plus cruelle.

En plus de surpâturage et de destruction des arbres et arbustes, l'écosystème des déserts subit l'influence de plus d'un facteur négatif résultant de la mise en valeur intense de leurs ressources naturelles. Les progrès industriels s'accompagnent de la construction d'agglomérations nouvelles qui s'entourent de routes, d'exploitations de pétrole et de gaz et d'ouvrages d'irrigation. Parallèlement au grand gain économique que procure la mise en valeur des déserts on en constate quelques conséquences négatives.

Plus particulièrement, l'exploitation incontrôlée des chemins de terre porte un grand préjudice aux massifs de sables. Premièrement, les routes «grignotent» une partie considérable des parcours productifs, deuxièmement elles favorisent l'apparition des foyers de déflation en détruisant la croûte superficielle. Généralement, chaque conducteur ouvre sa propre voie ce qui fait que la largeur de nombreuses routes atteint 500 à 1000 m. Ces réseaux routiers convergent au voisinage des puits et agglomérations en formant des surfaces entièrement dégradées. Ce phénomène se manifeste avec le plus de netteté autour des puits de forage lorsque les derniers sont transférés sans être démontés d'un site vers l'autre en détruisant les écosystèmes fragiles des déserts. Les intenses travaux de prospection et de transport des derriks sur les parcours du plateau de Mangychlak sud ont déjà transformé 18% des parcours en terres vaines où le tapis végétal a été détruit à 70—80% [Djanpéïsov, Djamalbékov, 1978].

Les foyers de déflation des sables sont également associés aux conduites et agglomérations. Depuis 50 dernières années, les terres arides sont en voie d'urbanisation intense. Selon certaines estimations les agglomérations «mangent» tous les ans environ 140000 km² de terres arables, 60000 km² de parcours et 180000 km² de forêts [Psomopoulos, 1977]. La nécessité de les approvisionner en eau conduit souvent dans les régions arides à l'abaissement du niveau de la nappe ce qui constitue à terme un danger de désertification.

Le tourisme incontrôlé, le ramassage et le dérangement des animaux dans les périodes critiques de leur cycle vital, sont, eux aussi, d'importants

facteurs de désertification résultant des activités humaines. Tout cela peut entraîner la réduction, voire la destruction totale des espèces animales et végétales les plus précieuses. C'est toutefois le tourisme qui porte le plus grand préjudice à l'écosystème désertique pour la bonne raison que les traces des pneus des véhicules persistent durant plusieurs décennies.

Il existe deux types d'agriculture: irriguée et à sec. L'agriculture à sec constitue la principale source de production mondiale de céréales. D'après la FAO les céréales occupaient en 1975 759 millions sur les 1415 millions de ha de terres arables, soit 53,5%. En 1976 ces terres ont produit 1977,3 millions de t de céréales [FAO..., 1977]. Les principales cultures céréalières — froment, sorgho, orge et millet sont économiquement associées aux régions semi-arides où le risque climatique est le facteur inhérent à la production.

Le taux élevé de croissance démographique qui pose le problème d'approvisionnement en produits alimentaires tout comme la tendance à utiliser largement les terres agricoles à des fins de construction industrielle et de transport incitent les responsables à pratiquer la politique «d'expansion» agricole.

En effet, les meilleures terres des plaines et vallées fluviales sont déjà sous labours et l'extension des labours se poursuit maintenant par la mise en valeur des régions périphériques à la limite de la zone des cultures céréalières ce qui représente selon nous la principale cause de la désertification. L'extension des terres à usage agricole est souvent facilitée par les innovations techniques cependant que les résultats obtenus sont sans commune mesure avec l'altération des équilibres écologiques.

L'agriculture à sec dans les zones arides de tous les continents a fait apparaître dans la dernière décennie une chute de productivité (en rendements moyens) de certaines cultures, comme froment, millet, arachide, etc., ce dont témoignent les statistiques de la FAO. Mais dans chaque région ce phénomène avait ses propres causes. Si au Sahel ce fléchissement était dû aux sécheresses, dans les pays du Proche-Orient et d'Afrique du Nord l'extension des surfaces d'agriculture à sec intéressait principalement les terres peu fertiles; cependant que sur les hauts plateaux des Etats-Unis la baisse des rendements a été consécutive aux violentes tempêtes de poussière des années 30 (elle a toutefois pu être stoppée là où l'on utilisait les engrais, les assolements à cultures accumulatrices d'azote et la sélection). Dans les pays développés, l'influence et le risque de désertification sont moins prononcés du fait du haut niveau d'équipement technique de l'agriculture.

L'agriculture à sec permet aux agriculteurs de s'adapter au déficit permanent d'humidité. Il existe deux principales stratégies d'exploitation à sec des terres agricoles: la mise en culture de petites surfaces, avec emploi d'agrotechnique perfectionnée permettant d'utiliser au maximum les ressources naturelles en eau; et la combinaison de l'agriculture, du ramassage et de l'élevage permettant de réduire au minimum le risque dans les conditions d'un régime de précipitations insuffisant et irrégulier.

Ainsi, dans la zone aride des plaines du Sahara on ne cultive que de très petites surfaces; en Afri-

que Occidentale les cultures se font sur les pentes qui reçoivent au moins 250 mm de précipitations annuelles; cependant qu'en Afrique Orientale qui bénéficie de deux saisons de pluies annuellement on ne cultive que les terres où il tombe durant une seule saison au moins 30% de la norme annuelle de précipitations (500 mm).

Il existe toutefois au Sahara une forme originale d'agriculture mobile. Après plusieurs années de culture, lorsque les rendements commencent à baisser, les champs abandonnés pour un nombre d'années supérieur à celui de leur culture, sont dès lors envahis par les herbes et les arbrisseaux, qui sont ensuite incinérés. Cela permet d'enrichir le sol, surtout en phosphore et de reprendre ensuite les activités agricoles en incluant absolument dans les assolements des légumineuses fixant bien l'azote. Les terres au repos sont utilisées comme terrains de chasse et d'approvisionnement de bois de chauffage ou d'autres produits commercialisables (telle la gomme arabique en Afrique).

Sous les latitudes plus modérées de la zone aride on cultive largement l'orge et le froment qui demandent au moins 170 mm de précipitations annuelles. Mais c'est là une limite critique, et une récolte plus ou moins sûre est obtenue un an sur deux (un an de repos procure la quantité d'eau nécessaire pour l'année suivante, les jachères subissant moins l'évaporation), et plus rarement s'il s'agit d'une année particulièrement sèche. La paille est utilisée comme aliment pour le bétail. Dans ce système traditionnel on n'utilise que les labours de faible profondeur, de telle sorte que la couche fertile reste à la surface. Les labours de grande profondeur pratiqués sur les terres vierges du Nouveau et du Vieux Monde ont été une grande erreur du point de vue écologique. Cette agrotechnique a accentué l'érosion en conduisant à l'apparition de tempêtes de poussière et à la baisse des rendements, c'est-à-dire à la manifestation des phénomènes de désertification.

D'après [Dregne, 1981], sur les 224428 mille ha de terres d'agriculture à sec exploités actuellement, quelque 77% sont sujets à une désertification résultant principalement de l'érosion hydrique et éolienne et de la baisse de fertilité.

Le second type d'exploitation agricole dans les régions arides, basé sur l'irrigation, assure souvent des rendements plus stables en produits agricoles, mais pas forcément une bonne tenue contre la désertification.

L'irrigation intervenant dans le domaine des conditions naturelles perturbe leur équilibre et conduit souvent à des conséquences imprévisibles, comme désertification, salinisation, emmarécagement, érosion hydrique et déflation. Ces phénomènes se manifestent avec une netteté particulière sur les terres à drainage naturel insuffisant et aux sols de composition mécanique légère.

En plus de ces phénomènes négatifs liés directement à l'irrigation, on assiste à la concentration de la population dans les vallées fluviales et à la désaffectation des terres situées en périphérie. Cela se rapporte aux systèmes d'irrigation utilisant les eaux de surface et aux oasis alimentées par les eaux de nappe. Dans ce dernier cas, il faut procéder au préalable à une estimation très poussée des réserves en eaux de nappe et de leur exploitation rationnelle, étant donné que l'épuisement des eaux phréatiques,

constaté actuellement dans de nombreuses régions de la zone aride, avec les conséquences, qui en découlent conduit en fait à la désertification.

L'introduction d'innovations techniques dans l'agriculture irriguée a eu plus de succès que dans l'agriculture à sec. Et pourtant, la désertification, dans le sens propre du mot, a frappé des milliers d'hectares de terres irriguées. D'une façon générale, la salinisation et l'emmarécagement accompagnent inévitablement l'irrigation quand on omet de réaliser à temps des réseaux de drainage. Ainsi, dans la vallée de l'Indus au Pakistan l'emmarécagement et la salinisation affectent 10 millions sur les 15 millions d'hectares de terres irriguées, dont 2 millions sont fortement dégradés (par endroits la dégradation affecte par an de 20000 à 45000 ha). Dans la vallée du Nil quelque 1,2 millions sur 2,7 millions d'hectares sont touchés à un plus ou moins grand degré. En Irak, la salinisation et l'emmarécagement se manifestent sur près de la moitié des terres irriguées. Ce ne sont pas seulement les pays du Vieux Monde qui souffrent de la salinisation: en Californie du Sud, 18 ans après le démarrage d'un vaste projet d'irrigation, il a fallu abandonner plus de 80000 ha, et la salinisation s'étend sur 27% des terres agricoles aux Etats-Unis. L'Australie est confrontée avec le même problème [Rozañov, 1977]. Les superficies désertifiées chaque année égalent presque celles qu'on introduit dans le cycle d'irrigation [Desertification..., 1977].

Mais, malgré les phénomènes négatifs, liés surtout à une mauvaise organisation de l'irrigation plutôt qu'à sa nature, l'irrigation dans la zone aride est la forme la plus rentable d'exploitation des terres. En effet, par rapport à l'agriculture à sec, elle permet d'accroître de 6 fois le rendement des cultures céréalières, et de 4 à 5 fois celui des cultures techniques. C'est pourquoi, le rythme d'accroissement des terres irriguées dans les pays en voie de développement est de 2,9% annuels contre 0,7% pour l'agriculture à sec [Desertification..., 1977].

La mise en place de réseaux de collecteurs et de drains joue un rôle prépondérant dans la bonification intégrale des terres salinisées. L'absence de drainage entraîne forcément la désertification des massifs irrigués et leur disparition du circuit agricole. Mais, au fur et à mesure que se développe le réseau de collecteurs et de drains, on est de plus en plus préoccupé par le problème d'évacuation des eaux de drainage en dehors des oasis. Souvent les eaux de drainage sont déversées dans toutes sortes de dépressions naturelles situées au-delà des limites des terres irriguées. Cela conduit à l'apparition, dans la zone de contact oasis-désert, d'un chapelet de petits lacs, marais et solontchaks, où se développent les processus de salinisation. Cela entraîne la détérioration du peuplement herbacé des parcours et la salinisation des terres vierges offrant à terme de bonnes perspectives agricoles.

Le danger de pollution chimique du territoire est un autre type de désertification. En effet, la principale orientation de l'agriculture moderne — c'est-à-dire l'intensification de la production — suppose non seulement l'introduction de l'irrigation et du drainage, mais encore l'emploi de quantités grandissantes d'engrais, herbicides, insecticides, fongicides et autres produits chimiques. Toutes ces substances qui pénètrent dans les eaux de surface et

souterraines sont réellement dangereuses pour la faune aquatique, et parfois pour l'homme et le bétail.

L'impact écologique des pesticides sur les écosystèmes aquatiques dépend du type de produits utilisés, des quantités et de la fréquence des traitements. L'effet de courte durée des pesticides peut se manifester par la réduction de l'arrivée d'oxygène dans l'eau. D'un autre côté, l'accroissement des quantités de gaz carbonique et la disparition de nombreuses bactéries appauvrissent la teneur des eaux en substances nutritives et perturbent les conditions de vie de la flore et de la faune. Les conséquences d'une action de longue durée des pesticides sont évaluées par le degré d'altération des habitats naturels et par l'impact des agents chimiques sur la végétation, ainsi que par la persistance des pesticides et la capacité de telle ou telle espèce résistante à peupler les terrains dégagés, ce qui forme des conditions propices à l'apparition de la faune [Newbold, 1975].

L'impact de l'agriculture irriguée sur la santé humaine est un grave problème pour nombre de pays en voie de développement, étant donné que les eaux d'irrigation peuvent propager une série de maladies infectieuses.

La construction de retenues d'eau et de systèmes d'irrigation non seulement modifie l'état écologique des régions, mais affecte en plus leur état sanitaire. En effet, les changements écologiques peuvent favoriser la pénétration des vecteurs de maladies et d'hôtes intermédiaires dans de nouvelles régions.

Voici les causes de propagation des maladies dans les régions irriguées:

1) présence dans les systèmes d'irrigation de vecteurs d'infections à virus et hôtes intermédiaires;

2) propagation de micro-organismes responsables de maladies infectieuses de l'homme (diphthérie, fièvre typhoïde, choléra, etc.) dans les cours d'eau et les lacs recevant les eaux de drainage et d'irrigation, et qui sont utilisés pour l'approvisionnement en eau potable;

3) arrosage avec des eaux résiduelles (industrielles ou agricoles) mal traitées contenant diverses substances chimiques;

4) inobservation des prescriptions en matière d'hygiène du milieu lors de mise en place et d'exploitation des systèmes d'irrigation.

La chistomatose et le paludisme sont les maladies les plus répandues et les plus dangereuses dans les zones irriguées.

La chistomatose est la maladie de loin la plus répandue. Elle affecte 200 millions de personnes dans 71 pays de la zone tropicale et subtropicale. Son agent est le ver trématode responsable de l'apathie morbide chez les adultes et pouvant tuer les enfants: il passe une partie de son cycle vital dans le limaçon aquatique qui est l'hôte intermédiaire et le vecteur de cette maladie. Dans des conditions favorables (régions d'inondation, canaux d'irrigation et de drainage) le limaçon se reproduit intensément, assurant le maintien du cycle permanent de transmission: homme — limaçon — homme. En l'absence de limaçons, les vers parasites dépérissent; c'est pourquoi, la réduction de la population de limaçons entraîne la diminution de la transmission de chistomatose.

Dans les régions d'Afrique tropicale et au Proche-Orient la construction de grands systèmes d'irrigation, exploitables tout au long de l'année, a offert

des conditions parfaites pour la reproduction de ce parasite. L'érection du barrage de Hachm-al-Djebbra sur l'Atbara, au Soudan, est un exemple typique de propagation de chistomatose liée à la réalisation d'ouvrages d'irrigation.

A son tour, l'apparition de foyers de paludisme est l'indicateur d'erreurs admises au stade de conception ou résultant d'une mauvaise exploitation des systèmes d'irrigation et d'approvisionnement en eau. Récemment encore, les deux tiers de la population du monde souffraient de paludisme, maladie qui a emporté 3 millions de vies humaines. On connaît bien les flambées du paludisme de 1934, 1935 et 1945 dans les régions d'irrigation par puits artésiens en Tunisie Centrale et du Sud.

Les larves des moustiques vecteurs du paludisme se développent dans les canaux d'irrigation et de drainage, sur les bords des retenues d'eau, des lacs et des marais. Les canaux d'évacuation des systèmes de drainage offrent notamment des conditions parfaites pour leur reproduction.

Les autres maladies véhiculées par les moustiques sont la filariase, la fièvre jaune, la fièvre dengue, la fièvre pappataci, etc.

Il ne s'ensuit pas que la construction de nouveaux systèmes d'irrigation conduit toujours à la détérioration de la santé humaine. Cette détérioration résulte d'erreurs de conception de construction qui ne tiennent pas assez compte de l'équilibre écologique. La bonne exploitation des systèmes d'irrigation empêche la reproduction des vecteurs de maladies et des hôtes intermédiaires. Le drainage et l'assèchement des terres emmarécagées contribuent à la destruction de tous les moustiques et des limaces. Les perfectionnements apportés aux techniques d'arrosage et l'utilisation de l'arrosage par infiltration et aspersion, au lieu de l'arrosage superficiel, sont très efficaces dans la lutte contre les vecteurs. Toutes ces mesures vont de pair avec les programmes d'assainissement et d'éradication des maladies dans les régions d'agriculture irriguée (Zonn, Mrost, 1976).

Certaines années apparaissent des conditions favorables à la prolifération des rongeurs et insectes parasites des plantes. Leur grand nombre peut également accroître le risque de désertification. Ainsi, le développement des processus de déflation est stimulé par les animaux fouisseurs. En creusant dans les sables fixés des centaines de terriers, en consommant et en piétinant le tapis végétal, les rongeurs favorisent l'apparition de petits foyers de déflation qui se transforment, en présence de certaines conditions, en dépressions de déflation de tailles considérables.

[Babaïév, 1973] fait remarquer qu'il peut y avoir sur un seul hectare de plantations dans l'oasis de Mourgab environ 850—900 terriers (740—800 et 490—500 dans celles de Nijniéamoudariansk et de Tedjens). Dans les années les plus favorables à la prolifération des rongeurs, le nombre de terriers à l'hectare peut même atteindre 1500—1600, et davantage.

Les sauterelles laissent après elles un désert mort au fur et à mesure qu'elles se déplacent à la recherche d'aliments. Près de 60 pays, soit 30 millions de km², où vit à peu près un cinquième de l'humanité sont soumis au risque d'invasion de ces insectes voraces.

Les actes de guerre constituent une des plus sérieuses causes de désertification. Les traces de che-

nilles des blindés des armées anglaises, françaises et allemandes se remarquent encore par endroits, et notamment à Bir Hakeim, El-Alameins, Clar Rilain, où les espèces vivaces ne se régénèrent pas sur ces terres blessées [Le Houerou, 1959].

D'importants foyers de désertification ont également surgi au Sinaï à la suite de l'agression militaire israélienne. De toute évidence, le même phénomène se manifesterait dans les régions des hostilités à la frontière irako-iranienne.

Selon l'Institut des études de la paix de Stockholm (SIPRI), 1165 explosions nucléaires ont eu lieu entre 1945 et 1978, principalement à des fins d'essai de cette arme. Près de 595 explosifs ont été expérimentés dans cinq des plus grands déserts du monde, dont 130 sous terre. Ces essais ont entraîné une grave pollution de l'atmosphère par les déchets radioactifs et ont causé un grand préjudice sur d'importantes aires désertiques. L'explosion d'une charge de 10 kt peut provoquer la destruction totale ou partielle du tapis végétal sur 400—1300 ha (Westing, 1980). L'utilisation de ces armes dans une guerre de grande envergure provoquerait la destruction du tapis végétal et l'érosion des sols sur de vastes

superficies, et le processus de régénération écologique serait excessivement lent.

L'utilisation des armes biologique et chimique est également capable de provoquer de graves conséquences écologiques, étant donné qu'elle entraîne une pollution intentionnelle du fait de l'échappement de substances toxiques et chimiques ou de micro-organismes nuisibles. La déforestation chimique des régions tropicales aux sols vulnérables ou des régions semi-arides déjà exposées au risque de désertification peut provoquer une érosion accélérée et des processus irréversibles de désertification. L'utilisation sur une grande échelle de substances chimiques, comme le napalm, peut conduire aux mêmes résultats.

À l'heure actuelle, les guerres peuvent aboutir à des destructions irréversibles, globales de l'environnement. Les possibilités des forces armées mondiales dans leur pouvoir de désertification sont actuellement presque illimitées. Plus encore, la course aux armements entraîne également de graves conséquences écologiques, du moment qu'elle engloutit des ressources qui auraient pu être utilisées pour améliorer la qualité de la vie sur la Terre.

Chapitre III

EXPLOITATION DU SOL ET RESSOURCES EN EAU DES TERRITOIRES ARIDES

I. Zonn (URSS)

Si on se base sur les indices climatiques, les territoires arides et semi-arides correspondent aux zones du climat subtropical et tropical, et sont situés, à quelques écarts près, le long des tropiques dans les hémisphères nord et sud.

Ils sont représentés par des déserts, semi-déserts, savanes, et steppes sèches. D'où la difficulté de leur donner une définition univalente. Plusieurs chercheurs l'ont souligné maintes fois.

Le dernier essai pour déterminer le degré d'aridité des territoires arides du monde a été entrepris par l'UNESCO, en 1977, lors de l'établissement d'une nouvelle carte des territoires arides à l'échelle de 1:25 000 000 (jusqu'à présent la carte établie par P. Meigs en 1953 est bien connue). On a pris pour base le rapport de la quantité annuelle moyenne des précipitations à l'évapotranspiration potentielle (selon Penman), qui a été nommé indice d'aridité.

On a isolé 4 zones bioclimatiques, chacune ayant ses propres indices d'aridité (fig. 3).

1 — «La zone extra-aride (hyperaride)», avec un total annuel de précipitations de moins de 100 mm, est privée de tapis végétal, sauf des éphémères et une végétation arbustive le long des cours d'eau. La culture du sol et l'élevage (sauf dans les oasis) sont impossibles. Cette zone comprend de «vrais» déserts avec des sécheresses pouvant durer une ou plusieurs années. Indice d'aridité $< 0,03$.

2 — «La zone aride», avec un total annuel de précipitations de 100 à 200 mm, où la végétation

est pauvre, raréfiée, vivace et annuelle. C'est la zone de l'élevage nomade et de la culture irriguée. Indice d'aridité 0,03—0,20.

3 — «La zone semi-aride», avec un total annuel de précipitations de 200 à 400 mm; il y a des groupements arbustifs semi-désertiques et tropicaux avec une couverture herbeuse raréfiée. C'est la zone de la culture sèche et de l'élevage. Indice d'aridité 0,20—0,50.

4 — «La zone d'humidification insuffisante» (sub-humique), avec un total annuel de précipitations de 400 à 800 mm, inclut certaines savanes tropicales, des groupements méditerranéens de type maquis et chaparral, des steppes humiques. C'est la zone de la culture sèche traditionnelle (cultures agricoles adaptées à la sécheresse saisonnière). Indice d'aridité 0,50—0,75.

En règle générale, les trois premières zones bioclimatiques entrent dans le groupe des terres arides ou sèches.

Vu l'importance d'une connaissance exacte des ressources agraires des territoires arides, on a plus d'une fois cherché à évaluer la superficie des zones bioclimatiques mentionnées.

Selon les calculs de P. Meigs (1956), les territoires arides occupent 34% de toute la superficie des 6 continents (48 millions 796 mille km²), dont les territoires extra-arides — 4%, arides — 15%, semi-arides — 14,6%. Le tableau 6 donne leur répartition selon les continents. Si on ne considère que

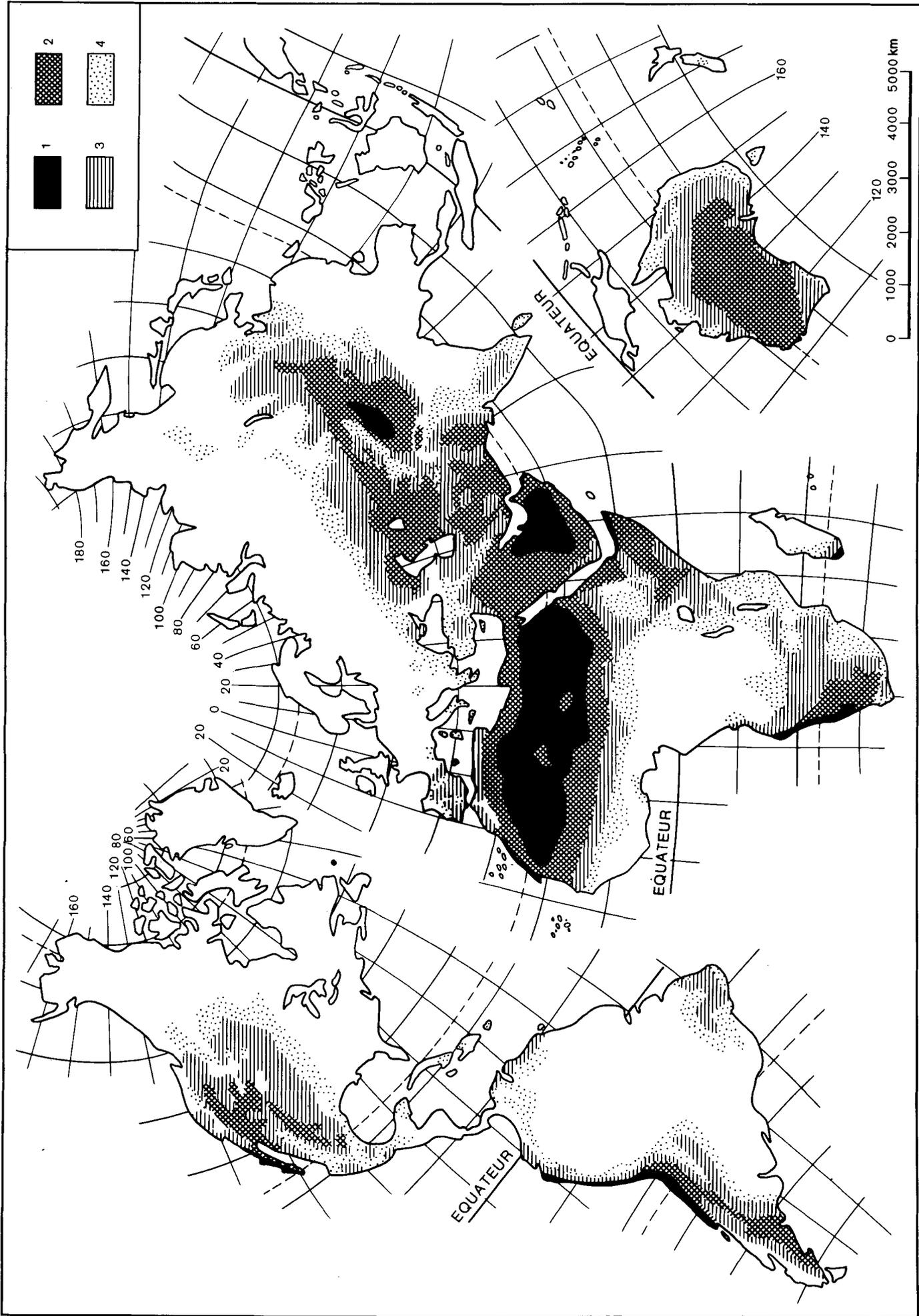


Fig. 3. Répartition des régions arides dans le monde (UNESCO, 1977)
 1 - extra-arides; 2 - arides; 3 - semi-arides; 4 - sub-humides

Tableau 6
Superficies des territoires arides par continent en millions de km²
(selon Meigs, 1955)

Continents	Extra-arides	Arides	Semi-arides	Total	Rapport de la superficie des terres arides à celle du continent. %
Australie	—	3,86	2,52	6,38	83
Afrique	4,56	7,30	6,10	17,94	59
Asie	1,05	7,91	7,51	16,47	38
Amérique du Nord et Centrale	0,03	1,28	2,66	3,97	10
Amérique du Sud	0,17	1,22	1,63	3,02	8
Europe	—	0,17	0,84	1,01	1
Monde entier	5,81	21,74	21,26	48,81	34

Tableau 7
Superficies des territoires arides et semi-arides, calculées d'après les données bioclimatiques en milliers de km²

Auteurs	Données climatiques	Couverture végétale	Manteau de sol	Écoulement intérieur
De Martonne (1927)	—	—	—	41838
Meigs P. (1957)	48796	—	—	—
Djoly F. (1957)	47743	—	—	—
Kassas M. (1957)	48400	—	—	—
Shantz H. (1958)	48857	46750	—	—
Pétrov M. (1973)	31400	—	—	—
Dregne H. (1976)	—	—	46149	—

les régions de «vrais» déserts comme des territoires arides, leur superficie alors, d'après Meigs, occuperait 19%, ou 29 mln de km² environ.

M. Kassas (1957), ayant évalué les superficies des terres arides et semi-arides à 48,4 mln de km², a ajouté 9,1 mln de km² de «déserts antropogènes», qui sont apparus à la suite de leur exploitation excessive par l'homme.

Selon les données de la carte de l'UNESCO de 1977, la superficie des terres extra-arides est égale à 9 mln de km², arides — 26,8 mln de km², semi-arides — 17,5 mln de km².

Il existe encore d'autres évaluations du fonds agraire des territoires arides et semi-arides, dont les plus connues sont mentionnées dans le tableau 7.

Les chiffres donnés ci-dessus montrent qu'à peu près le tiers de la superficie des terres fermes est occupé par les terres arides et semi-arides, où l'eau représente le facteur décisif pouvant restreindre leur productivité.

Les territoires arides sont répandus sur tous les continents, à l'exception de l'Antarctide, mais leurs dimensions sont différentes. En Amérique du Nord les territoires désertiques se trouvent dans la partie sud-ouest du continent, entre 22° et 44° de latitude nord, et comportent pratiquement de «vrais» déserts: Sonora (160 mille km²), Mohave (env. 30 mille km²) avec la Vallée de la mort à l'ouest de la rivière Colorado. Ils occupent près de 9% du territoire, ne formant pas une zone latitudinale, et sont situés sur les plateaux intermontagneux, dans des régions accidentées et des cuvettes intermontagneuses. Les régions désertiques du Grand bassin, dans les limites

des USA, et la Chihuahua, dans celles des USA et du Mexique, ont en fait le status écologique de semi-désert et de steppe aride.

En Amérique du Sud la zone aride s'étend de 5° à 52° de latitude sud, sur presque 3000 km le long du littoral de l'Océan Pacifique, traversant trois zones climatiques — tropicale, subtropicale et tempérée. Elle comporte les déserts du Pérou, ceux d'Atacama, de Monte-Patagone, qui occupent principalement les plaines paraliques et sous montagneuses.

Sur le continent africain, avec le Sahara (8,56 mln de km²) — le plus grand désert du monde — commence une large zone désertifiée, qui s'étend à l'est en Asie Antérieure, Moyenne et Centrale, presque sur 11 mille km. Ici les déserts se trouvent entre 15° et 30° de latitude nord. Dans le Sud de l'Afrique, dans les zones tropicale et subtropicale, entre 6° et 33° de latitude sud, se trouvent le désert sableux paralique de Namibe, rappelant le désert l'Atacame en Amérique du Sud, le désert de Kalahari et le territoire désertique montagneux de Karrou. La région de la Corne africaine est occupée par le territoire désertique de Somalie-Tchalbi.

Les déserts du continent asiatique s'ouvrent par le désert de Rub-al-Khali (partie du désert d'Arabie). Plus loin s'étendent les déserts de l'Iran, de l'Afghanistan, de l'Union Soviétique, de l'Inde, du Pakistan, de Mongolie, de Chine (Deshte-Kevir, Deshte-Loute, Deshte-Margo, Kyzylkoum, Kara-Koum, Tar, Takla-Makan, Tsaydam, Gobi, et autres).

Les déserts de l'Australie — Grand Désert de Sable, désert de Gibson, Grand Désert Victoria, Sympson (Arounta) et désert de Stewart — occupent toute la partie centrale du continent, s'étendant de l'Océan Indien au Pacifique.

En dehors des principales régions arides et désertiques nommées, il y a des territoires arides isolés dans plusieurs régions du monde, par exemple, la péninsule Guajira en Colombie, le Sud-Ouest de Madagascar, une partie du Nord-Est du Brésil.

La répartition par pays des territoires à différents degrés d'aridité, où la superficie des terres avec un déficit de précipitations dépassant 50% [Fauck, 1978], (tableau 8), est calculée d'après la planimétrie de la carte de l'UNESCO de 1977 sur les territoires arides du monde, citée ci-dessus [Rogers, 1981], (tableau 9).

RESSOURCES DU SOL

La structure du fonds agraire des pays arides et semi-arides, où la part de terres productives est très petite et la superficie des terres non utilisables pour l'exploitation agricole est assez considérable, est déterminée par les particularités des conditions naturelles et, en premier lieu, par la domination du climat aride et extra-aride.

Le tableau 10 réunit les données concernant la structure du fonds agraire de plusieurs pays arides. Le degré de mise en valeur agricole est différent et dépend du caractère de la couche de sol arable. La concentration la plus importante des terres labourables est liée, en règle générale, aux plaines alluviales. Dans plusieurs pays les terres cultivées sont réparties en foyers (oasis).

Selon [Matlock, 1981], en Afrique il n'y a que 7% des terres arides qui soient occupées par des

Tableau 8
Pays situés dans les zones aride et semi-aride (Fauck, 1978) *

Pays	Zone de précipitations déficitaires par rapport à la superficie du pays, %	Pays	Zone de précipitations déficitaires par rapport à la superficie du pays, %
Egypte	100	Tchad	92 (85)
Arabie Saoudite	100	RAY	92
RPDY	100	Botswana	91
Djibouti	100	Soudan	91 (90)**
Mauritanie	100	Namibie	90
Niger	100	Pakistan	90
Somalie	100	Sénégal	87 (95)
Sahara	100	Iran	85
Occidental		Maroc	85
Libye	100	Syrie	83
EAU	100	Australie	82
Koweït	100	Afghanistan	81
Jordanie	98	Kenya	75
Irak	97	Israël	75
Algérie	96	Ethiopie	74 (70)
Mali	95	Mongolie	62
Burkina Faso (Haute Volta)	94 (90)	RAS	55
Tunisie	92	Argentine	54
		Mexique	52

* Dans cette liste sont données les pays ayant plus de 50% de territoire aride.

** Entre parenthèses sont citées des données tirées de «Arid Lands Newsletter», N° 110, Ap. 1979, pp. 17—18.

champs labourés et des cultures constantes, tandis qu'en Asie il y en a 41%.

Comme il a été déjà dit, la culture sèche est la source essentielle de la production mondiale de céréales. Les céréales dominantes — blé, sorgho, orge, millet, — sont liées écologiquement aux régions semi-arides, où, en raison des particularités climatiques, leur production est toujours accompagnée de risque.

La croissance accélérée de la population, l'aggravation du problème de l'approvisionnement des hommes, en vivres, ainsi que les tendances à utiliser largement les terres agricoles pour les besoins industriels et les transports, tout ceci oblige à mener une politique d'expansion des terres labourables.

Les champs défrichés occupent les meilleures terres des plaines et des vallées fluviales et continuent à s'étendre aux régions marginales où se trouvent les limites climatiques pour l'expansion des céréales, ce qui peut facilement provoquer la désertification.

La plus grande partie des terres labourables dans les régions arides a besoin d'irrigation. Le tiers de toutes les terres irriguées du monde — près de 88 mln de ha de la superficie totale (264,8 mln de ha) — est dans ces régions (Zonn, Nosenko, 1981). Les plus grands massifs irrigués, dépassant 1 mln de ha, sont concentrés en Asie (46 mln de ha) — Républiques de l'Asie Centrale soviétique, Pakistan, Iran, Irak; en Amérique du Nord et en Amérique Centrale (21,8); aux USA (Etats de l'Ouest), au Mexique; et en Afrique (7,9) — Egypte, Soudan, République Sud-Africaine.

Une partie importante du fond agraire dans les pays arides est occupée par des pâturages, qui incluent des semi-déserts, savanes désertifiées et steppes sèches.

Tableau 9
Superficie des territoires extra-arides, arides et semi-arides dans les pays où ils occupent plus de 50% des terres (Rogers, 1981)

Pays	Superficie du pays (en milliers de km ²)	Territoire					
		Extra-aride		Aride		Semi-aride	
		milliers de km ²	%	milliers de km ²	%	milliers de km ²	%
Amérique							
Argentine	2776,9	—	—	638,7	23	1166,6	42
Mexique	1972,5	19,7	1	493,1	25	394,5	20
Asie							
Bahreïn	0,6	—	—	0,6	100	—	—
Iran	1648,0	33,0	2	857,0	52	527,4	32
Irak	434,9	—	—	322,0	74	65,2	15
Israël	20,8	0,4	2	1,4	7	17,4	84
Jordanie	92,2	16,6	18	69,1	75	5,5	6
Koweït	16,1	—	—	16,0	100	—	—
Oman	212,4	85,0	40	80,7	38	46,7	22
Arabie Saoudite	21149,7	94,6	44	1161,0	54	43,0	2
Syrie	185,2	—	—	92,6	50	72,2	39
EAU	83,6	7,5	9	76,1	91	—	—
RAY	195,0	29,2	15	89,7	46	50,7	26
RPDY	297,7	5,7	2	267,5	93	14,3	5
Afghanistan	647,5	—	—	233,1	36	246,0	38
Mongolie	1564,9	—	—	344,3	22	860,7	55
Pakistan	895,5	—	—	438,8	49	264,8	29
Afrique							
Algérie	2381,7	1476,7	62	595,4	25	190,5	8
Botswana	600,4	—	—	60,0	10	504,3	84
Tchad	1284,1	115,5	9	642,0	50	295,3	23
Djibouti	23,0	—	—	23,0	100	—	—
Egypte	1002,0	921,9	92	80,2	8	—	—
Ethiopie	1222,0	12,3	1	415,5	34	342,1	28
Kenya	582,6	—	—	285,5	49	215,6	37
Libye	1759,5	1566,0	89	167,1	95	156,6	1
Mali	1239,7	223,1	18	384,3	31	520,6	42
Mauritanie	1119,3	481,3	43	570,8	51	67,1	6
Maroc	623,8	62,4	10	355,6	57	156,0	25
Namibie	823,2	90,5	11	370,4	45	321,0	39
Niger	1267,0	532,1	42	544,8	43	190,0	15
Sénégal	196,7	—	—	21,6	11	104,2	53
Somalie	637,6	38,3	6	484,6	76	89,3	14
RAS	1222,2	12,2	1	366,6	30	269,0	22
Soudan	2505,8	526,2	21	626,4	25	701,6	28
Tunisie	164,1	23,0	14	75,5	46	23,0	14
Australie							
Australie	7686,8	—	—	3766,5	49	1537,3	20

On sait que sur les territoires arides et semi-arides se trouve plus de la moitié des bovins du monde, 30% des moutons et plus de 60—70% des chèvres. Pourtant, la productivité de l'élevage dans les pays agraires où se trouvent ces territoires ne forme que 10 ou 20% de la productivité actuelle [UNESCO, 1977].

Les forêts des territoires arides sont peu considérables et ont le plus souvent une faible producti-

Structure du fond agraire dans les pays arides *

Pays	Superficie totale	Y compris				
		Terre cultivée (champs labourés + cultures permanentes)	Prairies et pâturages	Forêts	Terres irriguées **	Autres terres
Afrique						
Algérie	238174	7497	36323	4384	336	189970
Botswana	60037	1360	44000	962	2	12215
Djibouti	2200	1	244	6	—	1947
Egypte	100145	2848	—	2	2848	96695
Ethiopie	122190	13730	4545	26930	—	23990
Kenya	58265	2270	3770	2560	46	48325
Libye	175954	2564	6700	534	135	166156
Mali	124000	2050	30000	8840	100	81110
Mauritanie	103070	195	39250	15134	8	48461
Maroc	44655	7719	12500	5195	46	19216
Namibie	82429	656	52906	10427	8	18340
Niger	126700	3290	9668	2960	36	110752
Sénégal	19619	5200	5700	5318	180	2982
Somalie	63766	1066	28850	8910	165	23908
RAS	122104	14620	81100	4600	1020	21784
Soudan	250581	12400	56000	49250	1700	119950
Tunisie	16361	4970	2550	500	140	7516
Burkina Faso (Haute Volta)	27420	2563	10000	7260	5	7557
Amérique						
Argentine	176689	35120	143300	60100	1560	35149
Mexique	197255	23220	74499	49030	5100	45555
Asie						
Afghanistan	64750	8050	50000	1400	2520***	4800
Bahrein	62	2	4	—	1	56
Iran	164800	15950	44000	18000	5900	85650
Irak	43492	5450	4000	1500	1730	32447
Israël	2077	413	818	116	189	686
Jordanie	9774	1370	100	125	85	8123
Koweït	1782	1	134	2	1	1645
Mongolie	156500	1160	123553	15178	32	16609
Pakistan	80394	20175	5000	2810	14450	49887
Qatar	1100	2	50	—	—	1048
Arabie Saoudite	214969	1105	85000	1610	395	127263
Syrie	18518	5686	8274	459	539	3990
EAU	8360	12	200	2	5	8146
RAY	19500	2790	7000	1600	243	8110
RPDY	33297	205	9065	2460	67	21567
Australie						
Australie	768685	43900	448393	107000	1490	162500

* FAO Production Yearbook, vol. 34, 1980. Données de 1979.

** Ne sont pas incluses les terres irriguées des pays non-arides qui possèdent des territoires arides.

*** Données de 1976.

tivité. Une grande partie de ces forêts est utilisée comme combustible.

La catégorie «autres terres» inclut les territoires occupés par les agglomérations, les industries et les voies de communication. Dans les pays arides, la

plus grande superficie de cette catégorie est occupée par les déserts.

Les différents types du fonds agraire se transforment constamment; avec cela, dans la plupart des cas, les pâturages s'agrandissent aux dépens des

terres cultivées. L'accroissement de la population entraîne l'augmentation de la charge sur les ressources en terre. Chaque homme qui naît a besoin de 0,3—0,5 ha pour produire sa nourriture, et de 0,07—0,09 ha pour l'habitat et l'infrastructure.

En se basant sur les appréciations des ressources du sol des territoires arides et semi-arides citées ci-dessus, on constate que pour le moment elles sont suffisantes pour l'extension d'une production agricole ou autre. Mais cette production dépend fortement des ressources en eau.

RESSOURCES EN EAU

D'après les dernières évaluations, les réserves d'eau sur la Terre sont égales à environ 1400 mln de km³, dont seulement 35 mln de km³ (25%) sont constituées par les eaux douces (Bilan hydraulique mondial... 1974). La répartition de ce volume est donnée dans le tableau 11.

Tableau 11
Réserves mondiales en eau douce

Objet hydraulique	Volume (en milliers de km ³)
Glaciers, glaces souterraines, couche nivale permanente (calcul correctif d'après l'eau)	24364,0
Eaux souterraines	10530,0
Humidité dans le sol	16,5
Lacs d'eau douce	91,0
Marais	11,5
Eau dans le lit des fleuves et rivières	2,1
Eau dans l'atmosphère	12,9
Eaux biologiques (dans les organismes vivants)	1,1
Eaux douces	35029,1

Tableau 12
Répartition des eaux douces de lacs et de rivières par continent *

Continent **	Superficie totale (en mln de km ²)	Volume des eaux dans le lit des fleuves (en km ³)	Réserves des eaux douces dans les lacs (en km ³)	Écoulement total annuel des fleuves (en km ³)
Asie	43,5	565	27782	14410
Afrique	30,1	195	30000	4570
Amérique du Nord	24,2	250	25623	8200
Amérique du Sud	17,8	1000	913	11760
Australie	8,0	25	154	2390

* Selon les données du «Bilan hydraulique mondial...», 1974.

** Excepté l'Europe, où les terres semi-arides sont peu nombreuses.

Il n'est pas difficile de remarquer qu'il n'y a que 134 mille km³ d'eau douce qui participent à un échange actif, car la plus grande partie est à l'état solide. Si on prend en considération que ce sont surtout les écoulements des fleuves et des lacs qui approvisionnent l'homme en eau, alors ce chiffre se réduit à 15 mille km³.

Ce volume des eaux des lacs et des rivières est réparti disproportionnellement sur la surface terrestre (tableau 12).

Les conditions climatiques des régions arides et semi-arides, où les précipitations annuelles ne dépassent pas 400 mm et où les températures sont élevées

Tableau 13
Ressources hydrauliques des grands fleuves traversant des territoires désertiques et semi-désertiques (selon M. V. Kolodine, 1981)

Fleuve	Moyen interannuel		Longueur (en km)	Surface du bassin versant (en milliers de km ²)
	écoulement (en km ³ /an)	débit (en m ³ /s)		
Niger (Afrique)	268,0	8500	4160	1092,0
Indus (Asie)	206,0	6530	3180	980,0
Nil (Afrique)	84,0	2664	6671	2870,0
Tigre et Euphrate (Asie)	77,0	2442	3260	1048,0
Amou-Daria (Asie)	63,1	2000	1437	227,8
Houang-ho (Asie)	47,0	1500	4845	745,1
Syr-Daria (Asie)	37,8	1200	2137	150,1
Tarim (Asie)	29,0	920	2030	951,5
Limpopo (Afrique)	26,0	824	1600	440,0
Karoun (Asie)	24,3	770	850	60,0
Murray (Australie)	23,6	750	2575	1056,7
Colorado (Amérique du Nord)	23,4	742	1450	107,0
Sénégal (Afrique)	23,2	735	486	441,0
Rio-Grande (Amérique du Nord)	18,0	570	2880	570,0
Djouba (Afrique)	17,2	546	1600	750,0
Orange (Afrique)	15,3	486	1860	1020,0
Ili (Asie)	14,8	470	1439	129,0
Guelmend (Asie)	6,8	214	1150	39,2
Sefidroud (Asie)	4,1	130	720	56,0
Zeravchan (Asie)	2,6	81	877	12,3
Tchou (Asie)	2,0	64	1305	27,1
Dzabhan (Asie)	1,9	60	808	150,0
Mourgab (Asie)	1,6	52	978	46,9
Farahrud (Asie)	1,5	49	580	25,0
Jourdain (Asie)	1,1	37	—	6,0

et le degré d'évaporation est très haut, excluent pratiquement la formation d'un écoulement constant d'eau. En règle générale, des fleuves traversent ces territoires, en provenance des régions voisines.

Dans le tableau 13 se trouvent les données concernant les grands fleuves qui coulent à travers les territoires arides et semi-arides.

Le réseau hydrographique de vastes régions arides à l'humidification saisonnière nette est représenté par les cours d'eau temporaires, qui tarissent fréquemment durant la saison sèche. Il est impossible de systématiser les données concernant les petites rivières et cours d'eau temporaires, étant donné qu'ils sont peu étudiés.

Les ressources en eau de l'Asie, qui occupe le premier rang parmi les autres continents pour le débit fluvial global, sont réparties fort irrégulièrement sur le territoire.

Les eaux superficielles de l'Asie centrale ne sont pas bien abondantes. Cette région est alimentée en eau par les rivières Tarim, Konchedaria, Tchertchen, avec leurs nombreux affluents dans la cuvette de Tarim; Edzin-Gol, Souleho, Chouëho, et autres, à Baïchan et Alachan; Naïtchi-Gol, Balangor-Gol, Bajan-Gol, etc., dans la cuvette de Tsaïdam. Ces rivières se jettent soit dans des lacs (Lobnor, Gachoun-Nour, Davsan-Nour, Djalataï-Davs, etc.), soit ils forment des deltas aveugles. Seul le fleuve Houang-ho, qui sépare l'Ordos de l'Alachan et du Plateau de Loess, atteint la mer de Chine orientale. Pour

Tableau 14
Écoulement superficiel dans les pays de la péninsule d'Arabie *

Pays	Volume de l'écoulement (en mln m ³ /an)	Pays	Volume de l'écoulement (en mln m ³ /an)
Bahrein	Peu important	Katar	Peu important
Jordanie	850	Arabie	2200
Koweït	Peu important	Saoudite	
Liban	3800	EAU	160—270
Oman	10	RPDY	1500

* Données du Rapport de la Commission économique pour l'Asie Occidentale (CEAO). Rapport régional préparatoire à la Conférence de l'ONU pour les ressources hydrauliques, Bagdad, 1976.

tant l'influence des ces fleuves est bien limitée et une grande partie des territoires des déserts est absolument privée d'eaux superficielles. La région du désert de Gobi est endoréique. Les eaux superficielles sont rares, et il y a très peu de fleuves à cours permanent.

Le réseau hydrographique de l'Asie Moyenne soviétique est pauvre. Une grande partie des eaux de plusieurs rivières, prenant leurs sources dans les montagnes et parcourant les plaines désertiques, disparaît du fait de l'évaporation et de l'irrigation; le reste de l'eau s'infiltré dans le sol. Certaines rivières tarissent complètement, et forment dans le désert des lits et deltas à sec. Parmi ces rivières, on en trouve d'assez importantes — Tchou, Sarissou, Zeravchan, Mourgab, Tedjen. Il n'y a que les deux plus grands fleuves de l'Asie Centrale et du Kazakhstan, l'Amou-Daria et le Syr-Daria, qui traversent le désert sur un parcours de plus de 1000 km et apportent leurs eaux à la mer d'Aral; au nord-est, l'Ili et le Karatal se jettent dans le lac Balkhach.

Dans les déserts de la région des plateaux de l'Iran, le débit des eaux courantes est bien faible, car les rivières descendant des chaînes de montagnes qui entourent les déserts Dacht-i-Lat et Dacht-ç-Kevir ne sont pas riches en eau. En été, elles tarissent presque toutes et se terminent en deltas aveugles. À cause de la pauvreté des précipitations, les eaux superficielles n'existent pas dans le désert de Tar. C'est seulement durant la période pluvieuse, qu'il y a ici quelques cours d'eau temporaires qui descendent des régions frontales. La faible quantité de précipitations (environ 100 mm dans les vallées) et le haut degré d'évaporation déterminent la pauvreté en eau de l'écoulement superficiel de la péninsule d'Arabie. Il n'existe pas de rivières constantes. Généralement l'écoulement se disperse déjà en amont et alimente des sources et fontaines dans le désert d'Al-Hassa du Grand et du Petit Néfaud, du Roub-el-Hali et autres (tableau 14).

L'Afrique appartient aux continents pauvres en eau, ce qui s'explique par la présence de vastes déserts — Sahara, Kalahari, Namib. Les eaux superficielles au Sahara sont très rares; il n'y a ni rivières, ni lacs permanents. De nombreux lits desséchés — vadi — ne se remplissent d'eaux que durant les périodes de fortes pluies. Le débit global des cours d'eau temporaires est égal à 6,8 km³ environ. Outre les vadis, on peut considérer les lacs reliquats comme des ressources hydrauliques. La superficie totale de ces lacs est de 80 km² [Bilan mondial..., 1974].

Le caractère fermé de la dépression de Kalahari conditionne l'écoulement. Les rivières et les cours d'eau temporaires qui la drainent se dirigent vers son centre. Les plus grands parmi eux sont le Nosobe, le Molopo, l'Aoub, reliés autrefois au fleuve Orange. Leurs vallées sont découpées par quelques lits; certains se remplissent d'eau durant la période des pluies.

Dans le tableau 15 figurent les données sur l'écoulement des principaux bassins fluviaux de la région Soudano-Sahélienne.

Dans le désert de Namib les rivières sont très rares, car les eaux pluviales coulant des hauteurs s'égarèrent vite dans les sables.

L'Amérique du Nord, dans les limites de la zone aride, est bien pauvre en eaux superficielles. Ici il n'y a pas de fleuves permanents; c'est seulement durant les périodes de pluies que des cours d'eau temporaires descendent des montagnes. Seule la région des déserts de Californie est traversée par le fleuve Colorado. À cause de leur orographie, les régions désertiques, situées entre les montagnes Rocheuses et les chaînes du Pacifique, n'ont pas d'écoulement.

En Amérique du Sud les déserts paraliques sont pauvres en eaux superficielles. Quelques petits cours d'eau les traversent, en provenance des Andes. Ici, cependant, de même que dans le désert de Namib, une certaine partie de l'humidité provient d'un brouillard épais et permanent — le garoua au Pérou et le kamantchaka au Chili. Au contraire de ces régions, les territoires désertiques de Patagonie sont irrigués suffisamment.

Outre les fleuves transitaires Rio-Negro et Colorado, de petites rivières coulent de la Cordillère de Patagonie; mais elles sont souvent tarées. On trouve parfois de petits lacs, qui peuvent également tarir, dans les dépressions du relief.

L'Australie est le seul continent où les régions sans écoulement occupent 60% du territoire. Les eaux superficielles y sont très rares, et dans la zone des déserts elles sont représentées par quelques lacs salés — Air, Carnegny, Kery, Reison, et autres. C'est un pays de courtes rivières, qui se dessèchent périodiquement, de petits lacs et de vastes bassins artésiens. À l'heure actuelle, les rivières n'existent plus dans les déserts; mais dans le passé les déserts australiens étaient mieux irrigués. Une grande quantité de lits secs (Creek), descendant dans les déserts des montagnes Musgrave, Macdonala et autres,

Tableau 15
Écoulement des principaux bassins hydrographiques de la région Soudano-Sahélienne *

Bassin hydrographique	Écoulement moyen annuel (en km ³)	
	au site d'entrée dans la région	au site de sortie de la région
Sénégal	23,2	18,0
Niger	67,0	31,2
Logonet et Chari	46,2	38,5
		(à N'djamena)
Total	136,4	87,7

* CEA. Rapport régional. Conférence de l'ONU sur les ressources hydrauliques, 1977.

Tableau 16

Evaluation du bilan des ressources en eau douce dans les pays des zones aride et semi-aride (d'après M. I. Lvovitch, 1974)

Pays	Surface en millier de km ²	Population en mln d'habitants	Précipitations en mm	Écoulement fluvial (en km ³)			Humidification brute du territoire	Évaporation	Écoulement fluvial transitoire en km ³	Ressources d'écoulement fluvial par habitant, en milliers de m ³	
				Total	Souterrain	Superficiel				Total	Souterrain
ASIE											
Mongolie	1560	1,28	406	47	23	24	382	359	—	36,7	18,0
Afghanistan	650	17,12	211	75	29	46	165	136	—	4,38	1,69
Iran	1650	28,66	528	173	66	107	421	355	—	6,04	2,31
Irak	430	9,44	99	34	13	22	78	65	—	3,60	1,38
Syrie	180	6,10	51	18	5	13	38	33	—	2,95	0,82
Pays de la péninsule d'Arabie	3120	25,5	343	18,7	6,2	12,5	330,5	324,3	—	0,73	0,24
Pakistan	809	64,0	315	73	24	49	266	242	170	1,14	0,38
AFRIQUE											
Tunisie	160	5,14	40,0	4,6	1,3	3,3	36,7	35,4	—	0,89	0,25
Algérie	2380	4,01	200	31	7	24	176	169	—	2,21	0,50
Maroc	450	15,58	134	32	12,6	19,4	115	102	—	2,05	0,81
Libye	1760	1,87	58	7,0	1,7	5,3	52,7	51	—	3,74	0,91
RAE	1000	33,33	20	4,0	0,5	3,5	16,5	16	91	0,12	0,02
Soudan	2510	15,70	1090	63	20,1	42,9	1045,1	1025	106	4,01	1,27
Sahara Occidental (espagnol)	270	0,63	9,4	1,1	0,3	0,8	8,8	8,5	—	1,75	0,48
Mauritanie	1030	1,17	138	8,2	2,0	6,2	132	199,8	12	7,00	1,71
Mali	1240	5,02	534	62	16	46	487	471	—	12,4	3,19
Niger	1270	4,02	260	14	4	10	250	246	30	3,48	1,00
Burkina Faso (Haute Volta)	270	5,38	264	28	7	21	243	236	—	5,20	1,30
Tchad	1280	3,71	454	38,4	11,5	26,9	427	416	—	10,4	3,10
Ethiopie	1220	25,05	886	115	44	71	815	771	—	4,59	1,76
Somalie	660	3,04	234	11,9	3,3	8,6	225	222	—	3,91	1,08
Kenya	580	10,90	411	37	14	23	388	374	—	3,39	1,28
Tanzanie	930	13,27	772	76	23	53	719	696	—	5,72	1,73
Namibie	820	0,63	246	9	1,6	7,4	239	237	—	14,3	2,54
Botswana	600	0,65	231	9	1,8	7,2	224	222	—	13,8	2,77
AMÉRIQUE DU NORD											
USA (Etats Occidentaux)	3100	35,1	1178	422	85	337	841	756	—	12,0	2,1
Mexique	2000	50,7	1252	330	139	191	1061	922	—	5,51	2,74
AMÉRIQUE DU SUD											
Argentine	2780	24,35	2004	289	128	161	1843	1715	300	11,9	5,26
AUSTRALIE											
Australie (continent)	7670	12,43	2490	1186	218,5	967,5	1522,5	1304	—	678	124
Tasmanie											

le prouve. Les vallées fluviales découpent les montagnes, formant d'étroites gorges rocheuses. La plupart des lits des rivières sont très courts et ne se remplissent d'eau que pendant les fortes pluies; mais dans cette période même, après quelques dizaines de kilomètres, ils sont déjà à sec. Seuls les plus grands parmi eux — Officer-Creek et Hamilton-Creek, — s'allongent sur plus de 150 km. La plupart des lits desséchés sont à moitié comblés et se perdent dans les sables. Les eaux pluviales, descendant des montagnes par les lits desséchés Fink, Hew, Todd, etc., alimentent quelques lacs, dont les principaux

sont l'Eyre et l'Amadeus. Les rivières Coopers-Creek et Diamantina, ayant leurs sources dans des régions montagneuses, atteignent en certaines années le lac Eyre, lors de grandes pluies estivales.

Dans le désert de Nallabor il n'y a même pas de lits desséchés. Ici, les assises superficielles calcaires ont beaucoup de fissures, où s'écoulent les eaux pluviales.

Les grands fleuves de l'Australie sont concentrés près des littoraux est et sud-est. Les systèmes montagneux des Alpes Australiennes contribuent à la condensation de l'humidité apportée par le flux d'air

Retenues au volume total de 5 km³ et plus et à la superficie du miroir d'eau de 250 km² et plus dans les zones aride et semi-aride *
(Extrait du livre « Retenues du monde », ed. « Naouka », 1979)

Noms des retenues	Pays	Fleuve	Hauteur du barrage, en m	Volume de retenu, en km ³ *	Superficie du miroir d'eau, en km ²	Longueur de retenue, en km	Mode d'exploitation
Amistad	USA, Mexique	Rio-Grande	87	7,00	341	Pas de données	LiEIN **
Assade (Tabka)	Syrie	Euphrate	60	11,90	630	80	IE
Biass	Inde	Biass	125	6,90	262	42	IE
Bin-al-Oui'dan	Maroc	Al-Abide	125	1,50	348	Pas de données	IE
Vaal	RAS	Vaal	50	2,90	300	80	EIA _E
Vadi-Tartar	Irak	Remplissage à partir du Tigre	—	72,80	2000	100	LiI
Victoria (Oien-Fols)	Ouganda, Tanzanie, Kenya	Victoria-Nil, lac Victoria	31	204,80	76000	320	EPI
Gaebel Aouliet	Soudan	Nil Blanc	12	3,25	596	Pas de données	IE
Gobindsagar (Bhakra)	Inde	Satledj	200	9,87	176	85	IELiNR
Govet	Angola	Kounene	55	2,57	Pas de données	Pas de données	IE
Kadjakai	Afghanistan	Guilmend	80	2,68	Pas de données	75	IE
Kaïrakoumskoé	URSS	Syr-Daria	24	4,16	513	55	IEA _E R
Koka	Ethiopie	Avach	40	1,90	250	25	IE
Manantali	Mali	Bafingue	55	13,10	500	Pas de données	EI
Mangla	Pakistan	Djelam	116	7,25	260	75	EI
Miguel Aleman	Mexique	(Rio) Tonto	70	6,52	500	55	EILiN
Minguetchaourskoé	URSS	Koura	65	16,07	605	70	IELiNPA _E R
—	Iran	Diz	180	3,35	63	65	IELi
Nagardjounsagar	Inde	Krishna	120	11,55	286	40	ELiI
Nasser (Saad Al-Aali, Assouan)	Egypte, Soudan	Nil	95	157,00	5120	500	IELiNP
Netsaoualkojotl (Malpaso)	Mexique	Grihalva	130	8,30	300	80	LiEIN
Orde	Australie	Orde	90	5,70	720	90	IE
Oroville	USA	Feter	236	4,31	62	Pas de données	LiA _E E
Poetchos	Pérou	Tchira	45	1,20	Pas de données	Pas de données	I
Powell (Glaine-Canon)	USA	Colorado	200	33,26	646	300	LiIEA
—	Iran	Karoun	190	2,90	Pas de données	Pas de données	IE
Roceyress	Soudan	Nil Bleu	57	3,00	290	85	IE
Selingué	Mali	Sankarani	Pas de données	2,00	430	Pas de données	EIN
Serros-Colorados	Argentine	Neoukenne	40	43,40	607	55	EI
Tarbella	Inde	Indus	130	13,70	260	80	ELiI
Falcon	USA	Rio-Grande	40	5,12	320	100	EILiN
Habbania	Irak	Remplie par l'Euphrate	13	3,28	426	30	LiI
Hendrick Fervourd	RAS	Orange	80	6,00	372	71	IE
Eukoumbene	Australie	Eukoumbene	110	4,80	—	40	IA

* Volume total des retenues à niveau normal de remous.

** A — accumulation d'eau à différentes destinations; E — énergétique hydraulique; I — irrigation; Li — lutte contre les inondations; N — navigation; P — pisciculture; A_E — alimentation en eau; F — flottage; R — récréation.

stable du sud-est et la formation d'un écoulement stable. Malgré cela, les fleuves ont peu d'eau, puisqu'une grande partie de leurs bassins versants est située dans des régions arides.

L'évaluation des ressources en eau douce des zones arides et semi-arides, faite par [Lvovitch, 1974], est donnée dans le tableau 16. L'écoulement tran-

sitaire dans des pays comme le Pakistan, l'Égypte, le Soudan, le Niger, détermine dans une importante mesure la situation des ressources en eau de ces pays. En même temps, beaucoup de pays sont caractérisés par un faible degré d'approvisionnement en eau, surtout les pays de l'Afrique du Nord et de la péninsule d'Arabie, où sont situés les plus

Ressources en eaux souterraines dans les pays de la zone aride de l'Asie*

Pays	Productivité (en mln de m ³ /an)	Pays	Productivité (en mln de m ³ /an)
Irak	126	Katar	50
Jordanie	165	Syrie	1600
Koweït	130	EAU	270
Liban	50	RPDY	350
Oman	650	Arabie Saoudite	1723

* Source: E/conf. 70/7 28 janv. 1977. Rapport de la CEAO à la Conférence de l'ONU sur les ressources hydrauliques.

grands déserts du monde — Sahara, Roub-al-Khali, etc.

Il faut compléter la notion des ressources en eaux douces dans les zones aride et semi-aride par l'écoulement régularisé à l'aide des retenues. Elles permettent de répartir l'écoulement dans le temps, et, par les canaux et autres installations conduisant l'eau, sur le territoire, et servent de base d'utilisation intégrative des ressources en eau. Le tableau 17 présente les données sur les retenues d'un volume de 5 km³ et plus construites dans les zones aride et semi-aride. La mise en exploitation des retenues, qui sont une des formes de la reproduction élargie des ressources en eaux [Lvovitch, 1974], dans les pays à climat aride et semi-aride, a une importance considérable pour le développement de leur économie. Le développement des cultures irriguées a exigé de régulariser les cours d'eau afin d'augmenter le volume des ressources en eau qui pourraient être utilisées selon les besoins saisonniers de l'agriculture. La mise en exploitation des retenues du barrage d'Assouan en Egypte, du barrage de Tabka sur le fleuve Euphrate, du barrage Guebel Aoulia au Soudan et autres est extrêmement importante. Il faut ajouter la mise en exploitation de plusieurs milliers de retenues pour l'irrigation dans les pays du Proche-Orient, de l'Asie Moyenne et Centrale, de l'Australie, de l'Afrique du Nord et du Sud, dans le Sud et l'Ouest des USA.

Les eaux souterraines sont la source essentielle des réserves hydrauliques dans la zone aride, et souvent une source supplémentaire en cas d'utilisation mixte avec des eaux superficielles dans la zone semi-aride.

Dans beaucoup de pays, elles sont chargées de minéraux utiles. Leur présence et le degré de leur utilisation déterminent l'activité productive des hommes et leur existence même [Pantéleïev, Goloubev, 1978]. L'évaporation intense existant dans les territoires arides et semi-arides, et qui domine la zone d'active circulation d'eau ainsi que les particularités hydrogéologiques, déterminent la présence d'eaux souterraines minéralisées à différents degrés.

On les utilise pour l'irrigation, l'abreuvement du bétail et l'alimentation en eau de la population au moyen de puits, canaux, forages modernes, puits tutulaires, foggars, kiarizes.

Il est bien difficile d'évaluer la quantité totale des réserves en eaux souterraines renouvelables annuellement dans les régions arides à cause de leur faible étude. Les données existantes ne concernent que des régions particulières.

Dans les limites de toute la zone aride de l'Asie, on a compté plus de 60 bassins artésiens d'eaux douces (Marinov et autres, 1972). Leur alimentation s'effectue dans les parties latérales des systèmes montagneux voisins, grâce à la filtration des eaux fluviales, à l'afflux d'eaux souterraines des versants montagneux aussi qu'à l'arrivée des eaux d'arrosage. Dans les parties intérieures des déserts et semi-déserts, le rôle essentiel dans la formation des eaux souterraines appartient à l'écoulement des cours d'eau temporaires et aux précipitations (tableau 18).

Les plus grandes réserves en eaux souterraines, et leurs affleurements multiples dans les déserts, se trouvent dans la partie est de la région d'Al-Hasa, (Arabie Saoudite) dans une zone de quelques cen-

taines de kilomètres au bord du golfe Persique. Dans la zone littorale, les eaux souterraines sont à la profondeur de 90 m, dans la région de Houfouf à 200 m. Leurs affleurements sont aussi abondants dans les anciens lits desséchés, les vadis. Des puits existent dans la partie centrale du désert de Rou-al-Khali. Les sources karstiques ne sont pas rares dans les montagnes de l'Arabie Centrale, à l'extrémité nord du désert de Nefoud (dépression de Djaouf), dans les montagnes du bord de l'Arabie. De ces puits on peut pomper de 200 à 700 l/s d'eau.

Les eaux souterraines dans les déserts de l'Asie Centrale sont assez abondantes grâce à de hautes chaînes de montagnes qui se dressent à la périphérie des déserts — Koun-Loun, Tian-Chan, Altyn-tag, Nachan, dont l'écoulement va presque complètement aux vastes plaines de l'Asie Centrale. La profondeur de gisement du miroir de la première nappe aquifère est relativement faible, 6—10 m en moyenne. Dans plusieurs régions les eaux affleurent à la surface, formant de petits lacs d'eau douce ou salée avec une riche végétation de prairie (tsaïdam). Dans les régions aux pieds des montagnes, la profondeur de gisement des eaux souterraines s'abaisse à 100—150 m. Les réserves renouvelables en eaux souterraines de l'Asie Centrale sont évaluées à 25—28 km³/an (Kouznetsov, 1964).

En Asie Moyenne et au Kazakhstan, les eaux souterraines des anciennes plaines alluviales sont particulièrement abondantes; elles forment un miroir continu. Leur minéralisation augmente du Nord au Sud. Parfois, au-dessus de l'horizon des eaux salées, il y a de grandes lentilles d'eau relativement douce. Dans les plaines structurales sur haussées, il n'y a pas de miroir continu; mais sous le sol on trouve des nappes aquifères isolées — eaux de diaclyse et de gisement; elles sont douces. Les ressources en eaux souterraines des régions sèches d'Asie Moyenne et du Kazakhstan s'élèvent à 26 km³/an [Ecoulement souterrain..., 1966].

Les réserves en eaux souterraines dans les régions du Nord de la plaine de l'Inde sont assez considérables malgré la petite quantité des précipitations et une haute évaporation. Elles sont alimentées par l'écoulement souterrain venu des montagnes, et qui atteint le désert de Tar, la filtration du lit de l'Indus, et en partie par l'infiltration des précipitations atmosphériques.

La profondeur moyenne des puits, au nord-est du désert de Tar, est de 20—30 m, dans la partie ouest 100—120 m, au sud elle atteint 140 m. La mi-

néralisation de l'eau monte jusqu'à 0,5 g/l à l'est, 25 g/l à l'ouest. Selon différents chercheurs, dans les limites de la plaine Indus-Gange on peut utiliser chaque année de 25 à 40—50 km³ des eaux souterraines sans dommage pour les réserves séculaires [Burdon et al., 1971].

Dans les pays de l'Afrique du Nord — Algérie, Libye, Tunisie, Maroc, Egypte, — les eaux souterraines du Sahara jouent un grand rôle. On les rencontre principalement dans les lits desséchés et les dépressions, où les couches hydrofuges sont tout près de la surface. Parfois les accumulations de l'écoulement souterrain sont tellement abondantes, qu'au pied de certaines dunes des sources vives apparaissent, formant de petits lacs (bakhr). Sous les lits desséchés et les dépressions, les eaux souterraines forment un miroir hydraulique continu. Outre cela, sous les plateaux structuraux il y a des eaux de diaclyse souterraines. Leurs gisements sont à de grandes profondeurs et difficilement accessibles. Et enfin, au Sahara il y a des eaux artésiennes qui alimentent d'assez grandes oasis — Souf, Al-Golef, Tadiquelte, etc. — où poussent d'importantes palmeraies. Les ressources en eaux souterraines de la limite sud du Sahara (région Soudano-Sahélienne) sont estimées à 12—15 km³/an.

Les données sur les réserves en eaux souterraines des plus grands bassins du Sahara se trouvent dans le tableau 19.

L'exploitation intense des importantes réserves d'eaux souterraines dans les régions arides de l'Amérique de Nord mène à leur épuisement sensible.

Comme en Afrique du Nord, en Australie les eaux souterraines jouent un rôle important étant donné la grande étendue des territoires arides et semi-arides et l'insuffisance des eaux superficielles. Le trait particulier du continent est l'existence de

Tableau 19
Réserves en eaux souterraines au Sahara
(d'après Ambroggi, 1966)

Région	Surface (en km ²)		Réserves en eaux (en km ³)	Alimentation (en km ³ /an)
	du bassin	de diffusion des nappes captives		
Grand Erg Oriental	330	180	1500	0,4
Grand Erg Occidental	375	325	1700	0,9
Fezzan	175	25	400	0,06
Désert Occidental	1800	150	6000	1,5
Tchad	1100	320	3500	1,2
Niger	525	160	1800	0,3
Tanezrouft	240	—	400	0,02
Total	4545	1160	15300	4,38

Tableau 20
Bassins artésiens de la zone aride de l'Australie
(Extrait du livre «Bilan hydraulique mondial...», 1974)

Bassins	Surface (en milliers de km ²)	Profondeur de gisement des nappes captives (en m)	Minéralisation (en g/l)
Grand Artésien	1751	de la surface à 2134	6,2
Murrey	282	10—396	1,5—1,8
Désertique	388	30—550	0,3
Eucla	191	90—610	6—37
Nord-Ouest	77,5	60—1220	4—5

Tableau 21
Productivité des installations de dessalement des eaux
(en mln de m³/an) (D'après les données de la Conférence de l'ONU sur les ressources en eau, 1977)

Pays	Installations		Total
	En marche	En construction	
Bahreïn	8,3	24,7	33,0
Koweït	109,2	66,4	169,5
Oman	2,6	—	2,6
Katar	10,4	18,6	29,0
Arabie Saoudite	17,8	128,8	146,6
EAU	2,0	—	—

Tableau 22
Installations de dessalement en Afrique du Nord

Pays	Lieu	Méthode de dessalement	Productivité (en mln de l/24 h)
Libye	Bengazi	Electrodialyse	19,3
Maroc	Séouta	Lavage en stades	4,0

grands bassins artésiens, dont la plupart se trouve dans la zone aride (tableau 20).

D'après les spécialistes australiens, l'utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation des pâturages et les besoins publics est moins cher dans les conditions arides que la construction de retenues pour la régularisation de l'écoulement temporaire.

Bien que les eaux superficielles et souterraines soient l'origine essentielle des ressources en eau pour beaucoup de pays arides, durant ces dernières décennies l'eau de mer dessalée acquiert aussi de l'importance. Elle occupe une place particulière dans la région du Proche-Orient (tableau 21).

En Afrique la productivité de certaines installations de dessalement atteint 3,8 mln de l/24 heures (tableau 22).

Durant la grande sécheresse soudano-sahélienne, l'alimentation en eau de Nouakchott (Mauritanie) a été réalisée grâce au dessalement de l'eau de mer. Quand les besoins en eau ont dépassé 1 mln de m³/an, pour des raisons économiques on a pris des mesures visant à assurer une alimentation supplémentaire en eau en utilisant les eaux souterraines. A l'heure actuelle, on envisage la question de l'utilisation d'eau de mer dessalée à Nouakchott (Mauritanie).

Malgré des dépenses importantes nécessaires à la construction des installations de dessalement, on estime que les ressources en eau dessalée vont jouer, pour beaucoup de pays arides, un rôle toujours plus important en ce qui concerne la satisfaction de la consommation.

Dans l'avenir, l'alimentation en eau des territoires arides et semi-arides dépendrait de la redistribution de l'écoulement fluvial dans les limites d'un seul pays, aussi bien que de plusieurs Etats. De tels projets existent aux USA, le transfert de l'écoulement des fleuves canadiens aux Etats arides de l'Ouest et au Mexique. Le projet de transfert de l'écoulement du fleuve Congo dans les régions sèches du Sahara est intéressant. Il prévoit la création, à l'endroit d'un ancien lac dans la dépression du Congo, d'une retenue de 900 mille km², dont les eaux se dirigeraient par un canal dans le bassin du lac Tchad, et puis, sous forme d'une puissante

rivière (plus grande que le Nil), à travers le Sahara, dans le golfe de Gabès (Tunisie), ce qui permettrait d'irriguer 60 mln de ha de terres.

Cette courte revue du fonds agraire et hydraulique des zones arides — qui est loin de donner une éva-

luation précise — montre combien est sérieuse la situation de l'écologie et des ressources dans les régions arides de notre globe, et qu'il est indispensable d'étudier plus à fond tout l'ensemble des problèmes de l'utilisation des terres et des eaux.

Chapitre IV

LE DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET LA LUTTE CONTRE LA DESERTIFICATION

V. Pouliarkin, A. Rakitnikov (URSS)

La rapidité et l'ampleur des conséquences de l'activité agricole, responsables de la désertification d'un territoire, peuvent être nettement localisées. Parfois on est en présence de foyers disparates; ailleurs, sont affectées d'importantes superficies. Deux causes principales déterminent le phénomène en question:

1) l'inégale résistance des types de sols qui diffèrent par leurs propriétés naturelles (différentes écotopes) à l'égard d'effets similaires de l'activité économique (en conséquence de quoi, les foyers de désertification coïncident avec les contours de seulement certains de ces types naturels de terres);

2) le fait que dans une contrée donnée, dans un «foyer» précis, les terres ont été soumises à des procédés dangereux pour les écosystèmes (par conséquent, les terres ayant les mêmes propriétés naturelles ont souffert dans certains endroits et dans d'autres, non).

Un programme cohérent d'actions contre la désertification implique la connaissance de la responsabilité respective du premier et du second groupes de facteurs dans la détermination des contours des aires touchées par ce fléau.

Pour ce qui est du premier groupe, il importe de connaître son importance réelle, afin de définir les mesures à prendre pour faire disparaître entièrement ou en partie — sur des sols naturels déterminés — tel ou tel procédé d'utilisation agricole ou d'élevage. C'est ainsi qu'en certains endroits, où se présente le risque de l'érosion éolienne, il convient d'exclure entièrement (ou de procéder seulement par bandes étroites) les cultures annuelles sur des terres non irriguées. Un autre exemple serait d'interdire de faire paître le bétail à proximité de grandes agglomérations, d'utiliser des plantes comme fourrage ou combustible, etc. De telles restrictions, claires et simples, d'utilisation des terres, basées uniquement sur la connaissance de leurs propriétés naturelles, sont parfaitement applicables et efficaces dans certains cas.

Pour ce qui est du second groupe, pour connaître sa portée authentique, il est nécessaire de disposer d'informations plus abondantes. Tout d'abord, il s'agit de savoir quelles qu'aient été les particularités d'utilisation des terres, responsables de la désertification, — par exemple, les espèces des bestiaux mis au pâturage, l'importance du cheptel par unité d'aire de prairie et la saison de la déflation. Ayant trouvé la réponse à ces questions, on n'a pas encore tout fait, loin de là. Il convient de trouver des procédés de remplacement

à ceux utilisés jusque là pour exploiter la terre. Les arguments technologiques à eux seuls ne suffisent pas encore. Il se peut qu'on avance des propositions, tout à fait valables sur le plan technologique, mais qui ne sont pourtant pas accessibles à une exploitation donnée en raison de ses faibles ressources économiques ou de leur peu de rentabilité.

Les cultures particulières pour chaque région, les procédés de travail, ceux d'utilisation de la végétation naturelle et d'entretien du bétail, relèvent toujours du facteur économique; ils s'appuient sur l'expérience locale et les calculs économiques. Pour les changer, il est nécessaire d'avoir une connaissance exacte de l'économie rurale locale résultant de son étude minutieuse, ce qui permettrait de comprendre les raisons économiques ayant imposé, dans un endroit donné, les procédés d'utilisation des terres qui ont déclenché la dégradation du milieu naturel, ainsi que les motifs incitant la population à s'abstenir de recourir à d'autres procédés économiques.

Tout ce que nous venons de dire atteste que la prise de décisions — même sur des questions particulières et spéciales — implique une connaissance précise, au point de vue économique, de l'utilisation des terres, aussi bien actuelle qu'antérieure. L'étude devrait être détaillée au plan territorial. Utiliser des données globales sous forme de moyennes, valables pour de vastes régions, est inadmissible car: dans ce cas, nous ne pourrions pas expliciter les causes déterminant la désertification dans des limites précises, et, par conséquent, les conseils ne seraient pas adéquats.

Il est plus aisé de comprendre les conditions responsables de la désertification, par suite des activités agricoles, dans des régions à économie pastorale pure; par contre, cela s'avère plus difficile dans des endroits connaissant une production agricole mixte et polyvalente. Aussi, étudions-nous plus loin les rapports élevage — pâturage et couverture végétale du pâturage.

Il existe bien sûr des milieux naturels des types d'endroits où il est inadmissible de faire paître le bétail, car même à une échelle modérée cela favorise dangereusement l'érosion. Ensuite, il y a des états de la couverture végétale qui, par suite de l'utilisation antérieure, ne permettent pas la présence du bétail pendant de longues années, si l'on veut voir revenir les communautés végétales à un état satisfaisant. Et encore, il peut y avoir des espaces beaucoup plus vastes qui sont des pâturages altérés par le bétail

à de différents degrés, et qui seraient nettement plus productifs si les effets de l'élevage en plein air, dans le milieu naturel avaient été plus réduits. Ce sont des territoires qui exigent des réglementations, aussi bien sur le plan de l'espèce animale que sur celui du nombre d'animaux par unité de surface et de la saison des pâturages.

L'économie traditionnelle en faisant paître le bétail négligeait toutes normes des charges. Or, si l'on élève le bétail uniquement en pâture, il y a une condition limitant, malgré la volonté de l'éleveur, le nombre d'animaux par unité de surface. C'est le rendement du pâturage, c'est-à-dire la quantité de la masse végétale pouvant devenir fourrage, et croissant en un an sur un hectare. Si l'on considère les chiffres annuels concernant le cheptel dans les zones d'élevage, uniquement ou partiellement en plein air, on constate des chutes brusques dans l'importance du troupeau, causées par la disette fourragère d'années extrêmement défavorables au point de vue météorologique (grandes sécheresses), ainsi que la tendance à la reconstitution progressive du cheptel dans les intervalles de ces années ou groupes d'années.

L'élevage dans les pâturages pendant les douze mois de l'année c'est toujours l'alternance de saisons d'alimentation abondante et d'alimentation maigre; la première coïncide avec la principale période de végétation dans les conditions d'un climat donné; la seconde, soit avec la saison sèche, soit avec le ralentissement ou l'interruption de la végétation, du fait du manque de chaleur. Dans la première de deux saisons susmentionnées, le bétail en pâture broute des herbes très nutritives; dans la seconde, il est amené à consommer des herbes vieilles ou même mortes. L'état du troupeau et l'importance du croît sont déterminés par la vigueur des jeunes animaux et l'engraissement des femelles pendant la période optimale de la prairie. Bien sûr, l'éleveur cherche à assurer l'engraissement du bétail dans la saison d'abondance relative en nourriture. Ce résultat, tout comme le haut rendement laitier du bétail (essentiel pour le développement des jeunes animaux), est atteint lorsque les animaux en pâture peuvent brouter les plantes ou les parties des plantes, au maximum nutritives, et qui contiennent les substances nécessaires dans les meilleures proportions. Autrement dit, le bon état du bétail et son rendement plus élevé impliquent que les surpâtures soient limitées, sinon les animaux commencent à manger les parties des herbages difficilement digestibles et peu nutritives.

C'est ainsi que l'importance de la partie de la masse végétale aliénée en pâture est limitée par les conditions de reproduction du bétail et par son rendement économiquement nécessaire. Un territoire qui chaque année connaît l'élevage en prairie devrait avoir une charge tendant à un niveau permettant ne serait-ce qu'une simple restauration des herbages.

Par suite de cette interaction de l'importance du cheptel en pâture et du rendement fourrager du territoire, intervient une certaine mutation des communautés végétales sous l'action du pacage, propre à la forme donnée de l'économie et de l'écotope en question. Une certaine stabilité caractérise la modification de la couverture végétale, ainsi que les charges de la prairie.

Ensuite, il n'est pas douteux que, dans le cadre du territoire exploité par un type unique d'économie, il devrait se manifester une tendance à des degrés

similaires de charges des secteurs de pâturage appartenant au même type naturel, c'est-à-dire une tendance à l'utilisation rationnelle des ressources en aliments verts. Cela à son tour détermine des étapes similaires dans la modification de la couche végétale sous l'effet de la pâture.

Parallèlement aux facteurs favorisant la tendance à l'utilisation territoriale régulière des ressources alimentaires des pâturages, il en est d'autres agissant dans le sens contraire. Ce sont avant tout les disponibilités en eau pour le bétail. La quantité inégale de l'eau, les variations dans le débit des puits, les différentes profondeurs des horizons aquifères et, par voie de conséquence, des dépenses différentes pour l'élévation de l'eau, etc., — tout cela est à l'origine de différences notables dans l'alimentation en eau des pâturages, et donc, dans les charges des ces derniers. C'est pourquoi, les foyers de déflation liés aux points d'abreuvement, les fouilles propres aux déserts et semi-déserts sont parfois de peu d'importance et espacés, mais peuvent envahir, dans d'autres cas, une partie notable des prairies.

Le deuxième facteur d'inégalité dans l'exploitation des pâturages, ce sont les proportions de ressources fourragères des pâturages de divers types suivant la nature de la végétation et autres indices variant en fonction de la saison: saison humide ou sèche, saison plus chaude ou plus froide. Si ces proportions sont peu conformes aux besoins du cycle pastoral annuel, une partie de la superficie restera sous-employée tandis que l'autre le sera excessivement.

Pour avoir une idée claire sur les origines de la désertification des territoires ayant servi de pâturages, il importe de pouvoir comparer les caractéristiques, portées sur les cartes, de la couche végétale, modifiée à divers degrés sous l'effet du pâturage et de l'érosion du sol, avec les cartes des conditions naturelles du terrain (sol, relief, roches formant la couche pédologique), et puis avec la carte de l'exploitation du pâturage au cours de ces dernières années. Sur cette dernière carte doivent être délimitées les aires suivant la saison d'exploitation, les espèces d'animaux en pâture et la charge du pâturage (définie en fonction du nombre de bestiaux et du nombre de journées de présence). On doit y donner également les points d'abreuvement (s'il s'agit de puits, il faut mentionner leur débit, le nombre de bêtes qui y sont amenées), les lieux de repos des troupeaux avec enclos, les voies de transfert des animaux d'un secteur de la prairie à d'autres.

Procéder à une telle enquête par sondage portant sur un secteur restreint du pacage est hautement souhaitable pour argumenter les mesures tendant à empêcher les prairies de devenir des terres inutiles. Pour porter sur la carte les contours corrects des foyers d'abrouissement et de destruction des sols, il faut s'assurer la participation d'un pédologue et d'un agronome. La photo aérienne est hautement souhaitable dans ce domaine. La carte montrant l'exploitation réelle d'une aire concrète pourrait être dressée sur la base des informations obtenues des éleveurs eux-mêmes.

L'objet d'une telle étude pourrait être un secteur de la prairie exploitable seulement dans une saison donnée (s'il s'agit d'élevage transférant le bétail dans des pâturages saisonniers situés loin les uns des autres).

Il importe d'étudier également par des méthodes similaires les conditions de dégradation du milieu naturel sur les aires cultivables.

La répartition historique du territoire aride entre divers procédés de son exploitation agraire se trouve conditionnée non seulement par les propriétés naturelles des sites locaux et l'expérience économique, mais aussi par l'affrontement des intérêts et la lutte pour la terre entre différents groupes ethniques et sociaux de la population, préférant telle ou telle forme d'économie. La frontière entre les zones nomade et agricole fut de tout temps mobile, sujette à des fluctuations, elle reflétait les pulsations climatiques et la suprématie des forces en action. On aurait tort de supposer que dans le passé l'élevage en plein air n'exploitait que des terres impossibles à cultiver avec le matériel de l'époque, ou que la division du territoire, par contre, s'opérait conformément aux intérêts des éleveurs nomades. Il ne fait pas de doute que dans certaines régions l'agriculture fut supplantée par l'élevage au pâturage; ainsi, en Afghanistan Central, une partie des terres laissées actuellement à l'élevage, encore à la fin du XIX^e siècle étaient destinées aux labours.

En même temps, l'histoire atteste la coexistence paisible, sur certains territoires, de communautés ethniques nomades et sédentaires. C'est ainsi qu'à Swet (Pakistan), d'après F. Barth (1956), les Pouchtos sédentaires du groupement ethnique des Youssoufzais voisinent très bien avec des Ougoudjars, éleveurs de bétail, qui, en se déplaçant sur les territoires des Youssoufzais, pacagent sur les versants de montagne inaptes à la culture, et que ces derniers n'utilisent que pour y trouver du combustible. L'élevage des Goudjars, orienté sur la production laitière, forme à Swet un précieux complément à l'agriculture irriguée des sédentaires.

En procédant à une planification il faut savoir dans quelle mesure la délimitation des terres d'agriculture et d'élevage, héritée du passé, est en conformité avec les objectifs du développement des forces productives, ou les contredit. Il importe dans ce sens de distinguer les terres arides ou semi-arides, pouvant faire l'objet d'une concurrence entre divers secteurs agraires, et les terres «réclamées» par l'un des secteurs seulement; le plus souvent c'est le cas de l'élevage au pâturage.

Actuellement, le processus historique n'est pas favorable aux puits; leur rôle économique et social diminue progressivement. Les nomades sont amenés à reculer devant la poussée de la population sédentaire en pleine croissance, qui envahit les terres autrefois dominées par l'élevage au détriment de l'agriculture. Cette situation provient d'un certain conservatisme du nomadisme qui est rebelle à la modernisation. L'élevage en plein air est peu rentable par unité de surface, sa substitution par l'agriculture fait considérablement augmenter «les capacités» démographiques du territoire. Comment la politique officielle des pays récemment libérés ne serait-elle pas orientée sur l'encouragement des formes intensives d'exploitation foncière face à la poussée démographique.

Dans ces conditions, encourager les nomades à se sédentariser, c'est stimuler un phénomène nettement visible. Le développement économique des pays de l'Orient — essor de l'industrie du pétrole, construction de voies de communications et d'ouvrages hydrauliques, — crée de nouveaux débouchés de travail, et attire les nomades dans les villes et les cités ouvrières. Ce processus naturel peut être encouragé par des mesures spéciales, avant tout par les travaux d'irrigation

et l'aménagement d'habitations modernes à proximité des massifs nouvellement irrigués. Plusieurs pays de l'Afrique arabe et du Proche-Orient se sont engagés dans cette voie de passage de l'état nomade à la sédentarité. L'application à grande échelle de cette directive dépend du rapport quantitatif des nomades et des sédentaires dans tel ou tel pays, des ressources en terre et en eau, et, ce qui n'est pas négligeable, des ressources financières et de l'orientation sociale de la politique du gouvernement.

Se sédentariser, cela intéresse surtout les couches les plus pauvres des nomades qui, ayant gravement éprouvé la restriction des pacages, ont conservé peu de bétail et perdu l'intérêt de migrer. Ces nomades cherchent moins les pâturages que des emplois dans des oasis, notamment au moment de la rentrée de la récolte. Ils ont besoin d'une assistance efficace de l'Etat pour passer à la sédentarité, sinon ils ne pourront pas surmonter les difficultés que présente la mise en valeur des terres irriguées qui leur sont accordées. Une tâche complexe se pose: celle de combiner l'élevage à l'herbage et l'agriculture irriguée qui, comme on le sait, dans la plupart des régions de la zone aride, souffrent d'un isolement total ou presque.

Diverses formes de combiner, de réunir l'agriculture et l'élevage permettent, en principe, d'accroître la production et de relever la productivité du secteur rural. Surmonter la désunion de l'agriculture et de l'élevage déterminant la vie de tous les jours et le régime social de différents peuples vivant sur les territoires arides et semi-arides, c'est un processus de longue durée. Souvent, à la première étape, on se contente de combiner ces deux secteurs afin de parvenir à leur intégration, ne serait-ce que partielle. Par exemple, le secteur animal pourrait entreprendre d'élever le jeune bétail pour l'engraisser plus tard dans la zone de l'agriculture irriguée.

Dans les Républiques soviétiques de l'Asie Centrale (comme dans la République Populaire de Mongolie) ont été trouvés des moyens heureux de maintenir l'élevage extensif en plein air avec la sédentarisation parallèle des nomades. Ce processus historique progressif, encouragé constamment par l'Etat, avait un sens non seulement économique, mais aussi social. Il apportait des changements notables dans la vie et la culture matérielle. La sédentarisation massive, dans la période de collectivisation d'anciens nomades, a abouti à la construction dans ce qu'on appelle des centres de sédentarisation de milliers de nouvelles cités semblables — sièges sociaux des kolkhozes, de leur personnel, des fermes, etc. Dans de nombreux endroits inhabités, du fait du développement de l'élevage en plein air, sont apparues de petites cités, souvent saisonnières, — centres kolkhoziens, interkolkhoziens, interrégionaux, des fromageries-beurreries ambulantes, etc. Les éleveurs quittent leurs agglomérations pour un certain temps seulement, maintenant des rapports permanents avec elles et avec leurs familles [Nazarevski, 1969].

Des études géobotaniques et des expérimentations industrielles, faites en Asie Centrale, ont démontré que la végétation désertique n'utilise pas tous les facteurs du milieu, hydrauliques notamment, et qu'il existe des réserves écologiques pour intensifier l'exploitation des prairies. Si la pâture avec aliénation de 75% des pousses (aliments) annuelles détériore les pacages, par contre des charges modérées — 60—65% d'aliments utilisés — sont tout à fait acceptables; de plus,

une longue absence du bétail sur les pâturages à rendement normal porte préjudice à la végétation. 4—5 ans après le repos, on assiste à une baisse de rendement de 20%, par rapport aux secteurs où l'on procédait au broutissement annuel avec charge moyenne et où l'on recourait à la rotation des pâturages, avec alternance des saisons d'exploitation des massifs attenants aux puits ou des secteurs plus restreints [Nétchaïeva, 1976].

L'intensification de l'élevage en plein air, — le système d'enclos, la phytoamélioration des prairies en vue d'élever leurs capacités fourragères, le stockage du fourrage complémentaire et d'appoint, l'alimentation des terres en eau — tout cela doit se faire dans le cadre du progrès technique, tout en assurant la rentabilité de la production. Là où cela ne s'avère pas possible pour l'instant, il faudra recourir aux procédés traditionnels de l'élevage. Grosso modo, la mise en exploitation économique des territoires arides pour l'élevage devrait se faire sur la base d'une différenciation territoriale des mesures d'amélioration et d'économie, orientées sur la multitude des formes intérieures du désert. Il faut s'attendre à l'accentuation des différences territoriales dans l'intensité de la production animale dans les régions arides, ce qui n'exclut pas la survie des économies n'exploitant que les pâturages naturels.

De telles régions, à l'agriculture extensive, ne peuvent former que des unités territoriales de production étroitement spécialisées, aux infrastructures rudimentaires et dépendant de la conjoncture naturelle. Relever leur efficacité économique et élargir la gamme de leur production agraire, cela implique, d'après le géographe et économiste soviétique Z. Freikine (1977), d'importantes transformations préalables du milieu naturel, l'élimination des «goulots» empêchant un territoire de se développer, ainsi que la refonte des structures sectorielles.

Il est difficile d'y parvenir en s'appuyant seulement sur l'agriculture à sec, bien qu'elle ait connu de nouveaux stimulants à l'expansion au lendemain de la Seconde Guerre mondiale dans de nombreuses régions désertiques; nous avons notamment en vue de «Croissant des terres fertiles» (Irak, Syrie). Dans cette zone, toutes les terres non irriguées quelque peu aptes à la culture, y compris les hautes terres et les versants, sont devenues exploitables. Cette mise en culture a coïncidé avec des années atmosphériques favorables et une bonne conjoncture du blé sur le marché; le recours à grande échelle au machinisme agricole a été également pour beaucoup.

Il eut été cependant indispensable d'y ajouter des procédés agrotechniques d'agriculture, adaptés aux conditions du climat aride, ce qui n'a pas été le cas. Le Symposium scientifique international sur «La lutte contre la désertification par un développement intégral» (Tachkent, 1981) a taxé de principale erreur le labourage sur les pentes, de même que le labour en planches et de disques au lieu de travail léger de la terre par contours réalisé autrefois en traction animale. Cette mauvaise pratique a déjà une trentaine d'années, et elle laisse dénuder les roches de montagne recouvertes d'une très mince couche de sol ou pratiquement sans celui-ci. Parmi d'autres procédés irratiionnels d'exploitation agraire, notons la mise en culture des terres marginales (dans les régions ayant moins de 200 mm de précipitations), et l'abandon de la vigne au profit des cultures céréalières dans les régions

montagneuses, les vignobles ayant été détruits par des insectes parasites [Abu Orabi, 1981].

Dans le même esprit, le spécialiste soviétique des déserts M. Pétrov (1976) a souligné que les phénomènes de désertification en exploitation agricole sont surtout actifs en cas d'exploitation renforcée de la terre dans des régions limitrophes des territoires arides pendant les années humides, lorsqu'on peut se passer d'arroser; par contre, dans les années de sécheresse, les semailles périssent sur de grandes surfaces, les agriculteurs étant amenés à partir massivement, abandonnent les champs exposés à une érosion éolienne énergétique qui détruit la couche pédologique.

Les terres arables sont également fortement endommagées par suite de leur exploitation prolongée sans restitution des substances nutritives prélevées tous les ans par les cultures. Les terres occupées par une monoculture céréalière ne reçoivent généralement pas d'engrais, ceci étant de peu d'efficacité au point de vue économique quand l'eau est déficitaire. Les terres épuisées, en perdant leur humus et d'autres substances nutritives, deviennent incapables d'absorber et de retenir l'humidité et ne peuvent résister à l'érosion [Zaïtchikov, 1974].

Les possibilités de perfectionner le système de l'agriculture «à sec», en particulier par voie d'amélioration des procédés agrotechniques, de l'implantation d'assolements et de la sélection des espèces résistantes à la sécheresse, restent assez importantes; en témoignent, par exemple, les travaux d'expérimentation de l'Institut de recherches en matière d'agriculture des régions semi-arides (ICRISAT), situé dans l'Etat indien d'Andhra-Pradesh, sur le plateau du Dekkan. Cependant, l'irrigation reste la condition première d'une production agricole stable sur un territoire d'humidification incertaine; sans elle, comme l'a démontré la «révolution verte» dans les pays en voie de développement, il est difficile d'assurer un essor notable dans une agriculture traditionnelle. Dans la zone semi-désertique de l'URSS, le rendement des terres irriguées surpasse de 4 à 5 fois celui des terres sèches et de 12 à 14 fois celui des pâturages désertiques; plus on va au sud, plus considérable devrait être ce décalage. Des recherches pédologiques et l'interprétation des données archéologiques effectuées en Asie Centrale ont prouvé que dans le désert c'étaient les terres irriguées qui étaient les plus humifères et riches en éléments nutritifs [Kotchoubéï, 1981].

L'exemple d'une des Républiques fédérées de la Transcaucasie soviétique, la RSS d'Azerbaïdjan, témoigne des modifications positives opérées dans la production agricole, avant tout dans la voie de son intensification déclenchée par l'irrigation [Nazirova, Pouliarkin, 1978].

Il s'agit, premièrement, de l'amélioration des structures sectorielles de l'agriculture. Rappelons les données sur les cultures de 1913, avant la Révolution socialiste d'Octobre: la part des cultures céréalières, destinées principalement à la consommation, était de 86,6%; des cultures techniques — 11,4%; des légumes, des pommes de terre et des cucurbitacées — 1,7%; des cultures fourragères — 0,4%. Au milieu des années 1970, les indices respectifs étaient de 48,9%, 17,2%, 5,1% et 29,8%. Ainsi, l'agriculture a pris un caractère plus commercial et varié.

Deuxièmement, on note une élévation considérable

du rendement de l'agriculture: sa production globale s'est accrue de plus de 3,5 fois en comparaison de celle de 1913. L'essor du rendement est devenu possible grâce avant tout à l'élévation des récoltes; celle du coton, par exemple, a augmenté de plus de 3 fois.

Troisièmement, la spécialisation de l'agriculture s'est approfondie sur la base de la division en zones naturelles, économiques et sociales du territoire. Pour chacune des dix zones de la RSS d'Azerbaïdjan, distinguées selon les critères des ressources naturelles, économiques et de travail, ont été nettement définies ses principales options de production, en subdivisant les branches agricoles en celles d'importance: a) nationale; b) nationale et locale à la fois; c) locale.

Quatrièmement, le développement de l'agriculture irriguée a permis de pourvoir aux besoins en denrées alimentaires des populations urbaines d'Azerbaïdjan en pleine croissance, et, en premier lieu, de l'agglomération d'Apchéron — plus de 1,5 millions d'habitants — la plus grande dans toute la Transcaucasie. Ici, on a entrepris de créer des sovkhozes de cultures maraîchères et d'élevage destinés à fournir des légumes et des produits laitiers aux citoyens.

Les mutations intervenues dans l'agriculture, liées aux grands travaux d'aménagement, tendent à éliminer certaines contradictions dans les rapports entre la société et le milieu naturel, mais en font naître de nouvelles.

La salinisation et la formation de marais dans des massifs irrigués menacent sérieusement la plupart des régions à l'irrigation poussée, notamment la principale région agricole de la République d'Azerbaïdjan — la dépression Koura-Araks. Des facteurs naturels défavorables se font sentir: salinité des roches de base, absence de drainage naturel des plaines basses et, par conséquent, absence quasi-totale d'écoulement des eaux souterraines. Des facteurs économiques viennent souvent aggraver la situation complexe sur le plan de l'assainissement agricole.

Nous voudrions contester la thèse suivant laquelle l'irrigation en elle-même ne pourrait arrêter la désertification et serait souvent responsable de son aggravation, essentiellement à la périphérie des zones d'irrigation [Le Houerou, 1959]. En réalité, la construction d'ouvrages d'irrigation, tout en élevant — en général de plusieurs dizaines de fois — les capacités démographiques du territoire, empêche sérieusement l'offensive de la désertification, au fur et à mesure qu'augmente la pression des populations sur les ressources naturelles des territoires arides et semi-arides. Aussi, les préjudices portés au milieu naturel par l'irrigation en progression ne peuvent-ils être évalués en dehors de la production agricole en cours.

Personne n'ignore que construire d'importants ouvrages d'irrigation sans respecter toutes les règles, c'est risquer d'amener la salinisation et la formation de marais, d'épuiser la nappe phréatique ou de provoquer certaines maladies. Pourtant l'alternative consistant à ne pas en construire, et par cela réduire considérablement la production des denrées alimentaires, [Wilkinson, Speece, 1981].

Stimuler par l'irrigation les principaux secteurs agricoles, c'est mettre en place un cadre propice — comme c'est le cas de l'Azerbaïdjan et d'autres régions à agriculture irriguée en Union Soviétique — à la formation de régions agraires spécialisées, ouvertes également à l'essor des branches de traitement des matières agricoles. Certaines entreprises agricoles s'industrialisent. Cette évolution a pris surtout de l'ampleur dans les années 1970. La concentration des branches de la production agricole commence à déborder le cadre interne du secteur économique; on voit paraître une coproduction intersectorielle.

Dans les régions agraires spécialisées fonctionnent actuellement des entreprises agro-industrielles regroupées autour des cités-sièges de grosses économies. La formation d'intenses rapports économiques et productifs entre les secteurs de matières premières et de traitement s'accompagne de la création d'entreprises relevant un secteur tertiaire, — élément indispensable du complexe, — ces dernières se regroupent également autour des cités centrales. Celles-ci prennent, par conséquent, un caractère intermédiaire entre localités agricoles et non-agricoles; en acquérant la fonction formatrice de villes, elles évoluent dans le sens de localités de type urbain [Neidzé et al., 1978].

Les nouvelles possibilités technologiques qui s'offrent actuellement (transfert d'écoulement entre les bassins, puits d'alimentation, grands barrages, etc.) mettent en place un cadre propice — surtout si l'Etat s'en mêle, — à la propagation intense de l'irrigation, ce qui nous paraît être un fondement solide du développement intégral des territoires arides et semi-arides. Il faut cependant tenir compte du fait que les potentialités de l'irrigation se manifestent seulement si toute la production agricole s'engage dans une nouvelle étape technologique et économique. Sinon, les progrès provisoires en rendement et l'accroissement des récoltes pourraient avoir des conséquences fort négatives, en faisant entériner les structures socio-économiques périmées à la campagne. L'expérience historique des pays en voie de développement atteste que d'irrigation devient un puissant facteur de l'essor agricole au cas seulement où celle s'appuie sur des transformations agraires préalables.

Chapitre V

RESSOURCES EN COMBUSTIBLE ET ELECTRICITE ET SOURCES D'ENERGIE ALTERNATIVES

S. Seyitkurbanov, I. Svintsov (URSS)

Les territoires arides du globe sont une grande réserve d'énergie, de production industrielle et agri-

cole. Pourtant, l'alimentation en énergie de ces régions est généralement insuffisante, et parfois elle n'existe

pratiquement pas. A cause de cela, il est impossible de mettre en valeur ces territoires et de lutter contre la désertification sans développer la base énergétique, sans électrifier largement la production.

Les territoires arides ont de bonnes perspectives énergétiques. Dans leur sous-sol il y a des réserves de pétrole, de gaz, de charbon, ainsi que de combustible pour les centrales nucléaires. Le pétrole et le gaz naturel sont la richesse essentielle des déserts et semi-déserts du Proche-Orient, de l'Arabie, de l'Afrique du Nord et du Sud de l'Asie Centrale soviétique. L'immensité des réserves et l'accroissement de leur extraction satisfont non seulement les propres besoins des pays, des régions mentionnées, mais permettent aussi de les exporter en volumes considérables. Une autre richesse des déserts est l'énergie renouvelable du soleil, du vent, des eaux géothermales, etc. Des conditions particulièrement favorables pour leur utilisation sont formées grâce au nombre énorme de consommateurs autonomes d'énergie [Baïramov, Seyitkourbanov, 1977]

Pourtant dans beaucoup de pays en voie de développement le bois reste jusqu'à présent le principal combustible. La plus grande partie du bois est utilisée pour le chauffage des habitations et la préparation des aliments.

Environ 2 milliards d'hommes dans les pays en voie de développement «ne sont pas entrés» jusqu'ici dans le siècle du combustible fossile [Smith, 1981]. Les prix élevés du butane, du propane et du kérosène entravent leur utilisation. En Afrique, les localités rurales, où habite la plupart de la population, ne reçoivent que 4% de l'énergie électrique. D'après les estimations, presque 90% du bois abattu en Afrique est utilisé comme combustible pour préparer la nourriture.

Selon [Moumouni, 1973], la consommation annuelle de bois en qualité de combustible par une famille de 5—6 personnes pour les besoins domestiques est égale à 2,5—3,0 tonnes, dans les villes comme dans les campagnes, ce qui fait au total 50-60 millions de tonnes par an.

Dans des pays tels que l'Ethiopie, le Liban, le Soudan et même le Nigeria, qui est riche en pétrole, 90% et plus de la population préparent la nourriture en utilisant du combustible traditionnel. Dans les grandes villes et les agglomérations on utilise le charbon de bois, parce que son transport est moins coûteux.

Dans les pays des zones arides et semi-arides les habitants abattent pratiquement tout ce qui peut brûler sans réfléchir aux conséquences, lesquelles provoquent la désertification. Le rythme de destruction des forêts dans les pays en voie de développement est égal à 50 mille hectares par jour [Bowonder, 1981]. Les pays comme l'Afghanistan, l'Irak, le Liban, la Libye, la Syrie, la Tunisie, jadis riches en forêts, n'en possèdent aujourd'hui que quelques restes.

Pour le développement des territoires arides, l'un des aspects du problème mondial de l'énergie est représenté par le degré d'utilisation du combustible organique et des diverses sources alternatives d'énergie.

SOURCES D'ÉNERGIE TRADITIONNELLES

Les périodiques crises énergétiques, l'augmentation des prix des produits pétroliers et l'accroissement des

besoins en énergie accessible de bon marché, ainsi que l'influence croissante sur l'environnement de la consommation d'énergie, obligent à avoir recours des estimations et pronostics argumentés dans le domaine de l'énergie, et de rédiger des recommandations concernant une stratégie énergétique optimale.

Selon les pronostics de la Conférence mondiale énergétique (CME) et de l'institut d'analyse systématique appliquée (ISA) [Lissitchkin, 1977] les ressources énergétiques disponibles dans le monde sont évaluées en indices de la façon suivante en mlrd de tonnes de combustible conventionnel:

	Réserves explorées	Réserves géologiques	Ressources utilisées à présent
Pétrole	127	360	127
Gaz naturel	79	276	79
Schistes	50	720	30
Roches bitumineuses	50	360	30
Houille	2000	7729	493
Lignite	1000	2399	144
Total:	3306	11844	903

On peut ainsi voir que les réserves en combustible sont suffisantes pour une longue perspective. Mais pour satisfaire les besoins croissants, il faudra exploiter des gisements de pétrole difficilement accessibles et exigeant plus d'investissements (grandes profondeurs des gisements, plateau continental polaire, pétroles visqueux et bitumes, etc.), et de gaz naturel (régions éloignées, zones de pression anormale, etc.), ainsi qu'utiliser l'énergie nucléaire, thermonucléaire, solaire et autres sources d'énergie qui exigent des investissements considérables. Il existe des problèmes de répartition irrégulière sur le territoire du globe et de consommation de ressources énergétiques difficiles à transporter.

Dans l'avenir, les besoins en tous types d'énergie nécessiteront de s'accroître (tableau 23).

On suppose que dans certains pays commencera à baisser l'intensité d'extraction du pétrole et du gaz à cause de l'épuisement de leurs gisements. A cause de cela, la production de combustible nucléaire et l'utilisation des sources d'énergie renouvelables doivent augmenter dans l'avenir (tableau 23).

Bien que l'état de l'environnement se détériore, la houille deviendra dans un proche avenir un des principaux combustibles. Le développement de l'utilisation de la houille dans l'équilibre énergétique du

Tableau 23
Besoins du monde en ressources énergétiques primaires (10^{12} W)

Ressources énergétiques	Pays à haut niveau de développement		Pays à bas niveau de développement	
	an 2000	an 2030	an 2000	an 2030
Pétrole	5,89	6,83	4,75	5,02
Gaz	3,11	5,97	2,53	3,47
Pile à eau légère	1,70	3,21	1,27	1,89
Houille	4,95	11,98	3,93	6,45
Réacteur à neutrons rapides	0,04	4,88	0,02	3,28
Energie hydraulique	0,83	1,46	0,83	1,46
Energie solaire	0,10	0,49	0,09	0,30
Autres sources	0,22	0,01	0,17	0,52
Total	16,84	34,83	13,59	22,39

monde exige la préparation de la base de production et des consommateurs: la production, le transport, la transformation et l'utilisation de la houille exigent des technologies et un équipement correspondants. Selon [Lissitchkin, 1977], en conservant le volume existant d'extraction de la houille, on pourra exploiter les réserves prospectées durant 200 ans au moins.

Les faits indiqués permettent de penser que dans les prochaines décennies le pétrole et le gaz seront écartés d'abord de la production centralisée de l'énergie, puis des autres sphères, et remplacés par d'autres ressources énergétiques.

SOURCES D'ÉNERGIE ALTERNATIVES

En perspective les sources d'énergie alternatives auront une grande importance dans le complexe combustible — électricité. On trouve parmi elles l'énergie atomique, thermonucléaire, géothermique, les ressources hydrauliques, l'énergie de radiations solaires, l'énergie éolienne, du combustible synthétique, etc. On connaît bien la nature de ces types d'énergie, ainsi que les schémas technologiques de leur utilisation et la construction des installations adéquates.

Energétique atomique et thermonucléaire. A l'heure actuelle, tout le monde reconnaît que l'utilisation des réactions nucléaires et du processus de synthèse thermonucléaire représente la solution fondamentale du problème d'alimentation en énergie. Dans l'énergétique atomique et thermonucléaire, on utilise principalement les réacteurs à neutrons thermiques à basse et haute température, les réacteurs à neutrons rapides (breeders) et ceux thermonucléaires.

Les réacteurs à basse température de la première génération sont déjà mis en exploitation, et les centrales nucléaires munies de ces réacteurs produisent plus de 6% de la production mondiale d'électricité [Alexandrov, 1978].

Les délais d'implantation et les indices techniques et économiques des réacteurs à haute température ne sont pas encore tout à fait clairs. Pourtant à l'avenir, on les utilisera non seulement pour la production de l'électricité, mais aussi pour certains processus technologiques, par exemple le dessalement des eaux, la production d'hydrogène. Le procédé le plus économique d'alimentation en énergie électrique et en eau de vastes territoires désertiques consiste à utiliser des centrales à deux buts — nucléaire et hydraulique. Une telle centrale fonctionne déjà dans la ville de Chevtchenko (URSS); et pour mettre en valeur des déserts, il est prévu de construire 4 centrales de ce type dans les états de Californie et de l'Arizona (USA).

A présent, il y existe déjà des projets et on construit des centrales électronucléaires expérimentales munies de réacteurs à neutrons rapides. Leur large utilisation est prévue pour la fin du XX^e début du XXI^e siècles. Dans les réacteurs de ce genre, le rendement d'utilisation de l'uranium naturel est de 30—40 fois plus élevé que dans les réacteurs thermiques actuels.

Il est encore trop tôt pour parler de la création de réacteurs thermonucléaires, mais les récents progrès dans les études du plasma permettent de croire qu'au cours des prochains 15 ou 20 ans la réaction thermonucléaire contrôlable deviendra une réalité. La matière première pour la synthèse thermonucléaire est le deutérium — isotope lourd d'hydrogène, — et les produits résultant de la réaction

sont l'hydrogène et l'hélium. Les ressources énergétiques de 1 kg de deutérium combustible sont d'environ 360 TJ, c'est-à-dire 4 fois plus grandes que l'énergie dégagée au cours de la réaction de fission de 1 kg d'uranium. L'hydrosphère (les océans, les mers, les lacs, les fleuves, etc.) contient presque 25 trillions (25×10^{12}) de tonnes de deutérium. La tâche principale consiste en une étude expérimentale plus détaillée de l'hydrodynamique du plasma chaud, à créer les conditions nécessaires pour réaliser une réaction thermonucléaire sous de hautes pressions et dans des champs magnétiques forts.

Les données mentionnées ci-dessus exigent l'emploi de matériaux de construction spéciaux, l'accroissement du contenu en métal de l'équipement, la construction d'ouvrages supplémentaires, etc. A cause de cela, les investissements pour les centrales atomiques sont de 30—70% plus élevés par rapport aux centrales thermo-électriques utilisant le charbon pulvérisé, mais par contre le prix de revient de l'électricité est inférieur de 5—15%.

Energétique hydraulique. Les ressources énergétiques hydro-électriques sont composées par l'écoulement fluvial renouvelable, les réserves d'eaux des lacs, des glaciers, des réservoirs artificiels, et des eaux souterraines. Ces réserves sont pratiquement inépuisables. Par exemple, le débit moyen annuel des fleuves du monde est égal à 41800 km³ [Lvovitch, 1971].

Dans le monde les réserves potentielles moyennes d'énergie hydraulique sont par an de 3900 mlrd de kWh [Installations hydro-énergétiques, 1981]. Naturellement, compte tenu des évacuations inactives, les coefficients de rendement des turbines et des générateurs diminuent, ainsi que les réserves techniquement possibles des ressources énergétiques hydro-électriques.

En 1979, la puissance établie des centrales hydro-électriques du monde a égalé à 1760 mlrd de kWh, ce qui forme à peu près 23% de la production mondiale d'énergie électrique par toutes les centrales.

Dans les zones arides et semi-arides ont été construites de grandes centrales hydro-électriques, comme telles celles d'Assouan sur le Nil, de Tabka sur l'Euphrate, de Torbela sur l'Indus, de Dalkon sur le Rio-Grande, de Bhakra sur le Satmedj, et beaucoup d'autres.

Hélio-énergétique. Le diagramme des flux énergétiques près de la surface du globe montre nettement que l'énergie solaire a une bonne perspective (Fig. 4). Dans les régions arides l'intensité moyenne du rayonnement solaire sur la surface de la terre atteint 21,6 MJ/m² (6 kWh/m²) par jour. L'avantage de l'énergie solaire est avant tout l'absence d'influence négative sur l'environnement; l'énergie solaire existe pratiquement partout, elle est inépuisable et peut être utilisée sous la même forme infiniment longtemps.

D'après les académiciens soviétiques [Styrikovitch, 1981; Kapitsa, 1981], à cause de la basse densité du flux, de l'arrivée instable d'énergie dans le temps, de la difficulté du stockage et des grands investissements nécessités par des installations, l'influence de ce genre d'énergie sur la structure générale de l'alimentation mondiale en électricité n'est pas une affaire de proche avenir. Jusqu'à présent, l'utilisation économique de l'énergie solaire n'est possible que sur un territoire limité et pour des catégories spécifiques de consommateurs. Son utilisation peut être rentable dans le

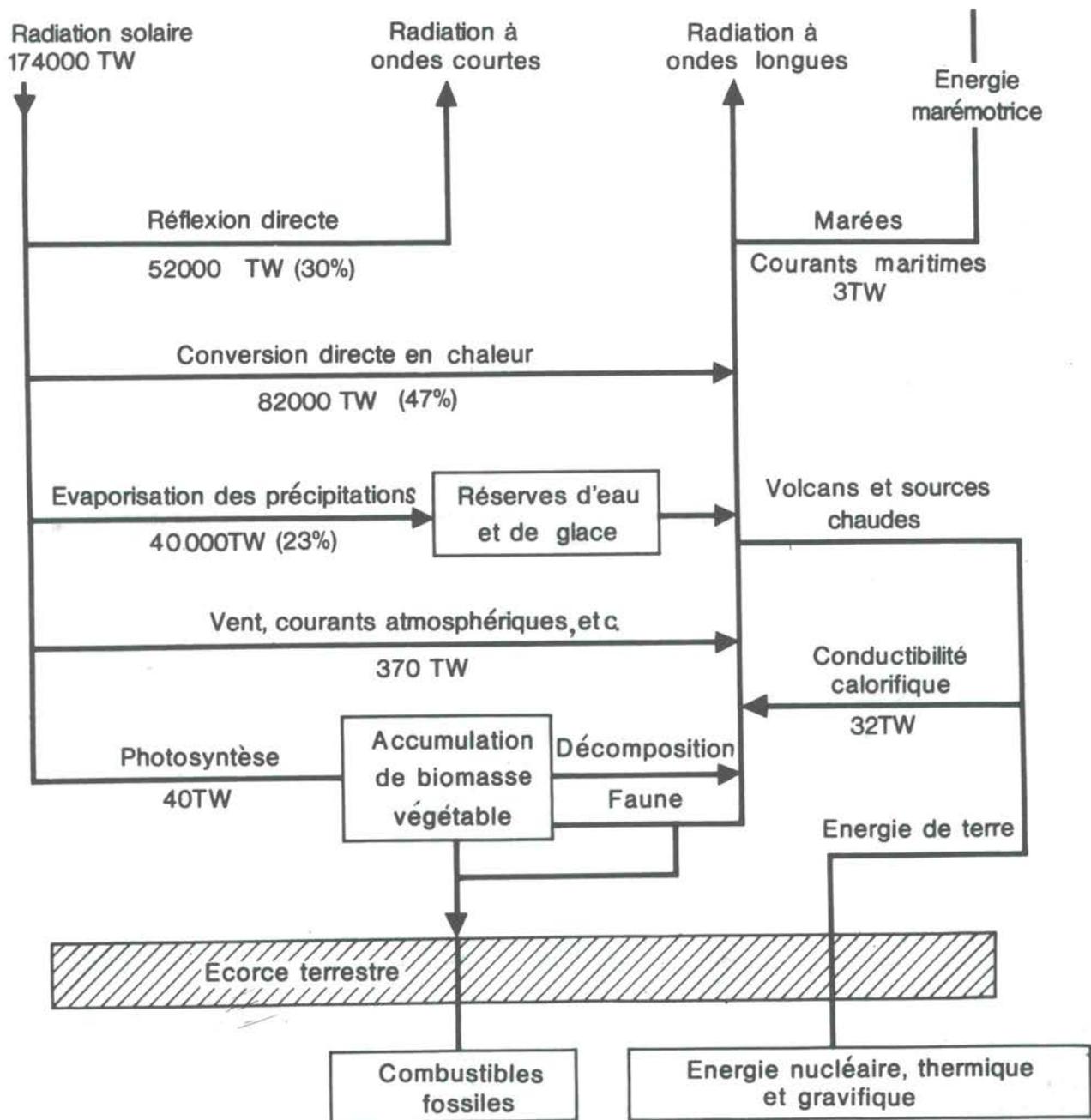


Fig. 4. Diagramme de cercle énergétique sur le Globe ($1 \text{ TW} = 10^{12} \text{ W}$)

cas d'une couverture partielle de la consommation domestique de chaleur à basse température, dans la sphère des services publics et les processus technologiques de différentes branches de l'économie nationale.

Les régions convenant à la construction d'installations solaires se trouvent dans les déserts; elles occupent une superficie totale d'à peu près 20 mln de km^2 . La quantité annuelle d'énergie solaire dans ces régions atteint $5 \cdot 10^{16} \text{ kWh}$ ou 2500 kWh par m^2 — valeur qu'il est difficile de se représenter. Si l'on utilisait ne serait ce que 5% d'une telle quantité d'énergie, les besoins énergétiques existant à l'heure actuelle seraient couverts 200 fois [Brinkwort, 1976].

La première installation solaire pour le dessalement de l'eau a été réalisée dans les années 80 du XIX^e siècle. Et c'est seulement presque un siècle plus tard que de simples appareils solaires de chauffage à l'eau

se sont largement répandus. Plusieurs autres héliosystèmes en sont au stade des études. Le motif de ces recherches qui traînent en longueur a été l'exploitation intense des combustibles fossiles, ce qui était plus rentable dans la plupart des cas [Brinkwort, 1976].

Aujourd'hui, l'utilisation de l'énergie solaire est surtout efficace pour alimenter en électricité et en eau les consommateurs dispersés dans les déserts et éloignés des grands systèmes énergétiques — petites agglomérations, fermes d'élevage, abreuvoirs. Les domaines probables d'utilisation de l'énergie solaire sont mentionnés dans le tableau 24.

Le tableau montre que l'énergie solaire peut être utilisée pratiquement dans beaucoup de sphères d'application de l'énergie.

Est-il besoin de dire que l'introduction d'installations solaires dans les exploitations situées en

Tableau 24

Domaines d'utilisation de l'énergie solaire

Orientation	Domaine d'utilisation
Processus calorifiques	Chauffage des locaux
	Refroidissement des locaux
	Cuisson des aliments
	Distribution de l'eau chaude
	Production de vapeur technique
	Dessalement de l'eau
	Culture des plantes agricoles dans les serres
	Chauffage à haute température et fusion des métaux
	Irradiation des semences et des plantes
	Séchage des produits
	Obtention de sels
	Traitement des eaux usées
	Production d'énergie mécanique et électrique
Convertisseurs thermodynamiques	
Convertisseurs thermobimétaboliques	
Réacteurs thermomagnétiques	
Culture des algues vertes	
Processus biologiques	Bioconversion des matières organiques
	Transformation des matières organiques en produits pétroliers
	Pyrolyse des matières organiques
	Obtention de l'hydrogène par décomposition de l'eau

territoire désertique rendra sensiblement meilleures les conditions de vie de la population et diminuera la consommation de bois comme combustible, ce qui assurera la protection de l'environnement et, en particulier, améliorera les pâturages.

Selon les recommandations de l'ONU pour le développement industriel en 1980—1990 dans le domaine de l'utilisation de l'énergie solaire par les pays en voie de développement, il convient d'intensifier la production locale d'installations solaires à basse température, comme séchoirs solaires, chauffes-eau, appareils à distiller, c'est-à-dire de l'équipement type «boîte chaude» sans concentration d'énergie solaire.

Plus tard, dans les années 1990—2000, on a l'intention d'étudier la construction d'installations capables de concentrer l'énergie solaire, telles que fours solaires, installations solaires motrices, pompes, stations électriques à faible puissance.

Dans certains pays d'Afrique, on manifeste un vif intérêt pour l'utilisation de l'énergie solaire dans les pompes à eau qui pourraient satisfaire les besoins de l'irrigation à petite échelle, ainsi que ceux de l'alimentation en eau de la population. La première pompe solaire de 6 m³/h de puissance a été créée à Dakar (Sénégal) en 1968. Aujourd'hui, de pareilles pompes fonctionnent en Haute Volta (Koupel, Djibo), en Mauritanie (Tchingouetti), au Nigeria (Bossou-Bougou), au Mali (Dioila, Katiboutou), au Tchad, au Soudan, au Kenya, et en Algérie.

L'utilisation de l'énergie solaire pour puiser l'eau est intéressante dans les pays de la zone Soudano-Sahélienne, étant donné les difficultés techniques et

économiques liées à l'utilisation dans cette région des sources traditionnelles d'énergie.

En Inde, on a élaboré à l'heure actuelle des pompes à eau qui se mettent en marche grâce à l'énergie solaire et n'ont pas de pièces travaillantes à mouvement. Cet effet est obtenu par le chauffage du fluide hydraulique à bas point d'ébullition dans un collecteur solaire, dont les vapeurs sont envoyées dans un puits où elles se condensent en eau. L'un des prototypes de cette pompe a les caractéristiques techniques suivantes: superficie efficace du collecteur solaire plat — 100 m²; volume de l'eau pompée — 150 m³ par 24 heures; profondeur du puits — 18 m.

En Syrie, on a essayé un nouveau type de séchoir à ventilation active par air chaud venant de la chambre de chauffe du collecteur solaire.

En Chine, on commence à produire de petites plaques chauffantes faites de 396 petits miroirs paraboliques. Cet appareil, avec une surface totale de 1 m², est équivalent à un réchaud électrique de 1 kW de puissance (la température dans la plaque peut atteindre 600°C).

La préparation de la nourriture dans des «cuisines solaires» permettrait d'économiser 30 mln de tonnes de bois, ce qui limiterait à son tour la dégradation et l'érosion des sols. Une large introduction des chauffes-eau et des appareils à distiller solaires rien que dans les services publics (hôpitaux, pharmacies, etc.) permettrait également d'économiser 25—30 mln de t des bois et 2 mlrd de kWh.

L'obtention de l'eau douce à partir des eaux saumâtres, salines ou polluées a une grande importance pratiquement pour tous les pays, mais surtout pour les pays arides et semi-arides. Le traitement de l'eau à l'aide de l'énergie solaire peut avoir une importance économique immédiate dans le cas où une partie de l'eau distillée est importée de l'étranger (par exemple, pour les accumulateurs). Au Mali, en 1972 l'importation de l'eau distillée a été de 264 t. Dans les conditions du climat africain, la productivité d'un distillateur solaire est de 3 l/24 h/m². Au Soudan, au Sénégal, au Mali et au Niger, on a commencé à élaborer et à fabriquer de tels distillateurs [The present status ... 1976].

Dans l'ensemble, en rapport avec les conditions climatiques, les exigences des consommateurs, les conditions d'exploitation et la conception des appareils eux-même, les installations calorifiques solaires permettent d'économiser de 20 à 100% de combustible. Ainsi par exemple, les installations de chauffage solaires en épargnent 20—40%, les installations de distribution d'eau chaude — 50—80%, les appareils à distiller solaires de bache — 100%, etc. A présent, il existe dans le monde des maisons expérimentales à chauffage, refroidissement et distribution d'eau chaude à base d'énergie solaire; des appareils à distiller solaires; des serres solaires, etc. Les installations solaires combinées, réalisées en Tunisie et aux USA, fournissent aux habitants des régions désertiques de l'eau douce et des légumes. La productivité d'une serre solaire est pour les tomates de 300—400 t/ha; pour les concombres de 600—800 t/ha. Les appareils à distiller solaires de bache, destinés à approvisionner en eau les zones arides, sont installés en Australie (8 unités), en Grèce (6 unités), en Inde (2 unités) et dans d'autres pays. La puissance d'un appareil varie de 0,5 à 20 m³/24 h [Baïramov, Seyitkourbanov, 1977].

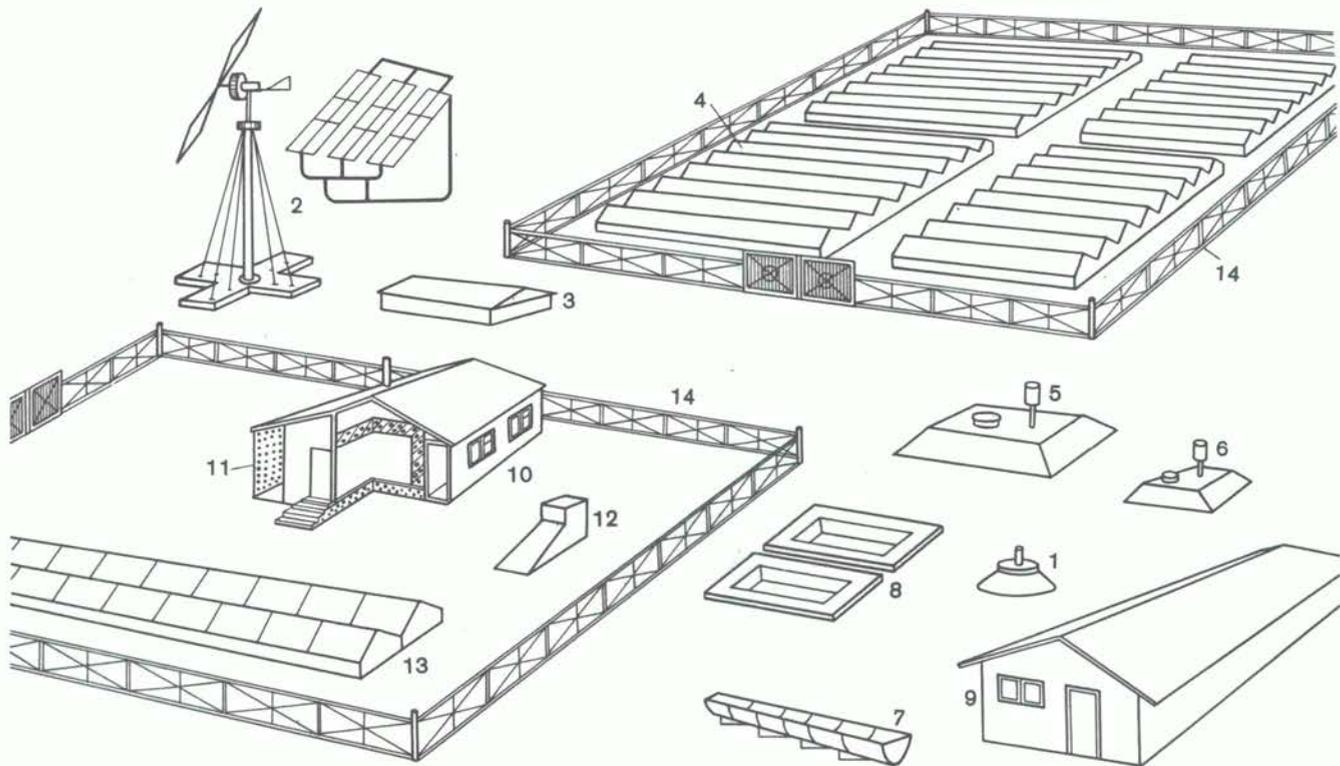


Fig. 5. Schéma de point d'eau avec installation de désalinisation solaire:

1 — source d'eau (puits ou forage) avec pompe; 2 — installation héliovoltaïque; 3 — chambre d'installation et batteries; 4 — blocs de l'installation; 5, 6 — réservoirs à l'eau distillée et potable; 7, 8 — aires d'abreuvoir et d'évaporation; 9 — enclos à moutons; 10 — maisonnette pour l'équipe de bergers; 11 — serre; 12 — réchauffeur d'eau solaire; 13 — désalinisateurs d'eau potable; 14 — clôtures

Un intérêt particulier, à notre avis, est présenté, pour la mise en valeur des déserts, par les stations solaires autonomes, construites par le centre scientifique et industriel «Solntzé» (Soleil) de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie. On peut les utiliser dans des buts les plus divers: approvisionnement en eau et électricité des abreuvoirs, des localités et des consommateurs industriels à faible potentiel, situés dans la zone désertique. La conception de ces systèmes et la composition de leurs éléments varient conformément à chaque cas particulier. Par exemple, selon la salinité, le débit et la profondeur de la couche d'eau initiale, les normes de consommation d'eau, les régimes solaire et éolien et d'autres facteurs, on peut utiliser pour le dessalement des eaux salines des appareils à distiller thermiques, de bûche, d'électrodialyse, d'hyperfiltration. L'énergie solaire et éolienne, ou ses combinaisons, servent de source énergétique.

Le schéma de principe d'une station solaire autonome dans un pâturage est donné sur la fig. 5. Cette station a les indices technico-économiques (en chiffres ronds) suivants: nombre de moutons sur l'abreuvoir — 1000 têtes; surface de l'appareil à distiller — 1200—1600 m²; prix de revient de l'eau dessalée — 2,5—3,0 roubles par m³; investissements — 125—140 mille roubles; durée de rentabilité — 3—6 ans. La première station solaire autonome de ce type a été construite dans la localité de Tcherkezly district de Guéok-Tepinsky, dans la région d'Achkhabad (Turkménistan).

La création des convertisseurs photo-électriques

solaires a apporté un progrès considérable dans la mise en œuvre de l'énergie solaire; on y utilise le silicium ou l'arséniure de gallium. La puissance spécifique des batteries solaires en silicium est de 100—150 W/s², le rendement atteint 15,5%. On les utilise pour l'approvisionnement en électricité des vaisseaux cosmiques. A peu près 100 installations de ce type fonctionnent dans différentes zones de l'URSS. Cependant l'industrialisation des convertisseurs photo-électriques solaires exige la réduction de leur coût de 100 à 1000 fois. Les USA prévoient de baisser leur prix, vers 1986, jusqu'à 0,2—0,4 dollar/W, grâce à l'utilisation du silicium à bon marché sous forme de bandes ou de pellicules cristallines aplaties et de procédés technologiques peu coûteux. En URSS, on a l'intention de réduire les dépenses utilisant le rayonnement solaire concentré de 1000 fois. Le rendement d'un tel convertisseur atteint 24%. Le projet d'une centrale électrique solaire est en cours d'élaboration. Cette centrale aura une puissance de 100 kW et une concentration de 15 000 fois. La réalisation d'un tel projet rencontre beaucoup de difficultés techniques, y compris la mise au point des concentrateurs, des revêtements protecteurs, des systèmes d'orientation et de conduction de la chaleur. On a déjà mis au point le projet d'une centrale électrique solaire de 10 000 MW de puissance. Ce projet prévoit un bloc de réflecteurs dont la surface est de 10—18 km², qui assurerait une concentration de 70 000 fois du rayonnement solaire. La puissance des systèmes d'extraction de la chaleur serait de 90 000 MW.

Pour alimenter en électricité les grands consomma-

teurs, il est plus rationnel d'utiliser des installations basées sur des processus thermodynamiques d'utilisation de l'énergie solaire (cycles de Rankine, moteur de Stirling), permettant de se servir de réflecteurs à basse température (collecteurs plats), à moyenne température (concentrateurs parabolocylindriques et paraboliques), et à haute température (réflecteurs à un seul et à deux miroirs). L'efficacité des stations électriques solaires (SES) est déterminée principalement par la construction optimale des éléments capteurs des rayons solaires (réflecteurs, chaudières), la caractéristique des fluides moteurs, le schéma de conversion et d'accumulation de l'énergie. Les recherches sont orientées dans ce sens, et de ces facteurs dépend le rendement des stations électriques solaires qui peut s'élever de 30—50%.

Au Niger, en Mauritanie, au Mali, au Mexique et dans d'autres pays, fonctionnent des SES à cycle thermodynamique, élaborées en France. Elles sont utilisées pour l'élévation de l'eau par pompage, et ont les caractéristiques techniques suivantes: puissance nominale — 25—50 kW; débit (pour une profondeur du refoulement par pompage de 20—30 cm) — 320—640 m³/h; surface des collecteurs plats — 1 700—3 400 m²; part des investissements de capitaux — 20—25 mille dollars par 1 kW; fluide moteur — fréon.

En Union Soviétique, aux USA, en France, en Italie, au Japon on met au point des projets de SES plus importantes. Selon ces projets, le générateur de vapeur (récepteur du rayonnement solaire) se trouve sur un pylône entouré d'un champ de miroirs (héliostats) qui concentrent la radiation solaire sur la surface réceptrice de chaleur de ce capteur. La conversion de l'énergie thermique en électricité se produit selon le cycle habituel de la vapeur motrice dans les stations électriques ordinaires.

La première SES pilote d'une puissance de 5,0 MW a été construite à Albuquerque (Etat du Nouveau-Mexique). Elle a 222 héliostats, dont la superficie totale est de 8 257 m². La densité du flux de chaleur atteint $2,5 \times 10^6$ W/m², ce qui correspond à une concentration de 2 630 fois. Le terrain, où sont placés les héliostats, est de 40 ha; la hauteur du pylône avec le récepteur de rayonnement a 11 m. Ainsi, à l'heure actuelle on est en train de réaliser dans le monde quelque 20 projets de SES ayant une puissance de 1 à 200 MW et certains d'entre eux sont en cours de construction. Leur valeur spécifique est de 10 à 20 mille dollars pour 1 kW. On suppose que dans un avenir plus éloigné le prix des grandes SES sera de 1 000—3 000 dollars/kW, c'est-à-dire 2,5—7,0 fois plus cher que les stations actuelles à combustible organique. En URSS, on a l'intention de mettre au point un projet de SES d'une puissance de 200 W, qui se composerait de quatre modules de 50 MW. On prévoit pour chaque module 24 mille héliostats d'une dimension de 5×5 m, ou 12 mille de 7×7 m.

Energétique éolienne. La puissance moyenne du vent sur la Terre est évaluée à plus de 4,4 trillions de kW, c'est-à-dire 500 fois plus que la consommation actuelle totale d'énergie [Teldechi, Lesny, 1981].

Depuis une époque reculée, l'homme a su utiliser l'énergie éolienne pour faire tourner les ailes des moulins. Plus tard, au XIX^e siècle début du XX^e en Australie, aux USA, en Algérie et d'autres pays, on a commencé à utiliser les éoliennes afin d'approvisionner en eau les pâturages et les villages. Pour-

tant, à cause de raisons économiques, on a bientôt pratiquement cessé de les exploiter. A la fin des années 1970, les spécialistes de plusieurs pays ont commencé à étudier en détail le potentiel de l'énergie éolienne, les perspectives du développement et des avantages économique de l'énergétique éolienne, ainsi qu'à chercher des solutions techniques acceptables. Les grandes sociétés aéronautiques, électrotechniques et de constructions mécaniques, les universités et les organisations de recherches scientifiques, etc. sont appelées aujourd'hui à résoudre ce problème. Elles ont inventé et sont en train de réaliser des stations électriques éoliennes pilotes de différentes puissances. Les plus puissantes stations (2,0 MW environ), construites en France, aux USA, au Danemark, ont des roues éoliennes de 50 à 60 m de diamètre. La commande de ces stations est complètement automatisée.

En URSS, fonctionnent environ 5,0 mille aérogénérateurs de faible puissance (0,15—30 kW). Dans un proche avenir, la puissance établie totale des aérogénérateurs pourra atteindre 800—850 mille kW, et la production de l'électricité — 2—3 milliards de kWh. La construction d'une station électrique éolienne d'une puissance de 1 000 kW et plus est prévue par le plan.

Les éoliennes sont destinées, en général, à produire de l'énergie électrique et mécanique, et sont utilisées pour le refoulement de l'eau par pompage, l'éclairage, l'alimentation en électricité ainsi que pour le chauffage et l'air conditionné des bâtiments de petits consommateurs autonomes, etc.

Les avantages d'une éolienne à axe vertical sont les suivants: absence de la nécessité d'orienter de la roue éolienne selon le vent; possibilité de prélever la puissance produite directement de l'axe vertical; simplicité de fabrication, etc.

L'avenir de l'énergétique éolienne dépend avant tout de la diminution des frais de construction et d'exploitation des aérogénérateurs. A mesure que se perfectionnent la conception technique et la technologie de fabrication, le prix des éoliennes se réduit considérablement. Si récemment encore les frais spécifiques pour la mise au point d'une station électrique éolienne de 100 kW étaient de 5 000 dollars par kW, à l'heure actuelle ils sont de 2 000 dollars/kW. On suppose que la fabrication en série des stations électriques éoliennes réduira les investissements à 600—800 dollars/kW. A présent, le coût de 1 kWh d'électricité produite par les stations éoliennes pilotes de moyenne puissance est de 10—20 cents.

Energétique biologique. Les porteurs d'énergie biologique sont la biomasse qui se forme soit comme produit dérivé de l'élevage et de la culture des plantes, soit comme résultat d'un traitement des cultures agricoles et autres plantes destinées à être transformées en énergie. Etant donné le développement sur une vaste échelle de l'élevage dans les années à venir, les rejets agricoles se concentreront dans de grandes fermes d'élevage (laitières, porcheries, nourricerie, à volailles). Les résidus urbains, les rejets de l'industrie mécanique du bois, etc. sont aussi parmi les sources de biomasse.

Dans le monde fonctionnent déjà des entreprises de traitement des rejets solides et liquides au moyen de la fermentation anaérobie. De cette manière à partir de 1 000 l de fumier, on peut obtenir jusqu'à 15 m³ de gaz biologique par 24 heures (1 m³ de gaz biologique est égale à 1 l de gaz liquide ou à 0,5 l d'essence

super). A l'issue de la décomposition du fumier, on reçoit un mélange gazeux à pouvoir calorifique de 5 900 kcal/m³, lequel, après épuration du gaz, peut atteindre 9 000 kcal/m³ [Wisha, 1979]. Une installation de production de gaz biologique peut fonctionner avec 20 unités conventionnelles de gros bétail (1 unité est égale à 500 kg de poids vif), c'est-à-dire 20 vaches, 200 porcs et 3 500 volailles. Selon les calculs, une unité de gros bétail peut donner 2 m³ de gaz par jour.

Les installations de production de gaz biologique sont largement répandues en Chine. Dans la seule province chinoise de Sseu-Tchouan leur nombre s'est élevé de 50 à 5 millions d'unités au cours des années 1971—1978 [UNEP, 1981].

En URSS, on a mis au point un ferment de production du gaz biologique pour une exploitation de 3,2 mille vaches. Des installations analogues fonctionnent en Australie et en Inde. Aux USA, on a élaboré un projet de culture d'algues sur 40 mille ha de la zone côtière du Pacifique pour en tirer du méthane. On pense qu'il est possible d'obtenir annuellement à partir de 1 000 ha d'algues une quantité de méthane équivalent d'après son pouvoir calorifique à 10 mille tonnes de pétrole.

Pour obtenir de l'éthanol et du méthanol, on cultive, spécialement des plantes (canne à sucre, betterave, tournesol et autres), l'éthanol et le méthanol sont utilisés comme adjuvants au combustible liquide. Au Brésil, en 1980, de tels mélanges de combustibles ont été utilisés par 20% des automobiles; on prévoit qu'en 1985 le taux s'élèvera à 46%. Aux USA, en 1979, on a utilisé 300—380 mille litres de ces mélanges. Leur emploi non seulement réduit les besoins en essence, mais diminue la pollution de l'environnement par les gaz d'échappement. Le prix de revient approximatif de cette

production ne dépasse pas 40 à 50 cents par litre.

En qualité d'énergie calorifique pour la fermentation du méthanol ou de l'alcool, dans les fermenteurs on peut utiliser l'énergie solaire, éolienne et autres types d'énergie à bas potentiel. Dans l'Arizona (USA) on mène des travaux de culture spéciale d'une plante «énergétique» telle la *Salsola Kali*. Généralement, on occupe les terres en friche pour cette culture qui n'exige pas de soins particuliers, mais donne une importante biomasse (25 t/ha), pouvant être utilisée après briquetage comme combustible.

Il semble avantageux d'utiliser dans l'avenir l'énergie solaire et éolienne pour la décomposition ou l'électrolyse de l'eau sur une petite échelle, et l'hydrogène en qualité d'accumulateur provisoire d'énergie et de chaleur principalement pour les systèmes énergétiques autonomes dans les déserts. Une telle recherche est menée par l'Académie des Sciences de la RSS d'Azerbaïdjan. On a construit un modèle ayant un miroir parabolique (diamètre 1,5 m). En 10 heures de fonctionnement, l'installation produit près de 600 l d'hydrogène, dont le prix approximatif, traduit en équivalent pétrolier, est de 300—500 dollars par tonne [Lissitchkin, 1977].

En tenant compte de tout ce qui a été dit dans cet exposé, on doit faire remarquer que d'année en année il deviendra plus nécessaire et rationnel d'employer les sources d'énergie de remplacement. Cependant, pour les utiliser largement, il reste encore à résoudre de nombreux problèmes techniques; c'est pourquoi, il faut étendre les recherches déterminées, fondamentales et appliquées. Une importance particulière sera prise par l'utilisation de l'énergie solaire, éolienne et autres nouvelles sources d'énergie pour la mise en valeur des zones arides et semi-arides du globe.

Chapitre VI

L'INDUSTRIALISATION DES TERRITOIRES ARIDES

G. Outkin (URSS)

La conception scientifique d'un développement global des forces productives dans les régions arides et semi-arides et dans les pays à conditions socio-économiques différentes, y compris, la tâche d'optimiser l'exploitation de leurs ressources naturelles, implique la multiplicité des variantes de la valorisation économique des territoires en question. C'est aussi un moyen important de surmonter les conséquences de la désertification anthropique.

De plus en plus prend de l'importance la mise en valeur industrielle des déserts et des semi-déserts, ensemble avec les terres semi-arides avoisinantes. Pendant les dernières décennies y ont été découverts de riches gisements naturels, de grandes ressources en eau et en matières énergétiques. Les réserves qu'ils recèlent pourraient contribuer à augmenter la production de matières premières agricoles destinées au traitement industriel.

Le monde a accumulé une certaine expérience dans la mise en valeur industrielle des terres arides, laquelle, il est vrai, est bien plus modeste que l'expérience millénaire de l'exploitation agricole des terres arides. Et encore, cette expérience n'est ni suffisamment connue ni généralisée; notamment celle des pays en voie de développement. Tout de même, l'information disponible provenant de certains pays permet de se faire une idée sur les principales options, les problèmes et les tendances de l'exploitation industrielle de ces terres.

Les régions arides et semi-arides occupent, comme on le sait, plus d'un tiers de toute la superficie du globe, où habite 1/6 de la population, sont très hétérogènes. Nombre d'entre elles ne sont ni «vides», ni «pauvres», ni bonnes à rien; au contraire, ce sont des terres utiles et potentiellement précieuses. Leurs ressources (minérales, notamment) sont de plus en

plus exploitées, et se prêtent au traitement sur le terrain, soit au transfert dans d'autres régions du pays, soit aux échanges commerciaux extérieurs. Les calculs approximatifs réalisés sur la base des données statistiques de l'ONU pour 1977 démontrent que les territoires arides et semi-arides renferment presque la moitié de tous les gisements et de l'extraction de pétrole. Ces territoires deviennent de plus en plus ceux des ressources de grande valeur, où naissent des centres et complexes énergétiques et d'autres industries du secteur primaire, en particulier de productions à haute consommation d'énergie et de matériaux.

Les Républiques soviétiques de l'Asie Centrale et le Kazakhstan offrent un exemple intéressant de développement des forces productives sur des terres arides et semi-arides.

L'industrialisation de ces républiques s'est effectuée sur la base d'une étude complète de leurs richesses naturelles et d'un développement accéléré de l'industrie, car ces régions étaient les plus arriérées de l'ancienne Russie tsariste; en même temps avait lieu la modernisation du secteur rural. Les résultats sont impressionnants: la production industrielle des Républiques soviétiques de l'Asie Centrale a augmenté en 50 ans (1913—1967) de la façon suivante (le niveau de 1913 est 1): en RSS de Kirghizie — 137; en RSS du Tadjikistan — 72; en RSS d'Ouzbékistan — 35; en RSS de Turkménie — 37 [Asie Centrale, 1969].

L'industrialisation des Républiques de l'Asie Centrale, surtout à ses débuts, a été très différente de celle des autres régions de l'Union Soviétique. Les plus anciennes branches industrielles y étaient celles de transformation des matières premières agricoles, datant de la seconde moitié du XIX^e siècle. C'étaient des entreprises peu importantes, de type artisanal: nettoyage du coton, filature et tissage, cuirs et peaux, ainsi que des entreprises de produits alimentaires. Les années des premiers quinquennats ont été celles du regroupement d'anciennes entreprises des industries légères et alimentaires et de la construction de nouvelles usines et fabriques, souvent de grande taille. Le développement de ces productions, tout comme celui de l'agriculture et de l'industrie minière, a fait apparaître par la suite des branches connexes et de services (construction mécanique, énergie, etc.). C'est ainsi qu'en Asie Centrale l'industrialisation a commencé principalement par l'essor de l'industrie légère.

La valorisation industrielle et agricole des terres arides, comme l'a fait remarquer A. Babaev, membre correspondant de l'Académie des Sciences de l'URSS, a mis un terme à l'opinion répandue sur l'inutilité des déserts de l'Asie Centrale et du Kazakhstan. Mais il a été prouvé qu'au point de vue économique, ils représentent une région pleine d'avenir et à haute potentialité économique.

Actuellement, les territoires arides de l'URSS fournissent 1/3 environ de tout le gaz naturel, 1/7 du pétrole et du charbon, beaucoup de métaux ferreux et non ferreux, des produits chimiques, etc. Au Kazakhstan, par exemple, grâce à la mise en valeur des richesses du sous-sol se développe rapidement l'industrie de transformation notamment la sidérurgie, la métallurgie, la chimie; continuent à apparaître des villes à infrastructures modernes, entourées de villes-satellites et entreprises à vocation agricole, etc.

En Asie Centrale, l'industrialisation a permis de valoriser des ressources énergétiques de haute qualité — gaz naturel, pétrole et ressources hydrauliques. Ceci a donné la possibilité de transformer l'Asie Centrale de région énergétiquement déficitaire en excédentaire; d'utiliser le gaz à des fins technologiques, ce qui a intensifié la production de nombreuses branches industrielles; de plus en plus la ville comme la campagne sont alimentées en gaz, qui est également massivement transféré dans d'autres régions économiques. De grandes centrales thermiques et hydrauliques ont été construites, et à côté d'elles, des entreprises énergivores et des installations d'irrigation mécanique [Pavlenko, 1980, p. 126]. On voit se former de puissants complexes intersectoriels — énergie-industrie, coton-industrie, élevage-industrie; on voit naître des villes industrielles et, des cités de mineurs et d'énergéticiens. Notons en passant que l'expérience du développement des complexes intersectoriels dans la mise en valeur industrielle des régions désertiques et semi-désertiques est très intéressante pour beaucoup de zones arides et semi-arides.

Le complexe territorial de production (CTP) du Tadjikistan méridional inclut les centrales hydrauliques de Nourek, l'usine d'électrochimie d'Yavan et d'autres entreprises industrielles. A côté de sa fonction principale de pôlarisateur du développement de la région industrielle, il assume une fonction agricole, celle de fournir de l'eau pour l'irrigation d'importants massifs de terres (voir plus bas). La mise en marche de l'installation nucléaire de dessalement de l'eau dans la ville de Chevtchenko, sur la mer Caspienne, a donné le feu vert au développement global des forces productives de la région de Manghychlak, au Kazakhstan Occidental. Les ressources en combustibles, en énergie et en matières premières minérales du Kazakhstan Oriental ont permis d'instituer et de développer le complexe territorial de production de Pavlodar-Ekibastouz. Tout en construisant des complexes d'entreprises métallurgiques dans le désert du Kyzyl-Koum, on y a créé parallèlement la ville-jardin de Navoi, un des exemples les plus frappants de jeunes villes industrielles en plein désert.

La stratégie des conglomerats territoriaux de production, élaborée en URSS, permet d'obtenir de précieux résultats économiques aussi bien à l'étape de la réalisation des projets d'implantation des groupes d'entreprises, qu'aux étapes suivantes de leur fonctionnement. C'est ainsi que les CTP permettent d'introduire des innovations scientifiques et technologiques, d'organiser une action orientée en vue de combattre la dégradation du milieu naturel et, en particulier, la désertification. A noter que les mêmes formes de valorisation des déserts exigent parfois des moyens différents de les mettre à l'abri des effets industriels. C'est ainsi que pour fixer les sables, on peut recourir soit à la phyto-amélioration, soit aux techniques mécaniques, soit aux procédés chimiques, et dans certains cas à des procédés combinés [Babaïev, Freikin, 1977].

De nombreuses expériences pratiques — ces dernières années surtout — attestent le rôle croissant des ressources industrielles des déserts et des semi-déserts et leur utilisation au profit des forces productives des pays arides et semi-arides d'Asie, d'Afrique, des deux Amériques et d'Australie. En Australie,

le plus aride des continents, on a longtemps soutenu qu'un tiers environ du territoire était sans utilité aucune, sans avenir économique. Cependant, la découverte et l'exploitation d'immenses gisements de minerais de fer, de bauxite, de charbon, d'uranium, etc. ont placé l'Australie à l'une des premières places dans le monde pour les réserves en ressources minérales, permettant un essor spectaculaire de l'industrie lourde et l'accroissement des exportations.

La quasi-totalité des pays en voie de développement des régions arides et semi-arides n'avaient pas avant leur libération d'industries nationales. Ils devaient exporter tout le produit ou presque, de leur extraction minière.

A partir des années 1960, avec l'apparition dans l'arène mondiale de nombreux pays libérés d'Asie et d'Afrique, la question de l'industrialisation des pays en voie de développement est devenue très actuelle et s'est imposée à l'échelle internationale. Les pays en question y ont vu la possibilité de rompre le cercle vicieux de l'état arriéré hérité du passé colonial et semi-colonial, étant donné que leur étroite spécialisation agraire déterminait l'état embryonnaire, voire l'absence d'industries d'extraction et surtout de traitement. Ces pays cherchaient à mettre un terme, dans une mesure ou une autre, à «la carence» structurelle de leurs jeunes organismes socio-économiques. Afin de pouvoir fonctionner et se développer en autonomie, il importait de construire de nouvelles entreprises industrielles, de moderniser celles anciennes et rudimentaires. Il fallait créer des groupes d'entreprises liés entre eux, et, à une plus longue échéance tout un réseau industriel.

Plusieurs pays en voie de développement, possesseurs de ressources minérales ou énergétiques, disposaient déjà de quelques industries d'extraction; ceux qui n'en avaient pas, comme, par exemple, la Lybie, la Mauritanie, l'Arabie Saoudite, les créèrent avant toute chose. En s'industrialisant, on mettait l'accent sur la création d'entreprises de traitement des matières premières locales, qui étaient au jeune état nécessaires pour satisfaire les besoins intérieurs en produits industriels (substitut des importations), ainsi que pour élargir et revaloriser les exportations — constituées essentiellement par des matières premières, — et aussi pour créer de nouveaux emplois susceptibles de résorber le chômage.

Ces pays, engagés sur la voie de l'industrialisation, diffèrent les uns des autres sous bien des rapports. Mais tous, ou presque, disposent de richesses naturelles relativement abondantes et variées. Vouloir les valoriser, c'est le dénominateur commun de l'étape actuelle de leur industrialisation. Cela ne signifie pas nécessairement que les pays qui ne possèdent pas ces ressources ne puissent se développer, ou que le fait d'avoir des richesses naturelles constitue une condition suffisante pour réussir leur industrialisation et résoudre les autres problèmes sociaux et économiques. Les géographes soviétiques ont raison d'affirmer que la base formée par les ressources n'est pas encore la garantie d'un développement rapide d'une économie multisectorielle, et notamment de «l'industrialisation accélérée» [Problèmes actuels ..., 1979].

L'industrialisation dans un pays en voie de développement exige de prendre en considération et d'utiliser adroitement différents facteurs externes et internes de développement dans le cadre de la poli-

tique nationale et de la stratégie du progrès socio-économique. Il importe de consolider le secteur d'Etat, d'élaborer, en les coordonnant des plans nationaux et des programmes scientifiques régionaux de développement, de mener une politique limitant la mainmise des monopoles (corporations) étrangers et des sociétés internationales, d'élargir les rapports économiques extérieurs et la coopération, de disposer de ressources naturelles pour le développement industriel, d'imposer un contrôle d'Etat sur ces dernières, etc.

Sous ce rapport, est significatif l'exemple de l'Algérie, qui appartient au groupe des pays arides et semi-arides (superficie: 2,38 millions de km², population: 20 millions d'habitants environ en 1981). Les 9/10 du territoire de ce pays sont occupés par les déserts et les semi-déserts, renfermant les principales richesses minérales du pays: du pétrole et du gaz naturel d'importance mondiale, un vaste éventail de minerais, de matières premières non métallifères, d'eaux souterraines, etc.

L'exploitation industrielle des ressources en pétrole et en gaz avait été déjà commencée par les sociétés françaises dans la période coloniale.

Avec l'accession à l'indépendance, en 1962, l'Algérie s'est engagée dans la voie de profondes transformations sociales et économiques et d'une industrialisation conséquente. L'industrie minière, contrôlée par l'Etat, occupe une des premières positions dans l'économie nationale. Après la nationalisation des capitaux étrangers dans l'industrie pétrolière et gazière (1971), l'Etat contrôle plus de 80% de l'extraction du pétrole (57 millions de tonnes en 1977), 90% du traitement du pétrole et 100% de l'industrie gazière et du transport du pétrole. A côté des industries légère et alimentaire, les secteurs de transformation comportent des entreprises modernes de construction mécanique, métallurgie, électrotechnique, etc. Le pays a déjà accumulé une riche expérience dans l'exploitation industrielle des ressources du désert. Cela se trouve favorisé par les importants moyens financiers provenant de ces dernières. Les exportations de pétrole et de gaz apportent à l'Algérie plus de 90% des devises (85% de toute la production sont destinés à être exportés). Les «pétrodollars» vont à la construction de nouvelles entreprises et cités-pilotes, des écoles, des hôpitaux, des stades, etc. Le développement des régions méridionales du pays, du Sahara notamment, est l'une des finalités du nouveau plan quinquennal (1980—1984). Dans les oasis naissent des entreprises industrielles (usine de tubes à Ghardaia, usine mécanique et fabrique de confection à Béchar, etc.).

A noter cependant que l'Algérie possède, suivant les récentes données des auteurs algériens, 7,6 millions d'ha de terres labourables (sans jachères), soit 3% environ de toute la superficie nationale. Tous les ans, ce chiffre décroît en conséquence de la désertification et de l'érosion. Les habitants des régions semi-désertiques (steppiques) à eux seuls (1 million de personnes environ) consomment pour se chauffer et cuisiner 170 000 tonnes de combustible prélevé sur le milieu environnant; 70 000 hectares sont ainsi dénudés. Il faut y ajouter les effets négatifs des surpâtures et du labourage des terres inaptés à la culture des céréales. Les pluies torrentielles et les inondations emportent une couche de sol de 1 à 4 mm par an, en moyenne. Cela signifie la perte de

40 000 hectares de terres agricoles par an [Baghdad Ould-Henia, 1978]. «L'offensive du désert» est ici un phénomène tout à fait réel.

On comprend que les projets, les schémas régionaux et les recommandations en matière de développement global et de lutte contre la désertification, élaborés spécialement pour l'Algérie, se monteront sans doute efficaces dans d'autres pays arides, à condition de ne pas négliger leurs particularités propres.

L'expérience de la Mauritanie ne manque pas d'intérêt non plus (superficie — 1,03 million de km²; 1,6 million d'habitants en 1981). C'est un pays du Sahara-Sahel, les 9/10 de son territoire sont occupés par le désert. Ce pays fut tout particulièrement touché par les sécheresses de 1969—1973, ainsi que par les suivantes; sa population nomade et semi-nomade y avait perdu presque la moitié de tout le cheptel, et avait envahi les petits centres administratifs, les bourgades de la vallée du Sénégal et la capitale, Nouakchott. Pour la grosse industrie moderne, le pays possède des exploitations minières dans la région désertique du Nord reliée par la voie ferrée avec le port maritime de Nouadhibou, le minerai de fer étant presque entièrement destiné à l'exportation. Les industries de transformation sont peu développées. Aussi, les moyens et les variantes de la mise en exploitation industrielle des territoires arides et semi-arides, d'un développement global sont-ils très modestes par comparaison avec l'Algérie. Par conséquent, le schéma de lutte contre la désertification y sera tout différent. Mais les pays du Sahel ont déjà accumulé une expérience collective fort utile dans le cadre de la Commission intergouvernementale de lutte contre la sécheresse dans cette zone.

Pour ce groupe de pays pourraient être utiles des recommandations sur l'encouragement des productions engageant moins de capitaux que de ressources en travail, notamment des entreprises artisanales [Menching, 1981]. Il est recommandé de les établir aussi bien dans des lieux d'habitat nouvellement aménagés que dans ceux qui existaient déjà, de façon à assurer du travail aux habitants locaux vivant dans les régions exposées à la désertification. Ces entreprises pourraient mettre à profit les matières premières, animales et végétales, locales et autres. En créant ces entreprises, il ne faut pas négliger les difficultés liées à la sédentarisation des peuples nomades et à l'acquisition par ces derniers de nouveaux procédés de travail.

Les différences dans le déroulement et le niveau de l'industrialisation des pays en voie de développement ayant d'importants territoires arides et semi-arides, démontrent que primo, la mise en valeur industrielle des déserts et des semi-déserts est en corrélation avec le niveau et le caractère de la production industrielle et, secundo, que toute réalisation pratique de la stratégie du développement industriel, notamment la création de nouvelles productions modernes, voire d'entreprises isolées, dans un pays en voie de développement à territoire aride représente une tâche complexe. Il s'agit notamment d'élaborer et de réaliser aussi bien des projets industriels, pris en particulier, qu'une politique industrielle globale. Un élément important de cette tâche, c'est l'implantation rationnelle de l'industrie dans les limites d'une ville ou d'une contrée pour assurer l'efficacité économique

de la production, de satisfaire les besoins sociaux locaux, et, en même temps, de contribuer à surmonter ou à aplanir les disproportions territoriales les plus frappantes dans la structure de l'économie nationale (régionale).

Dans l'optique de cette tâche générale, qui revêt dans la pratique des formes extrêmement variées en fonction des particularités de chaque pays, la répartition rationnelle des industries d'extraction et de transformation dans le processus de mise en valeur industrielle des territoires arides et semi-arides, acquiert non seulement une grande importance socio-économique, mais aussi écologique.

En installant certaines entreprises industrielles dans des contrées désertiques et semi-désertiques — bien qu'au début cela provoque d'inévitables altérations du milieu naturel — il devient possible d'utiliser de puissants moyens techniques modernes et des méthodes scientifiques capables de combattre efficacement la désertification, chose impossible pour la production agricole à elle seule.

Aménager des puits de pétrole, construire des mines, des centrales électriques, des routes et des pipe-lines, créer de nouvelles localités urbaines et rurales dans le cadre des programmes régionaux de l'exploitation globale, compte tenu des facteurs écologiques, tout cela est susceptible de permettre une utilisation plus complète des ressources locales en main d'œuvre, le développement de l'alimentation en eau des agglomérations et des entreprises, l'utilisation de nouvelles sources d'énergie en vue d'atténuer les conséquences négatives de l'exploitation industrielle de ces régions. Ainsi, l'Union Soviétique et d'autres pays pétroliers cherchent à éliminer radicalement les pollutions dues au pétrole, fréquentes dans les zones des puits et des villes industrielles, y compris les territoires arides. Le pétrole et les produits pétroliers comportent toute une gamme d'hydrocarbures contenant diverses matières toxiques. Leur rejet dans l'atmosphère, notamment au cours d'accidents, pourrait provoquer de sérieuses contaminations des habitants des centres pétroliers.

Une autre orientation dans la valorisation industrielle des contrées arides et semi-arides, pourrait être une plus grande utilisation de nouvelles sources d'énergie renouvelables, ce dont on parle en détail dans le chapitre précédent. A cet égard est significatif le très intéressant projet algérien d'une «cité solaire intégrale» qu'on se propose de réaliser dans le cadre du programme national de la révolution agraire [Baghdad Ould-Henia, 1978]. L'élaboration de ce projet s'explique par ceci: les ressources de combustibles provenant du sous-sol, suivant les estimations générales, seront épuisées d'ici 2 à 3 décennies. En outre, le pétrole et le gaz naturel constituent une précieuse matière première pour l'industrie pétrochimique nationale, sans qu'il soit possible de les remplacer. En même temps, l'Algérie, tout comme les autres pays sahariens, dispose d'un immense potentiel de nouvelles sources énergétiques, notamment l'énergie solaire. Le nombre des journées ensoleillées s'élève à 300 en moyenne par an, soit 3 500 heures. L'énergie de la radiation solaire en une journée (selon la moyenne annuelle) varie de 4,5 à 7,5 kWh/m²/J, soit l'équivalent de 1 600—2 700 J/cm². Dans la ville d'Ouargla, par exemple, ou à Beni-Abbes, l'insolation aux heures de grand soleil apporte en moyenne 3 600 kJ/m²/h d'énergie so-

laire, ce qui égale, selon les estimations préliminaires, la puissance d'une grande centrale atomique, qui aurait d'ailleurs occupé une superficie bien plus considérable.

Le projet de «la cité solaire intégrale» est appelé à réunir expérimentalement toutes les réalisations scientifiques et techniques en matière d'héliotechnique pour assurer, finalement, les besoins en énergie solaire nécessaires à la production et à la vie courante des habitants d'une cité de type nouveau. Dans le projet se trouvent rassemblés les résultats des études scientifiques interdisciplinaires obtenus dans différents Centres et Instituts de l'Organisation nationale de la recherche scientifique d'Algérie. La mise en pratique du projet aura non seulement une portée technico-économique, mais aussi sociale car on aura obtenu un système moderne d'installation de la population rurale dans les régions arides du pays. Quatre territoires ont été retenus pour y bâtir la future cité. Après l'examen de leurs potentialités hydrauliques, socio-économiques et énergétiques le lieu de El-Hodna, dans la partie centrale de l'Atlas saharien, a été choisi comme répondant le mieux aux critères établis.

L'énergie solaire, éolienne, géothermique et biochimique représente une composante importante de la valorisation complète à venir du territoire des steppes et des déserts algériens avec leur rare population. C'est pourquoi, l'utilisation dans ces conditions de l'énergie solaire pourrait coûter moins cher que la construction d'une ligne de transfert d'énergie ou d'un réseau de distribution avec des gazoducs à des centaines de kilomètres. L'utilisation de ces sources d'énergie permettra d'entreprendre une mise en valeur plus efficace industrielle et agricole des eaux souterraines du Sahara, dont les réserves impressionnantes sont rapportées tant par des hydrologues étrangers que soviétiques [Kounin, Ambroggi, 1968].

Dans de nombreux pays en voie de développement, riches en territoires désertiques et semi-désertiques, une action réussie anti-désertique se combine,

en règle générale, avec l'industrialisation de ces territoires dans le cadre d'une exploitation plus totale des ressources naturelles. Les processus à multiples faces de l'industrialisation ne pourraient, comme auparavant, se baser sur l'utilisation du territoire à une fin unique, ni sur une seule ressource naturelle, si grandes soient ses réserves, ni sur la création pour son exploitation d'entreprises industrielles isolées. L'originalité de chaque pays en voie de développement détermine les voies, les étapes et les moyens concrets pour résoudre ces tâches [Kouprianov, Outkin, 1981].

Bien sûr, les ouvrages industriels uniques peuvent être parfois déterminants pour la formation des structures sectorielles, moins peut-être pour celle des structures territoriales d'un pays en voie de développement. Il paraît cependant qu'un effet plus grand est acquis quand cette entreprise fait partie d'un ensemble industriel, c'est-à-dire de la combinaison d'entreprises chargées d'une fonction économique déterminée, et liées entre elles par des rapports productifs durables. De tels complexes industriels sont, en outre, un élément de formation des régions, ce qui contribue à l'intégration territoriale de l'économie. Il en résulte une impulsion visant à surmonter le retard social et économique des territoires périphériques, marginaux, qui sont souvent des régions arides et semi-arides. Une approche intégrée de la mise en exploitation industrielle des ressources naturelles crée un cadre propice pour le développement de stades technologiquement plus approfondis du traitement des ressources énergétiques et minérales, pour passer à la création d'entreprises de transformation plus modernes.

L'étude industrielle et géographique du territoire ainsi que l'application des recommandations relatives à la création de projets de développement industriel, pourraient devenir un élément constitutif important de la mise en exploitation complète des régions arides et semi-arides dans le cadre de la coopération internationale.

Chapitre VII

LE ROLE DE L'INFRASTRUCTURE DE BASE DANS LE DEVELOPPEMENT INTEGRE DES TERRI- TOIRES ARIDES

S. Chlikhter (URSS)

L'infrastructure représente un sous-système de l'économie nationale; le résultat de son action est la création de conditions générales, indispensables, au même degré, pour le fonctionnement de toutes les sphères de la production sociale et de la vie de la population.

L'essor des forces productives se trouve soit impossible, soit entravé sans un certain niveau de développement de l'infrastructure, tout comme la mise en valeur économique directe et harmonieuse et le peuplement des territoires inhabités. D'un autre côté, l'infrastructure économiquement développée produit un effet de rétroaction en attirant dans les

contrées en question de nouvelles entreprises, en reculant les limites de l'exploitation rentable des ressources naturelles et en élevant le niveau des industries de transformation.

C'est justement une infrastructure optimisée, aussi bien industrielle que sociale, qui permet de considérer de nombreuses régions arides et semi-arides non comme des territoires riches en matières premières, mais comme des ensembles industriels polysectoriels en développement, avec une population constante.

Récemment encore, le rôle de l'infrastructure (notamment sociale) dans la formation de la structure

territoriale de l'économie des régions nouvellement mises en valeur, était sous-estimé; on lui attribuait un rôle passif, le niveau de son développement était toujours fonction de son potentiel de production; d'où des disproportions territoriales et des pertes économiques considérables.

Un développement incontrôlé des industries, des transports, de l'urbanisation aboutissent souvent à une désertification anthropique dans la zone aride. Par contre, en Union Soviétique, et dans certains pays où le secteur d'Etat joue un rôle directeur ou important dans la vie économique, on dispose d'une expérience positive de l'élaboration et de l'application de programmes intégrés pour la mise en valeur industrielle des territoires arides. Ces programmes s'appuient sur des principes sociologiques et écologiques solides et raisonnables. Généralement, ils prévoient la création d'une base énergétique, l'aménagement infrastructural des territoires, la formation d'un système de villes et cités nouvelles, le développement des industries minières et de traitement des minerais, etc.

Ces programmes sont à l'origine de l'utilisation complète des ressources en main-d'œuvre et d'une brusque élévation de la productivité du travail social; de l'alimentation en eau des villes, des industries et de l'agriculture; d'un développement intense et scientifiquement fondé de l'élevage et de l'agriculture, pourvus du matériel le plus moderne; de l'élévation considérable du niveau matériel et culturel de la vie de la population; de l'accumulation des moyens financiers et matériels nécessaires au développement du potentiel économique de la région.

Une très importante condition pour le développement intégré d'une région, surtout aride, disposant en général d'une structure économique territoriale étriquée, c'est la priorité accordée à l'infrastructure de production, c'est-à-dire à un groupe de branches destinées à assurer le fonctionnement des principales industries de production matérielle et des services à la population. L'infrastructure de production inclut les sous-systèmes suivants:

— les transports de tous genres y compris les lignes et autres installations destinées à transférer et à distribuer l'énergie électrique;

— les systèmes d'information et de communication;

— le système d'approvisionnement de la production en ressources matérielles: approvisionnement matériel et technologique, stockage, alimentation en eau;

— l'infrastructure d'ingénierie, y compris tous les types de services d'ingénierie et les transports urbains;

— l'assistance technique: installation et maniement;

— l'infrastructure de la protection de la nature;

— l'infrastructure récréative.

Tous ces sous-systèmes sont liés entre eux des propriétés spécifiques communes, découlant des objectifs de l'infrastructure, — à savoir la mise en place d'un cadre général de production et de vie des gens;

— le taux élevé d'engagement de fonds et de capitaux dans les ouvrages de l'infrastructure; les délais prolongés de leur formation et fonctionnement;

— l'apparition du principal effet économique (à 90%) provenant du fonctionnement de l'infrastructure non en elle-même ou ses branches, mais dans des branches de base (de là, l'opinion couram-

ment admise sur «l'inefficacité» des investissements dans l'infrastructure de production);

— l'impossibilité de séparer la production et la consommation des produits de l'infrastructure, le caractère non matériel de cette production — de là, l'impossibilité d'accumuler, ni stocker, ni conserver, ce qui nécessite la mise en place des capacités de réserves;

— une inégalité considérable — par saisons, mois et journées, — de l'exploitation des éléments de l'infrastructure et de la consommation de ses produits;

— la non-interchangeabilité sur le plan régional et territorial des ouvrages de l'infrastructure de production;

— la suprématie de la structure en étendue et en réseau;

— l'inertie (élasticité) du fonctionnement, liée à un développement discret, ce qui mène souvent à la sous-estimation de la nécessité de nouveaux investissements de capitaux pour renforcer les ouvrages et les réseaux de l'infrastructure;

— l'interchangeabilité fonctionnelle des éléments de l'infrastructure de production: types de transport, transport et stockage, transport et communication, etc. [Chlikhter, 1981].

L'infrastructure de production intègre l'espace économique, intervenant comme principe d'organisation et de liaison de la structure territoriale de l'économie. L'infrastructure de production doit, donc, être traitée comme un ensemble intersectoriel fonctionnel unique, impliquant une gestion pareillement intersectorielle et complexe.

Dans les zones arides, où les terres mises en culture sont particulièrement précieuses, il est très important de pouvoir concentrer des objets linéaires compatibles de l'infrastructure dans ce qu'on appelle «corridors de communication», ce qui permet une économie de territoire d'au moins 10%.

Dans les régions arides un rôle tout particulier revient à l'un des sous-systèmes de l'infrastructure, **l'alimentation en eau**. Les fonds fixes de ce sous-système sont évalués en Union Soviétique à 70 milliards de roubles, soit 8% de tous les fonds fixes de production. Ce sous-système englobe les fonctions d'accumulation, de transport et de répartition des ressources hydrauliques et, sur le plan topographique, est représenté par 3 types — linéaire, ponctuel, et territorial. Les ensembles hydrauliques — systèmes d'irrigation avec installations de prise d'eau, canaux principaux, réservoirs de régulation et canaux d'amenée d'eau, — constituent les éléments essentiels de lutte contre la désertification, et de valorisation des territoires arides.

Parmi les principales sources et techniques d'alimentation en eau dans les régions à climat aride, on peut ranger;

— aménagement de puits de mine et de puits de forage;

— galeries souterraines de collecte d'eau;

— collecte des précipitations atmosphériques;

— aménagement de collecteurs souterrains des eaux douces;

— conduites d'eau principales;

— transfert d'eau par des canaux à ciel ouvert;

— épuration des eaux résiduaires;

— dessalement de l'eau principalement de mer (installations solaires et nucléaires).

Parmi les importants projets étrangers d'alimen-

tation en eau de la zone aride, nous mentionnerons le canal principal Modjerda-Cap-Bon, en Tunisie, qui transportera 160 millions de m³ d'eau du réservoir de Sidi-Salem pour alimenter le Grand Tunis et irriguer 11 000 hectares dans la région du Cap-Bon.

Pour installer un système moderne de distribution d'eau dans la ville de Bagdad, on projette de construire, à 40 kilomètres, sur le Tigre, un ensemble hydraulique qui comprendrait un centre de prise d'eau sur le Tigre, une station de pompage, des installations d'épuration. Pour Er-Riyad, dont la population doit atteindre 1,5 million d'ici à 1983, on a entrepris de construire, en 1980, l'une des conduites d'eau principales les plus longues du monde (466 km), qui pompera 830 000 m³ d'eau par jour à partir des installations de dessalement situées à El-Djoubai, sur le littoral du golfe Persique. On connaît bien la première installation nucléaire de dessalement de l'eau de mer en Union Soviétique, située dans la ville de Chevtchenko, sur la presqu'île de Manghy-chlak.

Une grande importance économique revient au canal Irtych-Karaganda, long de 458 km, qui traverse les steppes arides des régions de Pavlodar et de Karaganda. Le canal est appelé à résoudre de façon totale les problèmes d'alimentation en eau, de développement de l'industrie, du processus d'urbanisation, du développement de l'agriculture irriguée, des habitations rurales et de l'élevage au pâturage sur une superficie de plus de 3,4 millions de ha. Le canal intéresse un territoire où se trouve plus d'un million d'habitants [Borovski, 1981].

L'un des systèmes d'irrigation les plus grands du monde dans la zone aride a été créé en RSS de Turkménie, sur la base du canal Lénine du Kara-Koum. Sa longueur est de 1 100 km, la prise d'eau maximale à la tête du canal dépasse 500 m³/s, et la superficie irriguée est de 550 000 ha. Tout les ans, le canal reçoit 10 km³ d'eau de l'Amou-Daria. Les travaux achevés, le canal sera navigable à partir des ouvrages de tête jusqu'à Achkhabad (800 km). Une situation écologiquement originale, marquée par de hauts indices de rendement biologique, s'est créée le long du canal dans une zone de 10 à 30 km. La conduite d'eau Achkhabad-Derbent, longue de 300 km et alimentée par le canal, a mis fin à la dépendance de l'élevage à l'égard de l'eau des puits, et a permis d'enrichir en herbes les pâturages naturels. C'est ainsi que le canal principal du Kara-Koum, énorme ouvrage d'irrigation, constitue un puissant moyen de lutte contre la désertification [M. Gravé, L. Gravé, 1981].

L'infrastructure de l'alimentation en eau inclut des réseaux et ouvrages d'acheminement, de conditionnement, de réutilisation des eaux, ainsi que d'évacuation et d'épuration des eaux de décharge. Il importe d'élever l'efficacité du fonctionnement de ce sous-système d'infrastructure industrielle en le perfectionnant et en mettant en valeur les réserves d'utilisation de l'eau: meilleure exploitation des terres irriguées; lutte contre les pertes de filtration; accroissement d'adduction d'eau de circulation dans l'industrie; diminution du volume d'eau évacuée grâce aux cycles fermés et circulaires, aux technologies «à sec» et peu résiduelles, baisse de pertes d'eau dans les réseaux.

L'infrastructure de protection de la nature connaît des cadences élevées d'évolution et un accroissement rapide des besoins en capitaux. Dans les conditions

naturelles extrémales de la zone aride, de pair avec le progrès des méthodes technologiques d'épuration des rejets, il est très important de développer les moyens permettant de prévenir les rejets dangereux pour l'environnement, et en premier lieu il faut mettre au point des schémas technologiques d'industries non ou peu résiduelles, ainsi que des systèmes de contrôle écologique en vue de déterminer les charges industrielles et usuelles sur le milieu.

Parmi les sous-systèmes essentiels de l'infrastructure industrielle, signalons encore **les transports**: dans le contexte de la zone aride, ils accomplissent un important rôle d'instrument de mise en valeur, tout en étant un des principaux facteurs de l'organisation économique du territoire, de l'urbanisation sur le plan territorial et de la valorisation démographique en général. Les nouvelles lignes de chemins de fer créent un système de «cités de transports» dans la zone intéressée. Cela permet de distinguer un type particulier de mise en valeur du territoire en fonction de la construction d'ouvrages de transports [Nazarevski, 1981], impliquant de profondes mutations locales de la nature par des facteurs anthropogènes, et une faible modification du reste du milieu naturel.

Sans un système de transports relativement développé, il est impossible de résoudre des problèmes aussi capitaux que l'approfondissement de la division géographique du travail et de la spécialisation régionale, la formation du marché, la mise en valeur des ressources naturelles, les mutations des rapports économiques extérieurs et inter-régionaux. De profondes transformations sociales, l'élévation du niveau et de la qualité de la vie, rendent la population plus mobile; cela est cependant, gêné par un réseau de transports rudimentaire.

Dans de nombreuses régions arides du monde, le système des transports, appelés à pourvoir aux besoins de la population et de l'économie, se trouve encore au stade élémentaire, en demeurant l'une des branches économiques parmi les plus vulnérables. En concevant des ouvrages de transport dans la zone aride, on néglige encore des différences régionales substantielles en besoin de transport pour l'économie et la population; on n'accorde pas assez d'attention au développement progressif, par étapes, des réseaux, à une corrélation économique judicieuse entre le réseau de voies principales et locales, entre les nouvelles constructions et le renforcement, et la modernisation du réseau en place. On est en présence d'un certain arbitraire quand on détermine le niveau économique de l'ouvrage, le montant des investissements, l'importance de la main-d'œuvre et des moyens à engager. On se guide souvent sur le niveau de construction des transports dans les pays et régions industriellement développés.

En planifiant un réseau de transports dans un contexte de moyens financiers et matériels déficitaires, il est nécessaire que les calculs économiques relatifs à chacun des projets, pris en particulier, soient précédés d'études économique-géographiques. Nous avons en vue la mise au point et l'application de critères quantitatifs (indices globaux) d'évaluation des différences par régions: 1) disponibilités du réseau de transports; 2) besoin en services de transports; 3) rapport des disponibilités du réseau et besoin en transports de la région. Si ces principes ne sont pas observés, cela aboutit d'une part, à

la sous-estimation du rôle des transports dans le développement de l'économie et dans l'évolution de la structure territoriale de l'économie, et de l'autre, à des solutions erronées dans les investissements de capitaux, la répartition de la main-d'œuvre et des matériaux; c'est alors qu'on s'écarte de toute approche intégrée dans le choix des projets, et qu'on admet certains projets se voulant «prestigieux» mais économiquement inconsistants. Les publications occidentales traitant des problèmes économiques des pays en voie de développement considèrent souvent les transports comme une «panacée à tout les maux», une clé aux problèmes du développement.

L'application de critères scientifiquement fondés, lors de la planification du développement des transports, est indispensable pour définir aussi bien le volume global de la construction des ouvrages de transport que leur répartition régionale. Il est à noter que de nombreuses enquêtes sur les transports, des études technico-économiques, réalisées par des sociétés étrangères appelées à titre de consultants dans les pays en voie de développement, ne visent même pas à déterminer le taux de densité du réseau, ni dans le pays tout entier, ni sur le plan régional.

Cependant, élaborer des critères objectifs pour évaluer les disponibilités est particulièrement indispensable pour planifier les transports dans les pays en voie de développement, où le choix et les priorités des projets sont souvent dictés d'un côté par les intérêts des pays «donneurs», appelés à financer et à mettre au point les projets, et de l'autre, par des tendances localistes, tribales, de certains politiciens de ces mêmes pays en voie de développement, dont dépend le sort de tel ou tel projet.

Etablir le degré du trafic sur les voies de communication d'un territoire déterminé, avec la population et le potentiel économique qu'il renferme est pour la géographie des transports, un problème très important et encore loin d'être résolu. Pour évaluer les capacités quantitatives du réseau des transports, on se sert souvent de l'indice de densité du réseau par rapport au territoire et à la population, ainsi que par rapport au poids des marchandises transportées. L'insuffisance de ces critères est évidente.

Ces derniers temps, on recourt de plus en plus à l'indice modifié d'Ouspenski — indice combiné représentant le rapport du réseau envers la moyenne géométrique du produit de la surface du territoire, de l'importance démographique et du poids global de la production. B. Krasnopolski a proposé d'appliquer cet indice à l'infrastructure dans son ensemble, caractérisant en valeur la capacité en ouvrages d'un territoire donné [Krasnopolski, 1980]. Dans ce cas, l'indice de capacité est calculé d'après les fonds fixes de l'infrastructure.

Ainsi:

$$K = \frac{F}{\sqrt[3]{P \cdot S \cdot Q}},$$

où F représente les fonds fixes de l'infrastructure en millions de roubles (ou dollars); P, la population; S, la surface du territoire économiquement actif de la région, en milliers de km²; Q, la production globale des entreprises industrielles d'un territoire donné, en millions de roubles (ou dollars).

Par définition, Q devrait inclure aussi bien la production industrielle qu'agricole. Cependant, en

élaborant les indices en question pour planifier le développement du réseau des transports dans les régions arides des pays en voie de développement, on se heurte à des problèmes difficilement surmontables par suite de l'absence ou du caractère non adéquat des données statistiques initiales sur le plan régional. Il s'agit en premier lieu du volume de la production. Ceci force les chercheurs à employer une autre méthode: le niveau du développement du réseau routier est rapporté aux données moyennes relatives à l'intensité du trafic automobile et à la densité de la population, comme reflétant le niveau de développement économique. Deux priorités sont retenues ici: stimuler certaines productions agricoles (diversification en vue d'atténuer la toute-puissance des monocultures) et valoriser de nouvelles régions.

Pour expliciter les différences régionales en capacité du réseau routier, on doit prendre en considération tout le réseau concerné par les statistiques, y compris les routes dites de connexion, permettant l'évacuation des produits agricoles des exploitations paysannes. Le rôle du réseau routier de base est surtout important là où prévaut le type dispersé d'habitations rurales. L'étendue totale du réseau se rapporte à la racine cubique de la superficie du territoire et du carré du chiffre de la population:

$$d = \frac{\sqrt[3]{P^2 \cdot S}}{L},$$

où d est la grandeur reflétant le niveau des besoins de la région en réseau routier; P, le chiffre de la population; S, la superficie du territoire; L, la longueur du réseau routier existant.

Pour rattacher l'évaluation des besoins en routes aux disponibilités en place, on recourt aux données élaborées statistiquement sur l'importance du trafic automobile. Généralement, ces données initiales représentent le nombre d'automobiles ayant passé par un poste de contrôle au cours de 24 heures. On se sert de la formule suivante pour obtenir l'indice de la densité moyenne du trafic dans la région tout entière:

$$T_d = \frac{\sum T_i L_i}{\sum L_i},$$

où T_d représente la moyenne de la densité journalière du trafic sur le réseau routier de la région d, voitures/24h; T_i est la moyenne de l'intensité journalière du trafic à travers le poste de contrôle i, voitures/24h; L_i est la longueur du secteur de la route des deux côtés du poste de contrôle i, km; à l'intérieur de ce secteur, l'intensité de la circulation est considérée comme constant et égale à T_i. Les limites des secteurs sont déterminées d'après les cartes à moyenne échelle. Strictement parlant, la formule en question permet de définir la densité statistique de circulation sur les routes où se trouvent les postes de contrôle. Etendre ces données à l'ensemble du réseau routier, c'est d'abaïsser l'importance absolue des résultats obtenus; cependant, la place de la région donnée quant à la densité de la circulation au niveau national, reste sans changement. Et enfin, l'indice de densité régionale de la circulation pourrait être utilisé pour définir le niveau relatif du développement économique de cette région C_d. Le parcours total des automobiles (en km) sur le réseau routier de la région est rapporté à l'importance de la population:

$$C_d = \frac{\sum T_i L_i}{P_d},$$

où P_d représente le chiffre de la population de la région. Ce qui compte l'activité économique de la population, sa mobilité, le rendement marchand de l'économie — autant de facteurs responsables, dans une mesure ou une autre, du trafic automobile, lequel sur le plan de la quantité dépend également de l'importance de la population, à condition d'exclure les trafics de transit. Si l'on supprime le facteur de l'importance de la population, alors, viennent au premier plan ceux d'ordre économique et social. En quelque sorte, la grandeur de l'indice reflète l'état du réseau routier lui-même. Cependant, le degré de cette influence varie d'une région à l'autre. Et encore, l'étude du trafic permet de définir la circulation sur le plan régional, en déterminant la part (en km) des voitures particulières, des camions et des autobus.

Ainsi, l'étude des différences régionales relatives aux capacités du réseau routier, implique les calculs suivants: 1) celui de la nécessité du développement du réseau routier (grandeur, inverse de la densité du réseau); 2) de la moyenne de l'intensité de la circulation sur le réseau routier de la région; 3) de l'indice de travail du transport par tête d'habitant [Chlikhter, 1975].

Le fonctionnement et le développement des systèmes d'infrastructure, notamment des transports, dans les régions arides et semi-arides comportent de considérables dépenses complémentaires, — financières, matérielles et en travail. Cela est dû à ce que les éléments linéaires de l'infrastructure y sont constamment menacés d'ensablement et d'érosion de la plate-forme.

Il en résulte des irrégularités dans le trafic, le transport est ralenti. Des ensablements particulièrement importants ont lieu dans les régions de barkhans. Les tempêtes de sable, responsables de l'empoussiérement de l'atmosphère, compliquent l'organisation du trafic, provoquent des défaillances dans les systèmes de l'alimentation, de l'équipement électrique et du graissage, usent prématurément certains agrégats. Avec des concentrations de poussière dans l'air supérieures à 10 mg/m^3 , la durée de fonctionnement des moteurs diminue d'environ 8 à 10 fois.

Les ensablements apportent toujours plus de dégâts au fur et à mesure qu'augmentent l'intensité et la vitesse du trafic. L'étude, la construction et l'exploitation d'importants ouvrages d'infrastructure dans les régions exposées aux mouvements des sables impliquent l'analyse et la prise en considération du danger des ensablements. En décidant du type du recouvrement routier, on doit connaître non seulement l'intensité attendue du trafic automobile, mais aussi la concentration des poussières dans l'atmosphère. Selon certaines estimations, l'empoussiérement des territoires attenants à la route et provoqué par le trafic s'élève à 32 kg/ha par mois en moyenne. Les méthodes de protection des routes demandent de faire un tracé adapté au relief et à la dynamique du mouvement des sables, ainsi que de procéder à la protection biologique: plantation d'arbres et d'herbes; aménagement de barrières; traitement de la surface du sable, et interdiction ou limitation de l'exploitation économique d'une bande longeant la route. Selon les spécialistes, la protection biologique est la

plus efficace contre les ensablements [Zakirov, 1980]. Elle s'inscrit dans le cadre de la protection de l'environnement et de la reproduction des ressources naturelles.

En Union Soviétique, ont été élaborés les principes d'une globale protection des ouvrages de l'infrastructure menacés d'ensablement. Les principaux travaux ne se déroulent pas aux endroits d'accumulation du sable, mais dans ceux de déflation et de transfert de ce dernier. Cela permet des économies considérables. La protection complète des voies ferrées menacées d'ensablement ne peut être réalisée que par la mécanisation des travaux de fixation des sables. Dans la zone du chemin de fer d'Asie Centrale ont été faites des plantations de protection contre les sables longues de plus de 600 km, sur une superficie de 14 500 ha; on a réussi à conserver les plantations naturelles s'étendant à plus de 300 km sur une superficie de 125 000 ha; sur de grandes surfaces attenants à la voie ferrée, les excavateurs ont creusé des tranchées de protection.

En protégeant les lieux habités, on est parvenu à combiner les plantations, la protection mécanique et de menues formes architecturales — des écrans horizontaux et verticaux en grilles. Les conditions particulières des zones arides — températures élevées de l'air, radiation solaire intense, fortes concentrations de poussières dans les couches inférieures de l'atmosphère, salinisation des sols — tout cela rend indispensable de modifier les moyens de transport pour élever la fiabilité de leur exploitation.

L'expérience mondiale montre que **l'infrastructure de récréation** joue un rôle de plus en plus important dans la valorisation de nouvelles régions (arides, entre autres). Certains facteurs objectifs, propres aux territoires arides, peuvent dans certaines conditions attirer les touristes, et permettre la formation d'importants centres touristiques. Cela comprend l'aménagement de voies d'accès commodes, la construction de bâtiments d'intérêt, publics de tout un réseau de conduites d'eau, d'électricité, de téléphone et d'égouts. L'industrie du tourisme en se développant amène à la construction et la modernisation des aéroports, des routes, des hôtels, favorise l'aménagement des villes, ce qui exige un effort supplémentaire pour protéger la nature.

C'est ainsi que l'industrie du tourisme se répercute sur le développement de nouvelles régions. Elle permet d'attirer l'argent accumulé par la population des régions économiquement évoluées; on est donc en présence de la redistribution d'une partie déterminée du revenu national, ce qui contribue à l'essor des services, à l'élévation du niveau culturel des populations, donne de nouvelles impulsions aux industries locales.

Le progrès scientifique et technique des infrastructures, dont celle du transport, a suscité de notables modifications dans les tendances à situer les unités récréatives. Récemment encore, elles se concentraient sur d'anciens territoires, ainsi que dans des zones côtières; ces derniers temps, on remarque une tendance à créer des zones de détente, de cure et de tourisme «en profondeur», à l'écart des grands centres. L'aménagement de ces zones éloignées permet de conserver des écosystèmes précieux, et de disperser dans l'espace les fonctions récréatives, ce qui contribue à la qualité de la détente et à l'efficacité accrue de la cure. C'est ainsi qu'à Manghychlak on est en train d'étudier un projet d'utilisation des eaux minérales thermales à des fins curatives. Au sanatorium de Touchibek,

entièrement reconstruit, on soigne les malades en utilisant les propriétés curatives locales. Toujours à Manghychlak, on a pris tout un ensemble de mesures tendant à fixer mieux la population. L'écart entre les besoins accrus d'infrastructure et son développement est surtout frappant dans les nouvelles régions où la question de retenir la main-d'œuvre est tout particulièrement aiguë. L'adaptation et la fixation des populations dans ces régions, tout comme l'amélioration du niveau de la vie, ne peuvent être réalisées en dehors du développement de l'infrastructure, permettant la réduction du temps nécessaire au déplacement et un confort meilleur. Dans les nouvelles régions le nombre des automobiles

augmente relativement vite. On a établi que les propriétaires de voitures habitent en général plus longtemps dans les régions nouvellement mises en valeur que les autres nouveaux-venus. Cependant à la différence du centre du pays, le transport individuel y est davantage utilisé à des fins récréatives. Il s'agit donc d'aménager des routes menant aux centres locaux de repos.

L'infrastructure industrielle, adaptée au «facteur d'aridité», tout en restant une condition importante de la valorisation économique complète des territoires arides, devient en même temps un instrument efficace de lutte contre la désertification anthropique.

Chapitre VIII

LES POPULATIONS DES REGIONS ARIDES ET SEMI-ARIDES DU MONDE

S. Brouk, V. Pokchichevski (URSS)

Au cours des millénaires, l'homme a exploité assez activement les terres arides; en une large bande, elles s'étendent dans l'Ancien Monde de la Mongolie et de la Chine jusqu'à la côte occidentale de l'Afrique; elles se trouvent également — et assez fréquemment — en dehors de cette bande.

Les procédés d'exploitation des terres arides ont différé aussi bien dans le temps que dans l'espace; mais leur côté commun (à commencer par le ramassage primitif jusqu'à l'élevage de diverses espèces de bestiaux et des tentatives d'agriculture «à sec»), c'était le bas rendement par unité de surface. L'irrigation seule — là où elle était possible — pouvait de quelque façon surmonter les aspects négatifs de l'aridité climatique. C'est seulement au XX^e siècle que les progrès dans l'étude du sous-sol des déserts et des semi-déserts ont permis de créer les foyers ou même certains centres, économiquement hautement rentables pour l'extraction du pétrole et du gaz, et, plus rarement, de quelques autres gisements (phosphorite, charbon, soufre, etc.).

Le faible rendement économique des terres arides, issu de l'histoire, a déterminé leurs faibles capacités démographiques absolues. Au cours des siècles, les procédés d'exploitation ont très peu varié, restant en marge du progrès des forces productives. Nous faisons ici abstraction des décennies d'après guerre, lorsque dans le courant économique de plusieurs aires arides et semi-arides entraient de plus en plus de ressources minérales du sous-sol, et que les pays socialistes réalisaient avec succès des programmes intégrés de modernisation de toute l'économie des territoires arides. Cependant, l'utilité économique des zones arides du monde, prises ensemble, était quand même fonction de la production fournie par le bétail mis en pâture. Le cheptel se trouvait limité par la base alimentaire naturelle qui ne faisait le plus souvent que se dégrader sous l'impact du surpâturage et d'autres effets anthropiques.

Avec cela, dans le contexte de leur stagnation, et même de la réduction de leur capacité démographi-

que, le rôle des terres arides dans la répartition des populations humaines n'a fait que décroître au cours de l'histoire: car, hors les limites de ces terres, avait lieu une progression constante des forces productives, qui déterminait l'essor démographique. Actuellement, les rapports (en %, pour toute la Terre) se présentent comme suit:

	Superficie	Population
Territoires arides	20	3
Territoires semi-arides	15	12
Total:	35	15

C'est ainsi qu'actuellement sur un tiers de toute la Terre n'habite que 1/7 ou 1/6 de l'humanité; et, naturellement, les terres arides sont particulièrement sous-peuplées. Au total, dans les régions arides et semi-arides du monde vivent environ 650 millions de personnes (100 millions seulement pour les premières). Sur ce chiffre de 650 millions, 400 millions environ vivent dans les pays d'Asie, plus de 200 millions en Afrique, ce qui constitue 45% de la population de cette région.

Les chiffres susmentionnés attestent clairement qu'en étudiant la situation démographique des régions manquant d'eau, et en considérant ces régions comme des réserves possibles de peuplement, on doit les subdiviser en terres arides et semi-arides. Malgré cette division assez conventionnelle (souvent il y a un passage insensible des unes aux autres); les différences entre elles sont très nettes. La densité de la population rurale sur les terres arides ne dépasse pas en général 0,1 homme par km²; sur les terres semi-arides, ce chiffre s'élève souvent de 5 à 10 personnes par km². Sur les terres arides, les villes sont rares et petites (nous reviendrons plus tard sur le problème des «villes du désert» et leurs particularités); tandis que dans la zone semi-aride, la vie urbaine s'est imposée davantage. Jusqu'à présent, les terres arides connaissent l'élevage nomade et semi-nomade, la vie sédentaire y est concentrée seulement dans les oasis naturelles ou artificielles (en particulier, à proximité

des centres d'extraction minière). Par contre, la vie sédentaire domine sur les territoires semi-arides; là est possible l'agriculture sans irrigation; l'élevage semi-nomade joue généralement un rôle moindre, tandis que les fonctions des villes ne se réduisent pas aux services accordés aux nomades et semi-nomades, mais souvent elles jouent un important rôle économique indépendant.

Outre les différences concernant le degré d'aridité, il faut distinguer, d'une part les territoires possédant une population locale de vieille souche, pratiquant une économie traditionnelle avec par endroits des centres modernes d'extraction minière (qui n'effacent pas le fond d'ensemble agraire et nomade); et d'autre part, les territoires à population récente, équipée en matériel moderne et s'occupant d'une production tout à fait contemporaine dans des entreprises généralement importantes. On trouve le premier type, par exemple, dans la péninsule d'Arabie, le second dans les déserts américains et australiens (dans ce dernier cas se maintient encore par endroits l'économie traditionnelle d'aborigènes peu nombreux). Le haut niveau de mécanisation de l'économie des aires du second type, devenues d'importantes «bases de ressources», permet de ne pas recourir à une main-d'œuvre nombreuse; sur ces territoires désertiques la population reste donc limitée.

Dans l'exposé qui suivra, on parlera surtout des territoires du premier type, bien que l'expérience de l'industrie utilisant un matériel technologique moderne ne manque pas d'intérêt. Nous reviendrons, dans la conclusion de ce chapitre, sur l'appréciation de cette expérience (tant dans les pays socialistes que capitalistes), et sur son application en vue de moderniser l'économie des pays en voie de développement. Nous allons maintenant traiter brièvement de la population des régions arides et semi-arides du monde, où l'accélération des processus de désertification a extrêmement aggravé tous les problèmes sociaux et économiques pour les habitants de ces régions.

La population des territoires arides et semi-arides se subdivise comme on le sait, en population urbaine, rurale sédentaire, semi-sédentaire, semi-nomade et nomade. Tous ces groupes sont en constantes fluctuations, surtout rapides depuis l'après-guerre. C'est ainsi que la population urbaine dans les régions considérées a augmenté de 15 à 35% de 1950 à 1980. En même temps, le nombre des nomades et semi-nomades s'est réduit de moitié; ils ne forment actuellement que 1/10 de la population des zones semi-arides et arides (plus de 90% d'entre eux sont concentrés dans cette dernière). C'est seulement au Sahara et dans les déserts d'Arabie que le nombre des nomades et des semi-nomades dépassent de 1/4 la population générale.

Sur un total de 65 millions de nomades et de semi-nomades, la moitié se trouve en Afrique, et un peu moins de 30 millions en Asie: au Pakistan, en Arabie Saoudite et en Chine (5 millions dans chacun de ces pays); au Soudan (4 millions); en Ethiopie (3,5 millions), en Iran, Afghanistan et Somalie (3 millions dans chaque pays), au Nigeria et en Algérie (2 millions dans chaque pays); au Maroc et en Turquie (plus d'un million dans chaque pays).

Toute la population de ces zones présente des taux élevés de croissance démographique (2—2,5%

par an); mais, suivant les années, cette dernière varie plus que partout ailleurs dans le monde. Ces variations sont dues aux changements rapides de la situation écologique (c'est ainsi que la sécheresse très prolongée dans le Sahel a eu pour résultat une brusque élévation de la mortalité et la baisse de la natalité; ce qui a fait baisser l'accélération de la population de plus du double par rapport aux indices annuels moyens de l'après-guerre). On ne remarque pas de notables différences dans les fluctuations naturelles entre les habitants ruraux et ceux fixés dans les villes ou travaillant dans les industries d'extraction. Le stéréotype du comportement démographique est ici assez stable. A noter cependant que le taux de croissance naturelle des populations nomades et semi-nomades est d'un tiers inférieur par rapport à la population sédentaire.

La dynamique du nombre de la population des territoires arides et semi-arides est souvent influencée négativement par les migrations. La population quitte généralement les zones arides pour aller se fixer dans les zones semi-arides; de ces dernières elle part dans les régions avoisinantes à humidité suffisante, dans les villes maritimes, etc. Un exemple à l'appui en est la réduction durable de la population saharienne (aussi bien des oasis que des aires désertiques et de pacages, où ne vivent que des nomades) à la suite de l'exode dans les régions côtières du Maghreb [Andriano, Mourzaïev, 1964].

L'écrasante majorité de la population des pays arides et semi-arides est musulmane. Sur le plan linguistique, on y note la présence de quatre branches de la famille chamito-sémitique (sémitique, couchitique, berbère et tchadienne) et une partie des peuples des groupes suivants: nigéro-cordophone, saharien, songhaï, turc, mongol, iranien, etc. Parmi les principaux peuples habitant ces régions, se trouvent les Arabes et les Berbères, les Haoussas, Peuls, Touaregs, Amharas, Somalis, Oromos, Toubous, Zagawas, Bedjas, Turcs, Loures, Bakhtiars, Kurdes, Beloudjis, Pushtus, divers peuples mongols, etc.

L'ethnogénèse des peuples vivant sur les territoires arides a été marquée par le type d'économie et de culture dénommé dans la science soviétique «éleveurs de bétail nomades des steppes et des déserts». Ce type a pour particularités les moyens matériels de subsistance qui sont principalement représentés par le bétail (de différentes espèces); le faible rendement des pacages broutés par ce bétail; la haute mobilité des gens suivant leurs troupeaux; la présence de bêtes de monte et de trait (chevaux et chameaux), permettant ces déplacements; des habitations transportables; une alimentation où dominent les produits de l'élevage (viande, lait), et encore d'autres traits ethnographiques.

Nous avons déjà constaté que l'importance numérique des peuples de ce type, au début de leur développement ethnique est en quelque sorte contrôlée par le rendement des pâturages naturels qui, à son tour, influe sur l'importance du cheptel. Avec la mobilité élevée de la population, la baisse de ce rendement a provoqué des migrations massives, entre autres à caractère accapareur. Mais outre ces incursions-transplantations appartenant déjà à un passé révolu, la haute mobilité actuelle de la population contribue à la formation soit de grandes communautés ethniques, étendues sur de vastes territoires, soit de communautés métaethniques composées de peuples proches

(par exemple, les Arabes), marquées par la similitude de leur destin historique, souvent par une compréhension mutuelle linguistique, les mêmes us et coutumes, la même religion, etc.

D'autre part, le niveau peu élevé des forces productives, propre à l'économie et à la culture des éleveurs de bétail-nomades des territoires arides, a freiné l'évolution sociale des peuples faisant partie de ce type, en perpétuant des survivances sociales telles que la division tribale (actuellement, les survivances claniques et tribales persistent presque uniquement chez les peuples nomades et semi-nomades) ou encore les rapports féodaux. Cet état social arriéré se remarque surtout là où la population s'adonne à l'économie traditionnelle nomade ou semi-nomade et se trouve dans la proximité immédiate des centres industriels contemporains.

La question cruciale, et en quelque sorte déterminante pour l'étude des populations des régions arides, c'est l'évolution du mode de vie nomade en mode de vie sédentaire (avec auparavant l'union du nomadisme et de foyers sédentaires) et l'organisation territoriale de l'établissement des populations, dans ses formes futures, surtout rationnellement sédentaires.

Disons tout de suite que, même dans le contexte de la domination totale du mode d'économie et de vie nomade, l'existence de foyers de sédentarisation fut de tous temps socialement obligatoire, du moins depuis l'apparition des rapports marchands dans la vie des communautés nomades. Les centres fixes d'échange des produits de l'élevage contre les marchandises fabriquées par les artisans ou amenées par les marchands des territoires situés en dehors des aires arides peuplées de nomades, sont devenus très tôt une nécessité vitale. Il faut y ajouter le rôle des «villes dans le désert» en tant que centres administratifs, militaires et religieux. La formation de ces villes a été stimulée par l'organisation sociale des «communautés ethniques nomades», qui étaient ou voulaient être, une force militaire et politique opposée aux peuples voisins cultivateurs sédentaires (ou aux communautés ethniques transhumant dans les pâturages connexes).

À l'époque moderne, les foyers de sédentarisation — les «villes du désert» et les villes limitrophes, dont certaines comptent des siècles, voire des millénaires d'existence, — ont souvent une portée mondiale comme centres politiques, religieux et parfois économiques. Elles deviennent également des nœuds de communication, de croisement de routes pour les automobiles qui ont remplacé très souvent les anciennes voies de caravanes.

De plus en plus, les communautés nomades ont socialement besoin de ces centres historiques. Les aires arides sont bordées de villes, dont une des fonctions sont les multiples liens, qui continuent à jouer un rôle important, avec le monde nomade; des villes poussent également au cœur des aires arides. De plus en plus, les communautés nomades adaptent leur mode de vie au rapprochement des centres urbains de la sédentarité.

Les «villes du désert», telles qu'elles se sont formées dans le passé, sont caractérisées par une densité élevée des habitations, qu'on peut expliquer le plus souvent par la valeur de la terre dans les oasis, où d'ordinaire se trouvaient ces villes. Ici, la population cherchait à utiliser tout terrain quelque peu humide pour des palmeraies ou des champs. La

faible étendue des territoires urbains permet d'accéder à pied à la source d'alimentation en eau. Les maisons ont généralement plusieurs étages et de petites cours; elles s'entassent les unes contre les autres; des rues sinueuses et étroites les séparent; cela forme dans la ville une quantité d'espaces ombragés, ce qui améliore subjectivement le climat. Dans le passé, cette planification extrêmement compacte (type «casbah» ou «médiina» contribuait également à la défense).

La capacité démographique des «villes du désert» n'a jamais été très élevée: aux époques antérieures, elle était limitée par les sources naturelles d'alimentation en eau; et elle n'a pas beaucoup augmenté de nos jours, même lorsqu'on a entrepris d'exploiter les eaux artésiennes. Cela s'explique par l'étroitesse de la base économique formatrice de la ville, consistant essentiellement dans le rôle d'intermédiaire entre le «monde nomade» et les marchés extérieurs. Une exception à la règle est formée par les villes-centres religieux qui, grâce aux pèlerinages, accumulent souvent des richesses considérables.

Ce que nous venons de dire concerne surtout les villes du désert «classiques», qui comptent souvent de nombreux siècles d'histoire. Toutes autres sont la planification et la construction de nouveaux centres d'habitation dans les régions arides, qui doivent leur naissance surtout à l'exploitation de gisements. Dans la plupart des pays en voie de développement, entassements ce sont surtout des baraques et ce qu'on appelle des «bidonvilles», avec quelques îlots mieux aménagés où se trouvent les villas des spécialistes européens. Dans les pays socialistes (nous reviendrons sur leurs villes), ce sont surtout des maisons d'habitation confortables, généralement à plusieurs étages, construites en même temps que les entreprises industrielles. Le tracé des rues est libre; l'amélioration du microclimat s'obtient grâce à l'abondance de la verdure, aux fontaines, bassins, etc.

En parlant des agglomérations urbaines dans les régions arides (et, partiellement, dans les régions semi-arides), il ne faut pas oublier qu'elles exercent une influence dans le monde nomade sur les processus sociaux, liés à la désertification. Cet aspect mérite un examen spécial.*

En luttant contre la désertification, il est très important de développer les agglomérations urbaines petites et moyennes. Elles ne doivent pas obligatoirement être créées à partir de rien, mais peuvent être formées par le développement de lieux déjà existants, centres traditionnels des éleveurs de bétail et des cultivateurs sédentaires. C'est ainsi que les zones marginales du Sahara ont beaucoup de ces centres qui comptent quelque 20 000 habitants. Autrefois, ils jouaient un rôle important par rapport au transport et au commerce des caravanes; actuellement, ils acquièrent de nouvelles fonctions. Les avantages du développement de ces lieux sont les suivants:

- a) décentralisation de l'administration;
- b) amélioration d'un enseignement des méthodes avancées de l'économie;
- c) création d'un nouveau stimulant pour l'économie nomade, en intensifiant les anciennes fonctions de transport;

* Pages suivantes ont été prises du rapport de Prof. H. Mensching présenté au symposium à Tachkent au mois d'octobre 1981.

d) baisse du niveau de migration des jeunes ouvriers dans les grandes villes;

e) études et lutte contre la désertification dans les régions touchées en s'appuyant sur les forces locales et grâce à la présence sur place de départements techniques.

Dans le cadre du plan général d'action contre la désertification, ces centres dans les ceintures de désertification, telles que le Sahel, doivent assumer les fonctions suivantes:

Amélioration du commerce du bétail dans la zone touchée par la désertification. La tâche la plus importante pour les centres envisagés est de transformer l'élevage dans la zone en question en une branche commerciale. Pour le faire, il faudra surmonter l'attitude traditionnelle envers le bétail en tant que propriété durable, entretenue et conservée comme un symbole de la richesse et du pouvoir. Aujourd'hui, le cheptel du Sahel dépasse 75 millions de têtes; ce cheptel joue pourtant un rôle insignifiant dans l'économie du marché des pays respectifs. La production de viande est extrêmement basse. Avec un cheptel de plus de 25 millions de têtes, en 1975 l'Ethiopie ne produisait que 187 000 tonnes de viande.

Les carences de la planification et de l'organisation du commerce de marché déterminent des fluctuations considérables des prix au cours du mois; de plus, les nomades sont souvent sous-payés. Cette instabilité du marché s'explique en partie par cette possession «passive» des troupeaux que nous venons de mentionner: c'est seulement quand la vente du bétail au marché commencera à rapporter que cette attitude conservatrice commencera à changer progressivement.

En outre, on cessera de préférer la quantité (l'importance du troupeau) à la qualité (la production de la viande) lorsque les marchands de bétail feront de même. Les bêtes ne pourront parvenir que en bon état lorsqu'on aura mieux développé le système des transports.

Amélioration des transports reliant les centres aux grands marchés et lieux d'approvisionnement. Cette mesure est liée étroitement à la vente du bétail au marché. Les services accordés dans les stations de transports doivent concerver aussi bien les marchands que les propriétaires de bétail. Pour réussir, il faudrait éviter les mesures négatives, par exemple: imposition ou établissement de prix élevés sur l'eau et le foin.

Il est nécessaire également de mettre en place une infrastructure, de façon que les céréales et autres produits alimentaires parviennent d'abord aux centres pour être envoyés ensuite dans les villages éloignés. Dans les villages difficilement accessibles, les prix du blé sont souvent le double par rapport à ceux établis dans les régions accessibles du même pays.

Transformation des produits de l'élevage. Traiter la viande et le lait directement sur place, dans les centres, est même plus important que le transport du bétail. En organisant de simples conserveries de viande dans ces villes, on peut régulariser la demande; cela stabiliserait les prix des produits de l'élevage. Cependant, il est encore plus important de satisfaire les besoins locaux en viande. Malheureusement, même dans les villes situées au cœur des régions d'élevage, le prix d'un kilogramme de viande égale le salaire journalier d'un ouvrier. En planifiant un meilleur traitement du lait, on rencontrera de nombreuses

difficultés. D'une part, le rendement laitier d'une vache dans les régions arides est très peu élevé (500 g en moyenne par jour). D'autre part, cette production n'est pas stable, étant sujette à des variations considérables, tout comme les précipitations pluviales dans le Sahel. Jusqu'à présent, c'est à peine si la production laitière peut satisfaire aux besoins de la population du Sahel.

Un certain progrès a été réalisé en ce qui concerne le tannage des peaux destinées au marché intérieur. La qualité doit être améliorée si on veut donner à cette activité une importance dépassant le cadre simplement régional, et assurer des moyens d'existence à un plus grand nombre d'artisans.

Assistance vétérinaire. Dans les centres envisagés, il convient d'organiser des postes de soins pour la lutte contre les maladies du bétail par vaccination et autres méthodes.

Amélioration de l'alimentation en eau. Pour les réserves en eau potable, on doit tenir compte des besoins non seulement du centre lui-même, mais aussi des villages avoisinants, tout comme du bétail migrant à travers la région. Cependant, l'accroissement des réserves en eau potable devrait aller de pair avec le développement de la région dans son ensemble, de façon à ne pas perturber l'équilibre écologique par l'abondance d'eau potable pendant le passage, alors que les autres ressources sont déficitaires.

Contrôle de l'exploitation du sol et adoption de nouveaux systèmes. Le contrôle des pâturages, de l'agriculture, ainsi que l'exploitation forestière, doivent se faire directement à partir des centres. Pour éviter le surpâturage, le nombre du cheptel doit être contrôlé. En utilisant régulièrement les stations de pompage d'eau, on pourrait régulariser les pâturages. Une surveillance étroite des fluctuations des ressources en pâturage dans différentes régions permettra aux centres de fournir aux éleveurs nomades des informations utiles sur les meilleurs itinéraires selon les saisons, afin d'éviter le surpâturage ou au contraire les charges insuffisantes.

Le contrôle des méthodes de gestion de l'économie forestière doit être également effectué à partir de ces centres. Dans leurs environs, on pourrait organiser la démonstration des méthodes d'avant-garde d'exploitation du sol, adaptées aux conditions locales, afin d'initier les populations à ces méthodes. L'économie forestière doit se développer en tenant compte des besoins locaux en matériaux de construction et en combustible.

Services médicaux. Dans les régions soumises à la désertification, les programmes d'aide en vivres et de développement agricole n'auront pas d'effet prolongé si on ne combat efficacement les maladies frappant d'importants groupes de la population, particulièrement les maladies devenant chroniques. Une assistance médicale adéquate exige un personnel médical — médecins et infirmiers — plus nombreux.

Recherches et formation. L'avantage de la recherche menée sur le terrain c'est que les problèmes de la désertification, spécifiques pour chaque région, seront étudiés de façon concrète et leur solution sera faite sur une base réaliste. Plusieurs projets de développement ont échoué du fait du transfert arbitraire des résultats obtenus d'une région dans une autre, différente quant aux conditions. Les institutions de recherches situées dans de grands centres (chef-lieux de provinces ou capitales) procèdent au contrôle

à distance de l'avance du désert. Il est indispensable de former le personnel aux méthodes de lutte contre la désertification. Ces spécialistes doivent pouvoir gérer les ressources, contrôler l'exploitation de la terre, et enseigner.

Organisation des industries exigeant beaucoup de main-d'œuvre. Au fur et à mesure que se dégradent les ressources foncières, suite de la désertification, on assiste à un afflux constant de main-d'œuvre. Les travailleurs de la terre, émigrent à la ville, y accentuant le chômage. Il est donc d'intérêt national de créer dans les centres des industries exigeant une grande main-d'œuvre et des métiers artisanaux, afin de donner du travail aux gens venus des régions victimes de la désertification. En premier lieu, les entreprises nouvellement organisées sont appelées à traiter les matières premières, végétales et animales, qui existent dans la région: céréales, arachides, sésame, gomme arabique, bois, ainsi que viande, lait, peaux et cuirs, laine.

Actions d'éducation. Aucune mesure de lutte contre la désertification ne saurait être efficace si elle n'est pas accomplie et appuyée par toute la population de la contrée. Pour passer à des systèmes d'exploitation de la terre mieux adaptés aux conditions naturelles locales, il est essentiel de modifier le comportement traditionnel des hommes, formé au cours des siècles. C'est pourquoi, il faut périodiquement expliquer à la population le contenu et le sens des méthodes rationnelles d'exploitation de la terre, ainsi que les formes concrètes de la lutte contre la désertification.

Pour mener à bien ces campagnes d'information, un travail coordonné est indispensable. Dans chaque centre doit se réunir un conseil comprenant les spécialistes locaux des différents services de propagande et de gestion de la culture de la terre, — tels que médecins, vétérinaires, instituteurs, forestiers, éleveurs, agriculteurs, climatologues, hydrologues, pédologues, géographes, écologistes, etc.; — cet organisme est chargé d'élaborer les plans et les méthodes de lutte contre la désertification dans une région donnée, en tenant compte des particularités spécifiques de l'environnement.

Aspects socio-politiques. Il convient de s'arrêter sur les problèmes relatifs aux foyers d'habitat sur les territoires arides, en régimes socio-politiques différents.

Dans les pays socialistes (nous parlerons surtout de l'expérience de l'URSS) la planification intégrée de l'essor économique des régions arides et semi-arides comporte trois éléments essentiels:

1) Les travaux d'irrigation menés sur une grande échelle destinés à liquider, le phénomène lui-même de l'aridité climatique. Il s'agit, d'une part, d'amener le débit des cours d'eau de surface, se trouvant fréquemment hors des limites de la zone aride (redistribution importante de l'écoulement des rivières, grandes et petite); d'autre part, il faut mettre en valeur les disponibilités en eau souterraine. En augmentant considérablement les capacités de peuplement, cette option de modernisation favorise les formes agricoles d'implantation de la population dans les «anciens» déserts (qui ont apparu, en particulier, dans la steppe Golodnaya, en RSS d'Ouzbékistan, ou le long du canal du Kara-Koum, en RSS de Turkménistan).

2) L'évolution progressive des formes nomades traditionnelles des populations autochtones des régions arides, en une forme plus évoluée d'élevage transhu-

mant. Tout en conservant la spécificité sectorielle, en utilisant l'expérience séculaire des éleveurs aborigènes des déserts et des semi-déserts, on, à la sédentarité, peut créer les conditions du passage de la plus grande partie de la population, tandis que seules des équipes de bergers et de zootechniciens se déplacent avec les troupeaux. La capacité productive des pâturages croît grâce à la phyto-amélioration, à la rationalisation du réseau d'abreuvoirs, aux réserves fourragères pour le bétail transhumé (à cet effet, il convient de créer des foyers locaux d'agriculture, ne fût-ce que de petites dimensions); et devient également possible l'élaboration de principes scientifiques de transhumance, d'organisation d'un service vétérinaire, etc. Le nombre des personnes occupées dans cet élevage «modernisé» ne peut augmenter sensiblement (malgré la croissance du cheptel); cependant, on voit apparaître à nouveau des centres de sédentarité où vivent les familles des éleveurs, le personnel du secteur tertiaire et secondaire — services et traitement des produits d'élevage. Plus loin nous parlerons plus en détail de ces centres; disons pour l'instant qu'on arrive parfois à les rattacher aux nouveaux foyers agricoles, surmontant ainsi le phénomène des mini-lieux d'habitat.

3) La formation des «villes à ressources du désert» bien équipées en technique moderne urbanistique (basée sur l'exploitation de gisements minéraux et parfois, même sur l'édification d'une centrale hydro-électrique). La vocation industrielle des villes nouvelles (Navoi, Chevtchenko, Moubarek, Gazli, Gaourdak, etc., en Union Soviétique, Erden en RP de Mongolie, et autres) pourrait être élargie grâce au traitement primaire des minéraux extraits; en dépit des difficultés d'aménagement, d'enverdissement, et d'autres éléments liés à la qualité de la vie, la population de ces «villes à ressources» peut atteindre des dizaines de milliers de personnes. En général, la puissance d'urbanisation est ici, pour beaucoup, fonction de la nature des gisements, et de l'importance de la main-d'œuvre exigée pour leur extraction [Saliev, 1980]. Des nouvelles villes créent un autre et meilleur «climat social» assurant une infrastructure élevée même pour les agglomérations rurales. La création des nouvelles «villes du désert» a fait l'objet de plusieurs publications spéciales; cela nous permettra de ne pas nous étendre davantage.

La combinaison des trois éléments susmentionnés du développement intégré des terres arides dans les pays socialistes n'aboutit pas à la somme, mais en langage imagé, au produit, pour ce qui est du rendement économique et de la capacité d'urbanisation de ces terres. On voit apparaître des systèmes spécifiques d'agglomérations, composés aussi bien de villes que de villages bien aménagés, de différente importance administrative, des réseaux de communication, etc.

Cependant, si l'expérience des pays socialistes a déjà résolu toute une série de problèmes concernant l'urbanisation des terres arides, par contre, pour les villages il en est autrement; personne n'ignore qu'une meilleure exploitation agricole de ces terres est le principal moyen d'élever leurs capacités de peuplement; cette tâche reste très importante pour la plupart des terres arides du monde, surtout pour celles privées de ressources minérales.

L'implantation rurale de la population, lors du passage des formes nomades à celles liées à la transhu-

mance, a tendance à rester, comme le montre l'expérience de l'URSS, en «minifoyers», très insuffisants du point de vue de l'évolution socioculturelle et de l'aménagement du territoire. L'expérience de l'Union Soviétique (par exemple, lors de la réorganisation des foyers d'habitat sur les territoires des pâturages désertiques des régions de Samarkand et de Boukhara) montre [Kovalev et autres, 1962] que la meilleure solution consiste à créer des agglomérations de diverse importance;

1) des agglomérations centrales, relativement importantes, s'occupant d'élevage (généralement issues du regroupement de petites localités, convenablement situées et beaucoup agrandies, parfois reconstruites). Dans les deux cas, il faut assurer un niveau élevé d'aménagement, l'agglomération devant être le centre local de la culture et des infrastructures industrielle et sociale;

2) de petites agglomérations (parfois avec utilisation de petites oasis et autres sources d'eau), mais aussi assez convenablement aménagées, permettant la fixation de familles d'éleveurs de bétail, l'aménagement des pâturages avoisinants et certaines formes de traitement primaire des produits de l'élevage.

Il est souhaitable que les agglomérations du premier type n'aient pas moins de 1,0—1,2 mille personnes (ces centres pourraient englober la majorité de la population rurale d'une zone aride); dans le second type, la population serait de 0,3 à 0,5 mille personnes.

Dans les pays capitalistes développés, la mise en valeur des territoires arides et semi-arides a d'un côté pour objectif d'exploiter des gisements de minéraux importants, (minerai de minéraux non ferreux, minerai d'uranium, etc.), et de l'autre de créer une grosse agriculture hautement spécialisée. Dans la partie aride de l'Ouest des Etats-Unis, on procède souvent à la dérivation de l'écoulement, afin d'alimenter ces régions en eau; le relief montagneux, permettant d'ériger de hauts barrages, facilite ces réorientations et l'aménagement d'importants réservoirs d'eau. On connaît, par exemple, le réservoir de Meed sur le Colorado, l'aménagement hydraulique d'Orowill, dans la Sierra-Nevada, près du barrage de 300 m, véhiculant l'eau pour irriguer la grande vallée de Californie [Polovitskaïa, 1974]. L'agriculture irriguée va de pair, dans les régions arides des USA, avec l'élevage du bétail. Les grands ranchos se contentent généralement des eaux souterraines (elles sont montées soit par des moulinets, soit par des pompes à pétrole). Le trait caractéristique des ranchos, c'est la spécialisation: l'élevage des jeunes animaux, l'engraissement du bétail etc.; dans les fermes qui cumulent, chacune d'elles a un enclos particulier.

L'indice de mécanisation des mines, tout comme des entreprises agricoles, est très élevé; cela détermine un nombre réduit de population dans les régions arides, (de nombreux ouvriers immigrés, dont beaucoup de Mexicains, se louent pour les travaux saisonniers dans les plantations).

L'expérience des Etats-Unis (à quelques différences près, semblable à celle de l'Australie, ou, pour les centres miniers, tout comme pour les fermes, on a amené à recourir aux eaux souterraines), est utile en ce qui concerne les solutions technologiques. Par exemple, la réorientation de l'écoulement des rivières et l'irrigation (bien que, d'après certaines données, jusqu'à 50% des terres irriguées dans les

Etats montagneux soient exposées à la salinisation et à la montée des eaux souterraines [Dmitrievski, Lavrov, 1978]. Sont aussi intéressantes la spécialisation poussée de l'élevage, la climatisation de l'air dans les locaux d'habitation et industriels, ce qui favorise l'afflux de population dans ces nouvelles régions. Or, inviter les pays en voie de développement à se guider sur l'expérience des USA et de l'Australie, basée sur l'introduction dans les régions arides de nouvelles populations, cela signifie leur imposer un taux élevé d'investissements et exiger un haut niveau technologique. Cette expérience n'est donc intéressante que dans des cas particuliers de solutions techniques; elle est presque sans utilité pour résoudre les problèmes spécifiques d'implantation de la population dans les territoires arides.

Les exemples de l'organisation de la lutte contre la désertification dans les nombreux pays en voie de développement sont particulièrement intéressants et instructifs. La réussite des mesures envisagées est déterminée, comme il a déjà été dit, par l'esprit de planification et d'intégration des programmes élaborés, par les réformes sociales et économiques qui les appuient, par l'entérinement de ces programmes, ainsi que par l'importance des fonds dégagés à cet effet.

Une initiative d'une grande envergure — et en même temps simple de conception — a lieu en Algérie où l'on procède à des plantations forestières massives sur les versants sud de l'Atlas Saharien. Il s'agit d'empêcher le désert d'envahir la région des plateaux steppiques où 1/6 de la population algérienne pratique principalement une économie semi-nomade (surtout l'élevage des moutons). Mais c'est seulement une mesure de défensive passive, qui peut fixer la limite actuelle du désert, sans augmenter la capacité économique et de peuplement des steppes sahariennes.

Au Pérou, le gouvernement a entrepris la décentralisation de la population des plaines arides du littoral, limite l'abattage des arbres et restaure les petits systèmes d'irrigation dans les régions semi-arides des Andes. Cependant, il est douteux que ces mesures solutionnent tous les problèmes complexes pour stopper la désertification, sans parler des possibilités d'élever la capacité de peuplement des régions arides.

Dans les contrées désertiques du Yémen pour pallier le manque d'humidité, on recourt principalement aux eaux de la nappe phréatique; or, le forage des puits et l'élévation de l'eau sont confiés à des dizaines de firmes (souvent avec des capitaux étrangers). Les travaux sont faiblement coordonnés; l'aménagement des puits se fait lui-même différemment. «Aucune loi en matière d'utilisation de l'eau ne sera efficace jusqu'à ce que la balance hydraulique de toutes les régions du pays ne soit définie avec précision», — a fait remarquer S. A. Noman, en appelant au contrôle de l'exploitation des eaux souterraines.

Le Centre arabe d'études des zones arides et des terres exposées aux sécheresses (ACSAD) a présenté au Symposium «La lutte contre la désertification par le développement intégré des documents concernant, aussi bien les mécanismes propres à la désertification que les premiers succès obtenus en Syrie, en Irak, en Libye, et d'autres pays arabes [Barkoudah, 1981; Osman, 1981]. Le Programme soudanais de lutte contre la désertification (DECARP) prévoit des mesures rattachées aux activités économiques, telles

que le remplacement des cultures, le contrôle des pâturages, la cessation de la coupe des arbres, etc.; malgré les conclusions du rapporteur F. Akhmad [Akhmad, 1981], il n'est pas clair à quel point ce programme sera réalisé de façon conséquente et autoritaire, et quels sont les facteurs incitant la population à appliquer les modifications suggérées dans son activité économique.

Le Comité de coordination pour l'environnement, créé en 1974 au Nigeria, distingue deux principaux facteurs de détérioration du milieu dans la partie la plus défavorisée du pays, la zone des savanes: l'élevage extensif au pâturage, dont l'ampleur échappe au contrôle, et qui aboutit à la désertification de la savanne; et l'industrie minière (extraction et fonte du minerai d'étain, traitement du colombium); tout ceci a considérablement troublé l'équilibre écologique du plateau Jos [Dmitrievski, Lavrov, 1978].

Parmi tous les pays en voie de développement, c'est l'Inde qui a entrepris les plus importants travaux pour mettre rationnellement en valeur les territoires arides. Cependant, aussi significatives que soient les transformations qui ont déjà eu lieu en Inde, et le nombre croissant d'études scientifiques — en particulier sur les questions de population et de peuplement, — une complète solution des problèmes, exigeant une transformation socio-économique, est encore difficilement atteignable. L'Inde a d'autant plus intérêt à puiser dans l'expérience réussie de l'Union Soviétique.

C'est ainsi que nous sommes en présence, dans les pays en voie de développement, d'un vaste éventail de différentes approches du problème de relèvement des contrées arides. Nous voudrions dire ceci: personne, ou presque, ne conteste les causes anthropiques de la désertification; par contre, dans les programmes proposés aux pays en voie de développement pour combattre la désertification, les recommandations relatives à la réorganisation des formes d'habitat sur les territoires arides font généralement défaut; en même temps, l'objectif de relever la capacité économique et urbaniste de ces terres est, soit explicitement proclamé, soit demeure implicite.

Sous ce rapport, tout porte à considérer la question suivante: peut-on s'attendre à ce que les conséquences écologiques défavorables de l'habitat sur des territoires arides puissent s'affaiblir (en augmentant par cela même la capacité urbaniste de ces territoires) dans le cas d'une diversification plus accentuée des emplois des habitants des déserts et des semi-déserts?

Détourner une partie de la population des emplois traditionnels dans l'économie nomade et seminomade (élevage), c'est très probablement réduire le nombre d'éleveurs, et en quelque sorte atténuer les charges sur l'environnement; cependant, cette charge est principalement déterminée par la quantité du bétail en pâture; si ce dernier ne diminue pas, l'effet sera insignifiant. Or, l'importance du cheptel n'est pas en rapport direct avec le nombre des nomades eux-mêmes. Plus exactement: l'importance du bétail détermine le nombre des éleveurs qui pourraient subvenir à leurs besoins avec la production de l'élevage: un nombre donné d'éleveurs peut entretenir plus ou moins de bétail — ici, c'est la capacité de la base fourragère qui devient un facteur de limitation, plus que les ressources en travail.

D'un autre côté quelles pourraient être les occupa-

tions des gens dans les contrées arides, en dehors de l'élevage? La pratique atteste: que seules des occupations artisanales ne peuvent réussir dont les matières premières sont principalement fournies par l'élevage. Quant aux productions tirant leurs matières premières ailleurs, il est douteux qu'elles puissent être rentables: la main-d'œuvre, la matière première elle-même et les matériaux auxiliaires — l'eau, par exemple — coûteraient beaucoup plus cher dans les régions arides qu'au-delà de leurs limites. Aussi, la diversification réelle des occupations ne serait-elle efficace qu'appliquée aux branches minières, c'est-à-dire qu'elle dépend des disponibilités locales en ressources minérales; mais, ces branches ont un faible taux de main-d'œuvre. Pour les contrées semi-arides, l'élévation du coût de revient, dont nous avons déjà parlé, sera plus faible; c'est pourquoi, cela les concerne moins.

La population des régions arides et semi-arides est le sujet des processus écologiques qui s'y déroulent. De nos jours, ces processus sont sauvages dans la plus grande partie des territoires arides, et conduisent le plus souvent à une rupture de l'équilibre écologique amenant des résultats négatifs; l'homme se trouve sur ces territoires comme un «ennemi de la nature». Une exception est formée principalement par les pays ayant une économie socialiste planifiée, où cette dernière est guidée par la science. Pour que l'homme devienne l'«allié de la nature» au cours de la mise en valeur des territoires arides, deux principales options se présentent:

1) «L'aide» aux phénomènes naturels s'opposant à la désertification (par exemple, la phyto-amélioration, — amélioration de la couverture végétale capable de stopper l'avance des sables, — l'humidification supplémentaire de certains secteurs du désert, au moyen des eaux souterraines ou de l'amenée des eaux de surface d'une autre région, etc.). En s'engageant dans cette voie, il faut en même temps coordonner, voire limiter, l'activité économique dans les déserts: on est tenu de se conformer aux normes scientifiquement élaborées de la pâture du bétail, de l'utilisation des ressources végétales comme combustibles et comme matières premières. Par cela même, on ne peut compter que sur un accroissement relativement lent de la capacité d'urbanisation des terres arides, au fur et à mesure du progrès de la lutte contre la désertification; et encore, il faut veiller constamment au maintien de l'équilibre écologique qui s'établit peu à peu.

Cette voie implique un accroissement de l'action des territoires semi-arides sur les zones arides, généralement bordées par les premières; ce processus doit aboutir au passage progressif de la périphérie des terres arides en catégorie semi-aride, et à l'augmentation de la superficie de ces dernières. Il faut se rendre compte que cette voie est non seulement longue mais aussi coûteuse. Les moyens nécessaires à son application ne pourraient pas provenir de la population des terres arides elles-mêmes; il faudra recourir au financement extérieur (le financement assuré par financement des régions «plus favorisées» a conditionné dans une grande mesure les progrès rapides dans la mise en valeur des terres arides en Union Soviétique).

2) La mise en valeur des ressources, inexploitées auparavant, des contrées désertiques (richesses minérales du sous-sol, et, en perspective, l'énergie des radiations solaires introduites dans le courant

économique par des centrales électriques solaires). Dans ce cas, le désert «produit» lui-même les moyens nécessaires à une amélioration active. Cependant, en mobilisant ces nouveaux moyens locaux on déclenche (c'est souvent le cas) des risques écologiques supplémentaires: la population augmente, les charges sur le milieu s'accroissent; les exploitations minières nécessitent des routes, des oléo-ducts, des lignes de transfert d'énergie, abîmant la couche pédologique qui est également «mortifiée» par des déversements de pétrole, etc. Aussi, dès le début de l'application de la seconde méthode de lutte contre l'aridité, est-il nécessaire de veiller à la «conservation de l'état écologique», ce qui pose pas mal de problèmes. Ensuite, on peut employer les ressources procurées par les nouvelles branches économiques à une bonification active (notamment sous ses formes mentionnées plus haut dans la définition de la «première voie»). Ici la gamme des possibilités est nettement plus vaste: on peut recourir à une amélioration forcée du sol au moyen des engrais, employer des procédés plus perfectionnés d'irrigation (aspersion, par exemple) — en résulteront de nouvelles ressources alimentaires locales; la population peut bénéficier de types d'habitations plus modernes, avec climatisation, ce qui permet d'améliorer le cadre médico-géographique, et ainsi de suite.

Dans l'ensemble, la seconde voie, qui exige des disponibilités en ressources, et qui jusqu'à présent n'est pas applicable partout, permet une extension importante de la capacité d'urbanisation des territoires arides.

La comparaison des deux voies mentionnées ci-dessus témoigne de l'intérêt qu'ont les pays ayant des

territoires arides à encourager les études géologiques et géographiques concernant leurs ressources déjà découvertes ou encore potentielles.

Au point de vue médico-géographique, les territoires arides seront toujours dans l'ensemble peu favorables à l'habitat. Même les populations autochtones, ayant, semble-t-il, «une acclimatation génétique», éprouvent beaucoup de difficultés (sources hydrauliques limitées, tempêtes de sable, monotonie du paysage, etc.). L'adaptation des nouveaux venus aux conditions d'une grande aridité est tout à fait pénible. C'est pourquoi, ils (mais aussi les aborigènes des déserts) tiennent beaucoup à ce que les lieux d'habitat soient dotés de moyens techniques neutralisant (ou amortissant) ces traits négatifs (climatisation de l'air dans les locaux, alimentation illimitée en eau, plantations artificielles, etc.). Au fur et à mesure que les déserts se transforment en territoires semi-arides, le cadre médico-géographique s'améliore considérablement: n'empêche que la «technologie pour surmonter l'aridité» garde toute son importance.

Néanmoins, les territoires arides demeurent l'une des importantes réserves pour l'humanité d'habitat et de développement économique. C'est commettre une erreur méthodologique que d'établir des limites à la capacité d'urbanisation de ces terres: à chaque moment historique (et pour chaque aire prise en particulier), cette capacité sera définie par le niveau du développement et le caractère des forces productives, inséparables du potentiel en ressources — tant celles que la nature renfermait initialement que celles créées par le travail de l'Homme.

Bibliographie

- Note.** Les rédacteurs de la monographie ont tâché d'établir la bibliographie la plus complète et unifiée possible des sources utilisées, malheureusement, ils n'y ont pas tout à fait réussi. Ceci pour des raisons d'ordre organisationnel et à cause des difficultés inévitables en préparant une pareille édition internationale et intersectorielle.
- Abu Orabi G. V.* Désertification et problème des ressources agricoles en Jordanie.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 94—96.
- Ahmed F. H.* Programme de lutte contre la désertification au Soudan.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 86—88.
- Albareda J. M.* Influence des changements de la végétation dans les sols arides. In: Plant Ecology, Arid Zone Research, UNESCO, Paris, 1955, pp. 84—88.
- Alexandrov A. P.* Energie atomique et le processus scientifique et technique. M., Nauka, 1978, 271 p. (en russe).
- Ambroggi R. P.* Water under the Sahara.— *Scient. American*, 1966, vol. 214, No 5, 21—29.
- Andrianov B. V., Mourzaïev E. M.* Quelques problèmes de l'ethnographie de la zone aride.— *Ethnographie soviétique*, 1964, No 4, pp. 81—101 (en russe).
- Antonova K. G.* Dynamique de la végétation liée au pacage. In: Productivité de la végétation de Kara-Koum Central en fonction des régimes différents de l'utilisation. M., Nauka, 1979, pp. 91—156 (en russe).
- Aubreville A.* Climat, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Société des Editions Géographiques, Maritime et Coloniales, 1949, Paris, 255 p.
- Asie Centrale. Caractéristique économique et géographique et problèmes du développement économique. IG de l'Académie des sciences de l'URSS. M., Mysl, 1969 (en russe).
- Babaïev A. G.* Les sables oasiens de la Turkménie et les voies de leur mise en valeur. Edition d'Achkhabad, 1973, 353 p.
- Babaïev A. G., Freikin Z. G.* Les déserts de l'URSS — hier, aujourd'hui et demain. M., Mysl, 1977 (en russe).
- Baghdad Ould-Henia. Village Solaire intégré. Cahiers de la recherche, 1978, No 3, pp. 97—119.
- Baïramov R., Seyitkurbanov S.* Dessalement d'eau à l'aide de l'énergie solaire. Edition d'Achkhabad, 1977, 147 p. (en russe).
- Banco do Nordeste do Brasil. O Nordeste e as Lavouras Zerofilas. Banco do Nordeste do Brasil, S. A. Departamento de Estudos Economicos do Nordeste, Fortaleza, Ceara, 1964, 238 p.
- Barbour G. B.* The loess of China.— *Smithsonian Institution Annual Report*, Publication 2879, 1926, pp. 279—296.
- Barkoudah Y. S.* Influence de la technologie sur le développement de la désertification dans les pays arabes.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., pp. 96—98.
- Barth F.* Ecological relationships of ethnic groups in Swat, North Pakistan.— *American Anthropologist*, 1956, vol. 58, No 6.
- Bilan mondial des eaux et ressources des eaux de la Terre L., 1974, 638 p. (en russe).
- Borovski V. M.* Canal Irtych-Karaganda et son rôle dans le développement agro-industriel du Kazakhstan — Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 63—66.
- Bowonder B.* Forests and development. *Mazingira*, vol. 5, No 2, 1981, pp. 62—71.
- Brinkwort B. G.* Energie solaire pour l'homme. M., 1976 (en russe).
- Burdon D. J., Caporera D. A., Hrabovsky I. P.* The role of ground water in social and economic development: an example in FAO's Near East regional activities on ground water development and use.— In: *The Role of Hydrology and Meteorology in the Economic Development of Africa*. Techn. Papers presented to the ECA/WMO Conf., Addis-Ababa, Sept. 1971, No 301, pp. 264—279.
- Chefter Ya. I.* Utilisation des ressources énergétiques non traditionnelles.— *Mécanisation et électrification de l'agriculture*, 1981, No 7, pp. 1—7.
- Chlikhter S. B.* Sur quelques méthodes quantitatives de recherches dans la géographie du transport des pays en voie de développement.— *VINITI, Recueil géographique* No 5, M., 1975 (en russe).
- Chlikhter S. B.* Rôle d'infrastructure industrielle dans la mise en valeur des zones arides.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 222—227.
- Cloudsley-Thompson J. L.* The expanding Sahara.— *Environmental Conservation*, 1974, 1, pp. 5—13.
- Cooke R., Reeves R. W.* Arroyos and environmental change in the American South-West. Clarendon Press, Oxford, England, 1976, 213 p.
- De Aroz J.* The impact of irrigation and drainage on rural health and sanitation, 1970, p. 15.
- Delwaalle J. C.* La situation forestière dans le Sahel. Bois et forêts des Tropiques, 1977, 173, pp. 3—22.
- Desertification. An overview (A/Conf/74/1). Background document. UN Conference on Desertification, 1977.
- Djanpéïssov P., Djambékov E. O.* Questions de la protection des sols au Kazakhstan.— *Problèmes de la mise en valeur des déserts*, 1978, No 4, pp. 63—69.
- Dmitrievski Y. D., Lavrov S. B.* Problèmes économiques et écologiques des pays capitalistes et des pays en voie de développement. M., 1978 (en russe).
- Dregne H. E.* Dimensions et caractéristiques du processus de désertification dans les zones arides du monde.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 19—20.
- Dregne H. E.* Desertification: man's abuse of the land.— *Journal of Soil and Water Conservation*, 1978, 33, pp. 11—44.
- Écoulement souterrain sur le territoire de l'URSS. Sous la réd. de Koudéssin. Ed. de l'Université de Moscou, 1966, p. 303.
- Erenfeld E.* La Nature et les Hommes. *Le monde*. M., 1973, pp. 204—205.
- FAO Production Yearbook. 1977, v. 31, Rome, 1978.
- Fauck R.* Les sols des climats secs, leurs potentialités spécifiques pour la production alimentaire et les contraintes climatiques primordiales. In: 11 th International Congress of Soil Science. Canada, 1978, vol. 2.
- Freikin Z. G.* Complexes territoriaux de production agricole et leur développement (expérience des recherches au Turkménistan d'Ouest). Ed. Ylym, Achkhabad, 1977.
- Glantz M. H. and Krenz M. E.* Are solutions to desertification in the West African Sahel known but not applied? *Desertification Control Bulletin*, UNEP, 1981, December.
- Glantz M. H. and Orlovsky N. S.* Desertification: a review of the concept. *Desertification Control Bulletin*, UNEP, 1983, December.
- Grave M. K., Grave L. M.* Gros ouvrages d'irrigation et processus de désertification.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 66—70.

- Installations hydroénergétiques. L., *Energoizdat*, 1981, 517 p.
- Jacobsen T., Adams R. M.* Salt and silt in ancient Mesopotamian agriculture.— *Science*, 1958, 128, pp. 1251—1258.
- Kapitsa P.* Suivant les lois de la physique. La crise énergétique nous menace-t-elle.— *Pravda*, 28 novembre 1981 (en russe).
- Kharin N. G., Kalenov G. S.* Etude de la désertification anthropogénique d'après les prises de vue cosmiques. Problèmes de la mise en valeur des déserts. 1978, No 4, pp. 25—28.
- Kovalev C., Tachbekov E., Valyeva R.* Géographie de la population rurale et des localités rurales des districts de Samarkand et Boukhara. Tachkent, 1962, (en russe).
- Kolodin M. V.* Eau et déserts. M., Mysl, 1981.
- Kotchoubēi M. I.* Rôle des recherches pédologiques et organisation du territoire pour la lutte contre la désertification.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 163—166.
- Krasnopolski B. Ch.* Infrastructure dans le système du complexe économique de la région. M., Naouka, 1980 (en russe).
- Kouznétsov N. T.* Problème de l'hydrologie de l'Asie Centrale.— *Izv. de l'Académie des sciences de l'URSS. Série géograph.*, 1964, No 1, pp. 5—13 (en russe).
- Kounin V. N., Ambrodji P.*— Eau sous le Sahara.— Problèmes de la mise en valeur des déserts. 1968, No 3, pp. 87—92.
- Kouprianov A. B., Outkin G. N.* Industrialisation dans le système du développement complexe régional des terres arides et semi-arides.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 218—222.
- Kuo L.T.C.* Agriculture in the People's Republic of China. Praeger Publishers, New York 1976, 288 p.
- Le Houerou H. N.* Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie Méridionale. Algr. Inst. Rch. Sols Université, 510, pp. 1959.
- Le Houerou H. N.* La désertisation des régions arides.— *Recherche*, 1979, No 99.
- Lissitchkin S. M.* Ressources énergétiques du monde. M., Nedra, 1977, 327 p. (en russe).
- Lvoovitch M. I.* Ressources d'eau mondiales et leur avenir. M., Mysl, 1974 (en russe).
- Lvoovitch M. I.* Ressources d'eau mondiales et leur avenir. Hydro-technique et bonification, № 6, 1971. (en russe).
- Marinov N. A., Roubeikin V. Z., Tkatchenko R. I.* Sur la formation et la distribution des ressources naturelles des eaux souterraines douces du continent asiatique.— *Bulletin de MOIP rubr. géol.* 1972, t. 47, cah. 1, pp. 108—120 (en russe).
- Martinez B. J.* Drainage and reclamation of salt-affected soils in the Bardenas area, Spain.— *International Institute for Land Reclamation and Improvement. Publication No 24*, Wageningen. The Netherlands, 1978, 321 p.
- Matlock W. G.* Realistic planning for arid lands. Natural Resource Limitations to Agricultural Development. 1981.
- Meigs P.* Répartition des homoclimats arides et semi-arides dans le monde.— *Hydrogéologie et hydrologie de la zone aride du monde. M.*, 1956, pp. 337—351 (en russe).
- Meinel M. and A., Karpiscak M.* Potential use of Russian thistle (*Salsola Kali L.*) and other weeds as an energy resource, *Arid Lands Newsletter*, 1980, No 11, Tuscon, USA.
- Mensching H.* Création des localités petites et moyennes comme moyen de lutte contre la désertification.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 40—41.
- Mikesell W.* The deforestation of Mount Lebanon.— *Geographical Review*, 1979, 59, pp. 1—28.
- Moumouni A.* Prospects of solar power.— *Ambio*, 1973, 2, pp. 203—213.
- Naveh Z., Dan J.* The human degradation of Mediterranean Landscapes in Israel.— In: F. di Castri and H. A. Mooney (editors), *Mediterranean Type Ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin, 1973, pp. 373—390.
- Nazarevski O. P.* Population et ressources humaines.— *Asie Centrale. Caractéristique économique et problèmes du développement économique. M.*, Mysl, 1969 (en russe).
- Nazarevski O. P.* Types de la mise en valeur des régions arides et semi-arides du Kazakhstan.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 70—75.
- Nazirova B. T., Pouliarkin V. A.* Exploitation agricole des terres dans les régions arides dans la RSS d'Azerbaïdjan.— *Problèmes géographiques du développement régional et planification étatique. Résumés des communications des participants soviétiques du Symposium soviéto-indien. Tbilissi-Bakou*, 1978, Tbilissi, 1978.
- Neidzé V. E., Doréouli N. V., Zonénachvili J. G., Tsagareli G. K.* Développement du système de la répartition de la population rurale en Transcaucasie dans les conditions de la production agricole intensifiée.— *Problèmes géographiques du développement régional et planification étatique. Résumés des communications des participants soviétiques du Symposium soviéto-indien. Tbilissi-Bakou*, 1978, Tbilissi, 1978.
- Nétchaïeva N. T.* Influence du pacage sur les pâturages de Kara-Koum.— *Les déserts de l'URSS et leur mise en valeur*, t. 11, M — L.: Ed. de l'Académie des sciences de l'URSS, 1954, pp. 370—391 (en russe).
- Nétchaïeva N. T.* Les objectifs des recherches en liaison avec l'exploitation des écosystèmes des déserts de l'URSS en élevage de pacage.— *Problèmes de la mise en valeur des déserts*, 1977, No 2 (en russe).
- Nétchaïeva N. T.* Influence du régime d'exploitation sur la végétation de Kara-Koum.— *Problèmes de la mise en valeur des déserts*. 1979, No 6, pp. 8—18 (en russe).
- Nétchaïeva N. T.* Problème de la mise au point des indicateurs de la désertification.— *Problèmes de la mise en valeur des déserts*. 1979, No 4, pp. 18—24 (en russe).
- Newbold C.* Herbicides in aquatic systems.— *Biol. Conserv.*, 1975, v. 7, No 2, pp. 97—118.
- Noman S. A.* Particularités hydrologiques de la République Arabe du Yémen.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 99—104.
- Office of Environmental Planning and Coordination. Country Report: India. Department of Science and Technologie, Government of India, New Delhi, 1977, 71.
- Osman A.* Bonification des terres arides dans les pays arabes.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 98—99.
- Pavlenko V. F.* Complexes inter-sectoriels de l'Asie Centrale. M., Mysl, 1980 (en russe).
- Pantéléïev I. Ya., Goloubev S. M.* Eaux souterraines de l'Algérie. M., Nedra, 1978 (en russe).
- Pearse C. K.* Grazing in the Middle East: past, present and future. *Journal of Range Management*, 1971, 24, pp. 13—16.
- Petrov M. A.* Causes freinant la mise en valeur des déserts et des semi-déserts, protection de leur nature.— *Problèmes de la mise en valeur des déserts*, 1976, No 3—4 (en russe).
- Pogorelski P. V.* Sédentarisation des nomades et développement de l'élevage, Alma-Ata, 1949 (en russe).
- Polovitskaïa M. E.* Aspects économiques et géographiques de l'exploitation actuelle des ressources aquatiques des Etats-Unis.— *Izv. de l'Académie des sciences de l'URSS sect. géograph.*, 1974, No 6.
- The present status of and future prospects for solar energy utilization in Africa. E/CN. 14/NRSTD/E 312, Akkra, 1976.

- Problèmes actuels de géographie des pays en voie de développement. Bilans de la science. Série: La géographie des pays étrangers, t. 7 VINITI, M., 1979.
- Proceedings of the First International Congress on Rangelands, 1978.
- Psomopoulos P.* Désertification and human settlements. EKISTICS 1977, v. 43, No 258.
- Rapp A.* A review of desertization in Africa — Water, vegetation and man. Secretariat for International Ecology, SIES Report, No 1, Stockholm, Sweden, 1974, 77 p.
- Rogers J. A.* Selected dryland areas of the world. Arid Lands Newsletter, July 1981. No 14, pp. 24—25.
- Rozanov B. G.* Problèmes de la détérioration des terres arides du monde et coopération internationale dans la lutte contre la désertification.— Pédologie, 1977, No 8, pp. 5—11.
- Ruddle K., Manshard W.* Renewable natural resources and the environment. Pub. lim. Dublin, Natural Resources and Environment Series. Trycooly Internat. vol. 2, 1981.
- Saliev A.* Les villes de l'Asie Centrale. Tachkent, 1980.
- SIPRI. World Armaments and Disarmaments, SIPRI Yearbook, 1979, London.
- Smith N.* Wood: an ancient fuel with now future.— Worldwatch Paper. 1981, 42 Jan.
- Stebbing E. P.* The threat of the Sahara.— Journal of the Royal African Society, 1937, 36 (Supplement), pp. 3—35.
- Styrikovitch M. A., Spilrein E. E.* Energie. Problèmes et perspectives. M., Energie, 1981, 192 p.
- Sun II:* Proceedings of the International Solar Energy Society. v. 1—3. Ed. Boer Karl W. New-York. Pergamon Press, 1979, 2326 pp.
- Teldechi You., Lesny You.* Le monde aux recherches de l'énergie. M. Mir, 1981, 439 p.
- UN Conference on Desertification. Desertification: An overview. Background document (A/conf/74/1) Nairobi: UNEP
- UNEP. Biogas fertilizer system.— UNEP Report and Proceedings Series, 2, 1981.
- UNESCO. Développement of arid and semi-arid lands: obstacles and prospects. MAB Technical Notes 6. UNESCO, Paris, 1977.
- Vander Pluym, Hank S. A.* Extent, causes and control of dryland saline seepage in the northern Great Plains region of North America. In: H.S.A. Vander Pluym (Editor), Dryland-Saline-Seep Control, Agriculture Centre, Lethbridge, Alberta, 1, 1978, pp. 48—58.
- Weaver I. E., Albertson F. W.* Deterioration of midwestern ranges.— Ecology, 21, 1940, pp. 216—236.
- Weinhart I.* Science ad Technology, 1978, Jan., pp. 4—18.
- Westing A. H.* Warfare in a fragile world: military impact on the the human environment, SIPRI, 1980.
- Wilkinson M. J., Speece M.* Problèmes de l'environnement et du développement des terres arides; examen du projet «L'homme et la biosphère».— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 29—32.
- Widstrand C.* The rationale of nomad economy. Ambio, 4, 1975, pp. 146—153.
- Wisha R.* Energie und biogas. Unsere Umwelt, s.a. 6, No 32, 1979.
- Zaitchikov V. T.* L'Asie de Sud-Ouest: ressources naturelles et développement de l'agriculture. M., Naouka, 1974.
- Zakirov R. S.* Les chemins de fer dans les déserts sablonneux. M., Transport, 1980.
- Zonn I. S., Mrost A. You.* Influence de l'irrigation sur l'environnement. M., 1976, p. 64.
- Zonn I. S., Nossenko I. P.* Niveau moderne et perspectives de développement de la bonification des terres dans les pays du monde. Hydrotechnique et bonification, No 1, 1981.

Deuxième partie



**EXPERIENCE MONDIALE
DE LUTTE
CONTRE LA DESERTIFICATION**

LES APPROCHES SCIENTIFIQUES DE L'ORGANISATION DE LA LUTTE CONTRE LA DESERTIFICATION EN AFRIQUE

M. Gornung (URSS)

La désertification est un des sujets essentiels du livre de G. P. Harroy: «L'Afrique, terre mourante», paru il y a plus de 30 ans [Harroy, 1949]. Ce sujet a été également traité par des géographes, botaniciens et autres savants dans les premières années d'après-guerre [Aubreville, 1949; Barkov, 1951; Stebbing, 1953].

Au milieu des années 1970, le nombre de publications relatives à la désertification en Afrique a beaucoup augmenté, suite à l'action accrue des facteurs négatifs sur l'environnement et l'homme.

Ces nombreuses publications ont porté essentiellement sur des aspects particuliers et des manifestations locales de la désertification en Afrique; seules quelques unes d'entre elles ont préconisé l'organisation de la lutte contre la désertification en Afrique par des méthodes scientifiques complexes. Ces travaux ont confirmé qu'il fallait accorder une égale attention aux conditions et manifestations naturelles de la désertification en Afrique et aux facteurs socio-économiques de ce phénomène.

Sur le plan social et économique, l'Afrique demeure la région la plus arriérée du monde. En témoigne notamment le bas niveau de la production industrielle. Récemment, on a vu s'aggraver en Afrique la situation alimentaire, s'accroître le décalage entre la production des vivres et la consommation par habitant. C'est là sans doute l'un des principaux problèmes économiques et sociaux du développement de beaucoup de pays africains.

La désertification affecte le plus les régions où les ressources nationales et locales — financières, scientifico-techniques et autres, nécessaires à lutter contre la désertification sont particulièrement limitées. Cette action antidésertique est un objectif de plus dans les plans de développement destinés à faire sortir les pays africains de l'état de retard social et économique général. Le sous-développement socio-économique et la désertification créent en Afrique une sorte de cercle vicieux: d'un côté, la désertification va croissant, d'un autre, les obstacles à l'étude des problèmes majeurs de l'environnement deviennent de plus en plus considérables.

La pluviométrie qui subit de fortes mutations accentue la désertification. Les formes et les méthodes d'exploitation du sol, propres aux années de grande humidité et conservées lorsqu'arrivent les cycles d'humidification insuffisante, ne font qu'aggraver les choses. Dans la nouvelle situation climatique, le rôle négatif du facteur anthropogène s'accroît encore, la poussée du sol démographique. Cela est vrai pour l'Afrique, tout comme pour d'autres régions arides des pays en voie de développement.

Dans la zone du Sahel la destruction de la couverture végétale et la baisse du rendement biologique des sols dans cette zone sous l'effet du surpâturage,

des coupes de bois et de la méconnaissance des frontières agronomiques dans l'agriculture sont allées si loin que dans certaines régions aucun assolement (même si les terres demeurent longtemps en jachère) ne semble plus en mesure de rétablir la fertilité du sol.

Les photos spatiales et aériennes de cette zone [Mensching, 1981] font voir partout dans les régions des cultures agricoles traditionnelles, les taches «mortes» des superficies frappées de désertification. A ces pertes de terres aptes à la culture, s'ajoute la baisse rapide du rendement, diminuée de moitié, par exemple dans les régions de l'agriculture «à sec» au Soudan. Parmi les mesures nécessaires pour le secteur rural dans la zone du Sahel, il est question d'une régionalisation spéciale dans les zones exposées à la désertification.

Quelques principes méthodologiques pour établir le schéma régional du développement complexe (intégral) des territoires frappés par la désertification sont élaborés dans la République du Niger [Aboukar, 1981]. Dans ce pays, ils s'appuient sur les facteurs naturels et écologiques, tout comme sur les facteurs socio-économiques; avec cela le schéma est dressé à l'échelle nationale, sans mettre l'accent sur la différenciation territoriale de la désertification et de ses conséquences.

D'après les chercheurs soudanais [Akhmed, 1981], la désertification au Soudan est d'origine anthropogène; mais l'offensive du désert dans ce pays peut être stoppée et ses conséquences effacées. Le Soudan a mis au point un programme (DECARP), comportant tout un ensemble d'actions contre la désertification, depuis la réorganisation de l'exploitation des terres et de l'eau, de l'afforestation, de la fixation des dunes, etc., jusqu'à la création d'agglomérations de type urbain.

En élaborant les principes scientifiques d'étude de la désertification, ainsi que des mesures pratiques de lutte contre ce fléau, on insiste sur une approche territoriale et différenciée envers les manifestations de la désertification. A titre de conclusion pratique, l'on propose «de créer des normes régionales pour les zones et les mécanismes de désertification», permettant de comparer les phénomènes de désertification apparaissant dans des situations similaires en d'autres endroits «en transférant les expériences au niveau des régions» [Mabbutt, 1981].

Cette conclusion est entièrement conforme à la proposition de procéder à une régionalisation spéciale des zones arides de l'Afrique, susceptibles d'accélérer le développement socio-économique optimal dans différentes régions, compte tenu des mesures indispensables de lutte contre la désertification [Gornung, 1981].

En évaluant la réalité africaine, on peut supposer

que les orientations les plus prometteuses de la lutte contre la désertification dans la plupart des régions semi-arides et dans certaines régions arides de l'Afrique seront dans les prochaines années, tout comme avant, des mesures complexes de protection de la nature, tendant à restituer, à conserver et à élargir les ressources renouvelables pour la production agricole. Il importe de stopper ou de diminuer partout en Afrique, et tout spécialement dans les régions arides, l'utilisation de la végétation comme combustible, condition sine qua non pour diminuer la désertification anthropogène sur le continent.

L'ensemble de ces mesures devrait être accompagné de mesures pour optimiser le développement social et économique dans les régions exposées à la désertification. Les projets de caractère industriel peuvent et doivent dans certains cas trouver leur place dans les programmes de développement. Tout porte à supposer, il est vrai, que ces projets dans le système d'actions contre la désertification en Afrique (comme, d'ailleurs dans d'autres régions arides du Monde), seront surtout valables pour les régions où la désertification rend désormais impossible, sur le plan économique ou écologique, l'application des projets de caractère agricole.

Ce que nous venons de dire nous amène à conclure que pour renforcer le caractère scientifique d'une action antidésertique, régulière et efficace, au moyen du développement complexe, il est nécessaire (à côté d'autres recherches en cours ou prévues) et possible d'effectuer une régionalisation géographique intégrale des régions arides de l'Afrique présentant des éléments constructifs. Cette régionalisation doit être fondée sur les particularités naturelles, en tenant compte notamment des ressources de ces territoires et de la possibilité de rétablir les écosystèmes affectés ou de l'irréversibilité de leurs altérations. Elle permettrait de définir avec plus d'objectivité les tendances et les méthodes d'action contre la désertification, les formes de lutte contre ses conséquences et le caractère du développement socio-économique pour chaque «foyer de désertification», dans les zones naturelles particulières de l'Afrique et dans les frontières de chacun des pays, confrontés au problème de la désertification.

Il nous semble que le travail envisagé en vue de régionaliser toutes les zones arides de l'Afrique représente une forme pratique de généralisation (d'organisation) des mesures efficaces, présentes et éventuelles, de lutte contre la désertification, à tous les ni-

veaux, depuis le niveau national et international jusqu'au niveau local. De nombreuses informations relatives aux divers aspects de la désertification en Afrique accumulées au cours des dix dernières années dans le cadre de l'étude de pays particuliers frappés par la désertification, et lors de la préparation et de l'application de divers projets de l'UNESCO, de PNUC, de la FAO, etc., permettent d'entreprendre sans tarder cette régionalisation; dans quelques cas particuliers seulement, elle pourra nécessiter des études supplémentaires sur le terrain, des enquêtes ou la vérification des informations existantes.

Nous voudrions insister à cette occasion sur la grande valeur des comptes rendus publiés en 1979 par le Bureau de la zone aride Soudan-Sahel de l'ONU et portant sur la plupart des 15 pays de ce groupe. Ces publications visant à appliquer le plan d'actions du PNUC contre la désertification, comportent des données de base pour la régionalisation proposée dans le cadre de la partie de l'Afrique la plus menacée par la désertification.

Cette régionalisation, depuis la concertation de ses principes sur la base interdisciplinaire jusqu'au transfert des résultats (sous forme cartographique, par exemple) aux concepteurs régionaux dans les pays africains, est entièrement conforme à la recommandation 18 du Plan d'actions, adopté en 1977 à la Conférence de Nairobi sur la désertification. Cette action entreprise par un groupe de chercheurs deviendrait une forme utile de coopération scientifique internationale sous les auspices du PNUC, avec participation obligatoire à ce travail des spécialistes des pays en voie de développement.

La régionalisation en question permettrait d'évaluer avec plus de compétence et dans les meilleurs délais les nouveaux projets et propositions d'actions contre la désertification pour diverses régions africaines. Ceci nous paraît particulièrement important, car de tels projets ont été avancés et continuent de l'être parfois par des spécialistes cantonnés dans une branche, et ne se rendant pas toujours compte des particularités des manifestations locales des réalités africaines des plans différents.

Les principes méthodologiques de cette régionalisation spéciale des territoires exposés à la désertification (ou menacés par elle) pourraient, bien entendu, s'appliquer non seulement à l'Afrique, mais aussi à d'autres régions des pays en voie de développement.

Chapitre X

REMARQUES SUR L'HOMME ET LA DEGRADATION DES ECOSYSTEMES NATURELS AU MAGHREB

J. Dresch (France)

Bien qu'on ne puisse suivre avec beaucoup de précision l'évolution de la paléo-végétation et de la paléofaune depuis le Pliocène, ce que l'on en connaît permet de constater la permanence d'une faune de savane [Kamps, 1974]. Tout au long du Pléistocène, il y eut

au Maghreb des buffles et des hippopotames, qui ne disparurent qu'au Néolithique, des éléphants jusqu'à l'époque romaine, des antilopes Bubele et Oryx, des gazelles, des lions, des hyènes qui n'ont disparu qu'au XIX^e siècle, des autruches au vingtième.

Quant à la flore des régions montagneuses, elle comprenait des chênes, des saules et des noyers. Dans l'ensemble, la végétation forestière était comparable à celle de la Provence actuelle. Au Pléistocène supérieur, la flore, y compris les chênes verts et les cèdres d'Atlas, (ce qui témoigne de conditions plus humides qu'actuellement) cède la place à une végétation plus sèche. Cependant, dans les régions de haute montagne du Maghreb, le climat étant assez humide et froid pour qu'il y ait des glaciers et que prospèrent des Mammifères paléo-arctiques, venus en période froide (ours, rhinocéros, cerfs); le Sahara septentrional était définitivement devenu un désert dès le début de l'Holocène. Mais au Maghreb, à la période glaciaire tardive et plus tard, au temps de la civilisation ibéro-maure s'étendaient jusqu'au voisinage de la mer, des forêts composées des mêmes arbres qu'aujourd'hui, feuillus comme les chênes (ilex, et autres) le frêne, le pistachier, l'aulne, l'orme, conifères comme les pins (d'Alep et autres), le cèdre, le genévrier oxycèdre et le cyprès.

Le climat devint plus sec après le V^e millénaire, mais si l'on a pu reconnaître, jusqu'à pendant la période historique, des alternances de phases climatiques différentes par les précipitations et les températures, la forêt ne fut ni détruite ni même fondamentalement modifiée par le facteur climatique. Au Sud, par suite de l'aridité croissante, la forêt devient de plus en plus clairsemée, mais les chênes verts, les pins d'Alep, les genévriers oxycèdres ou de Phénicie se conservaient dans les endroits plus humides, dans les vallées, comme ils le font aujourd'hui encore dans les Monts des Ouled-Nail par exemple.

Chacun s'accorde aujourd'hui à reconnaître que cette dégradation impressionnante des biocénoses est d'origine non point climatique, mais humaine, plus encore au Moyen-Orient qu'au Maghreb, sauf dans quelques massifs montagneux. La responsabilité de l'Homme méditerranéen pour les graves conséquences de son activité économique, relative à la dégradation de la nature, est bien connue et ne fait aucun doute. Il faut reconnaître que c'est dans la zone méditerranéenne semi-aride que l'Homme a commencé à transformer le milieu dans lequel il vivait, et la première victime de son activité a été cette forêt clairsemée où se rencontraient une faune de savane abondante et variée et une faune boréale. Chasseur et cueilleur, c'est au Moyen-Orient que, dès le XV^e millénaire, avant notre ère, il a commencé à se construire un habitat fixe, puis il a domestiqué la chèvre et le mouton avant l'âne, les bovins vers le VII^e ou VI^e millénaire, le cheval puis le dromadaire vers le milieu du IV^e millénaire. C'est là que furent «domestiquées» aussi les premières céréales, que fut inventé l'araire, au début du VI^e millénaire; que fut, d'abord en Mésopotamie et en Egypte, pratiquée l'irrigation.

On a pu établir un lien entre ces techniques supposant une organisation collective du travail et le développement des premiers grands états. Le rôle du Maghreb dans cette révolution néolithique fut sans doute plus modeste; mais les fouilles récentes font néanmoins reculer dans le temps les débuts ici de la transhumance pastorale (avant le VII^e millénaire avant notre ère).

Voilà donc bien des milliers d'années que l'Homme méditerranéen a commencé à rassembler moutons et chèvres dans des pâturages, à défricher, à couper du bois pour cuisiner et se chauffer. Les modalités

de la dégradation des écosystèmes méditerranéens et les responsabilités ont varié au cours des siècles. Les historiens s'occupant des civilisations urbaines ont longtemps accusé les «nomades» des steppes, petits nomades, semi-nomades ou transhumants, d'être les principaux responsables de la désertification: le mouton arrache les touffes de graminées en mangeant, la chèvre surtout est chargée de tous les péchés, au point qu'après la guerre son élevage a été interdit ou limité dans les nombreux pays. Mais depuis une douzaine de millénaires qu'elle est domestiquée, qui donc s'est jamais soucié de son alimentation? Elle a pourtant, par rapport à son poids et à son coût d'entretien, un rendement en lait, poil, peau et même viande tel qu'on l'a justement appelée «la vache du pauvre», et que les mesures à son endroit ont été rapportées.

Quoi qu'il en soit, les mauvaises réputations sont durables, et celle des nomades ne fait pas exception. Ibn Khaldoun lui-même a comparé les invasions arabes du XI^e au XIV^e siècles à des nuées de sauterelles: ces tribus auraient détruit systématiquement arbres fruitiers et habitats fixes, et la bédouinisation aurait changé à la fois le cours de l'histoire et le visage du Maghreb. Il ne saurait être question d'innocenter moutons et chèvres, dont le nombre peut dépasser les ressources des biomasses, ni leurs bergers qui coupent des branches pour les nourrir. Mais il est évident que les responsabilités des sédentaires, paysans et citadins, sont beaucoup plus lourdes.

Les paysans ont des chèvres et des moutons qui donnent lait, laine, peau et viande. La consommation de mouton est tellement consacrée par la tradition à l'occasion des grandes fêtes musulmanes, que le Maghreb est désormais obligé d'en importer, car la population augmente sans arrêt en même temps que ses besoins. Le pâturage en forêt est une vieille pratique. S'il est abusif il empêche la régénération. Sinon, il maintient au contraire l'équilibre forestier.

Mais la consommation en bois augmente aussi sous la forme tant de bois de chauffage ou, pour le chêne vert, de charbon de bois que de bois de charpente et de bois d'œuvre. C'est pourquoi, quel que soit le régime politique, le garde forestier est généralement l'un des représentants de l'administration le plus détesté par les ruraux. Le paysan brûle, depuis des millénaires, forêts, garrigues et maquis pour étendre les pâturages et surtout les cultures céréalières. Les périodes de prospérité, de stabilité politique et économique, de croissance démographique ont toujours été néfastes pour la forêt.

Mais le citadin n'a pas de responsabilités moindres. Lui aussi, pendant très longtemps, s'est chauffé au bois et surtout au charbon de bois. Il a hérité des Romains l'habitude de se laver à l'eau chaude, et le hamman est un élément fondamental de la vie urbaine, de chaque quartier. Ces habitudes, en principe louables, l'urbanisation, la sédentarisation et la colonisation agricole, l'extension des cultures font peser sur la période de la paix romaine une lourde responsabilité.

Les périodes brillantes de domination musulmane ne furent pas moins néfastes. Le recul de la forêt, surtout dans les montagnes, la steppisation des plaines a été beaucoup plus marquée au Moyen-Orient qu'au Maghreb. Les exemples les plus remarquables en sont sans doute la forêt de cèdres du Liban, un temps pratiquement réduit au Cirque des Cèdres, et

les vallées où l'on cherche désespérément les derniers chênes qui les couvraient.

Quand, il y a 150 ans, les Français débarquèrent en Algérie, la forêt était un peu mieux conservée. La population n'y dépassait guère, sans doute, 3 millions d'habitants, pas plus de 7 à 8 millions pour l'ensemble du Maghreb car la mortalité due aux épidémies et famines fréquentes était élevée. Au surplus, les modes de production n'étaient dégradants que de façon lente et discontinue. Le nomadisme et semi-nomadisme étaient encore très répandus dans les plaines et les steppes des piedmonts, où la densité de la population était faible. Les transhumants montagnards, au Maroc surtout, trouvaient des pâturages d'hiver dans les piedmonts; nomades et sédentaires, loin de se combattre en permanence comme le veut la légende, échangeaient les produits de leur travail au cours des migrations saisonnières. Les nomades l'été, les transhumants montagnards l'hiver, apportaient aux paysans le fumier sur les chaumes après la récolte ou sur les jachères; les nomades fournissaient une main d'œuvre au moment des moissons et revenaient avec des provisions de grain: aussi n'étaient-ils pas obligés de défricher leurs steppes, sauf quand les conditions du sol ou l'irrigation abondante, due aux crues d'oueds par exemple, étaient particulièrement favorables. Souvent, sur des terrains de parcours, dits plus tard terres collectives, l'assemblée, la djemma tribale, distribuait chaque automne aux chefs de famille des terres bonnes à cultiver en fonction du nombre d'hommes capables de manier l'araire... ou le fusil.

Mais ces cultures sèches de céréales étaient discontinues dans l'espace et dans le temps. Aussi la steppe d'armoise ou d'alfa était-elle, il y a un siècle, une formation végétale dégradée certes, mais qui pouvait néanmoins compter par hectare entre 1 000 et 2 500 kg de fourrage frais. Dans le Tell (nom désignant en Algérie et en Tunisie les terres où l'agriculture «à sec» est possible), humide lui-même, la jachère nue était de règle une année sur deux et l'on y envoyait paître les moutons. Au surplus, le matériel agricole utilisé était partout très léger. L'araire n'est pas une charrue: fait de 2 à 3 pièces de bois, porté sur l'épaule, tiré par deux ânes, si le paysan ne dispose pas d'animal plus fort, il ne retourne pas le sol; c'est un simple grattoir qui permet d'enfouir la semence. Il est si léger qu'il peut être soulevé pour contourner des pierres, des buissons de jujubier ou de palmier doum. De la sorte, l'écosystème naturel de la forêt-steppe ou de la forêt n'était pas complètement détruit et, en cas de friche prolongée, pouvait se reconstituer; à la différence du Moyen-Orient, dans les zones aride, semi-aride ou semi-humide du Maghreb la bouse de vache n'est pas devenue le combustible principal, faute de bois.

L'introduction de nouvelles techniques, l'augmentation de la population, ainsi que des bouleversements économiques et sociaux ont brutalement accéléré au XIX^e et au XX^e siècles cette lente et irrégulière dégradation des écosystèmes maghrébins. Les colons français ont introduit le matériel lourd utilisé en France au XIX^e siècle, la charrue brabant. Munie de l'avant-train, du coutre, du soc et du versoir qui manquent à l'araire, elle retourne la terre à une profondeur deux fois supérieure; son travail, complété par celui des herbes, scarificateurs, sous-soleuses, qui désagrègent les mottes, modifie la structure du sol, élimine les

buissons et les mauvaises herbes, laisse le champ «propre».

On a souvent insisté sur l'opposition entre les deux paysages ruraux. Les champs cultivés à l'araire sont «sales», aux limites imprécises, mais l'écosystème naturel peut se reconstituer si on lui en laisse le temps. Les champs cultivés à la charrue sont «propres», ils offrent un paysage géométrique où les écosystèmes naturels sont irrémédiablement détruits. Cette destruction s'est aggravée quand ont été introduites les techniques américaines du dry farming et de la mécanisation. Les jachères nues sont remplacées par des jachères travaillées: la terre est retournée, hachée par des charrues polysocs et polydisques, ameublie par des scarificateurs et sous-soleuses, plusieurs fois passées et repassées même en été. Certes, ces travaux ont pour résultat moins d'aérer le sol que faciliter la pénétration de l'eau et de diminuer l'évaporation physique. Mais la sécheresse et le vent rendent ces sols sensibles à l'érosion éolienne. Ils s'en vont en poussière, l'humus ne peut se reconstituer, l'engrais chimique devient nécessaire.

L'introduction de la mécanisation et du dry farming par les colons s'est produite au moment où la croissance de la population s'est accélérée, et où les structures sociales traditionnelles ont été de plus en plus ébranlées. Chassés par la colonisation des terres riches des plaines, — environ un tiers de la superficie des terres cultivables en Algérie et en Tunisie, — les fellahs ont défriché de plus en plus les versants des collines et des montagnes jadis réservées au pâturage. La surface des emblavures a été multipliée par quatre depuis le début du XX^e siècle, et la céréaliculture sèche étendue vers les steppes jusqu'à ses limites climatiques possibles, (environ 250 mm de précipitations). La pratique du dry farming dans les plaines a privé les bergers de pâturages annuels, les nomades du Sud de pâturages d'été, les montagnards de pâturages d'hiver. L'extension des cultures aux dépens des formations forestières, la diminution des jachères nues ont eu pour conséquence une dangereuse surcharge pastorale. La destruction des écosystèmes naturels a aggravé les diverses formes d'érosion, ravinement, glissements de terrain, érosion en nappe.

En substituant un type de paysage, une géodynamique nouvelle aux paysages et géodynamiques antérieurs, la colonisation a ainsi provoqué non seulement une crise économique et sociale de la société rurale, mais aussi une crise du milieu naturel qui, après avoir été longtemps ignorée, est maintenant présentée comme une catastrophe.

Car cette situation n'a pas cessé avec la fin de la colonisation. La mécanisation de l'agriculture, progressivement introduite entre les deux guerres mondiales dans les exploitations européennes et les grandes propriétés «indigènes», est pratiquement adoptée aujourd'hui dans toutes les exploitations en dehors des régions montagneuses, quel que soit le régime économique et social. Les petits propriétaires eux-mêmes y ont recours, par location ou par d'autres moyens, variables selon les pays et les régions. Malgré les mesures, souvent spectaculaires, prises dans les trois pays pour protéger la forêt et reboiser, la forêt tellienne continue à reculer: c'est le cas des formations thermoméditerranéennes sclérophylles à olivier et caroubier, des formations à chênes sclérophylles, comme la forêt de chêne liège des Mogods en Tu-

nisie, ou de la forêt de la Mamora près de Rabat au Maroc, qui aurait reculé de plus de la moitié au cours de ces vingt dernières années. Les forêts de pins d'Alep régressent de même dans l'Atlas saharien d'Algérie, comme dans la dorsale tunisienne. Les conifères des montagnes sont eux aussi menacés. Le pin noir de Mauritanie n'est plus qu'une relique au Maroc et en Algérie, comme le sapin du Rif (*Abies maroccana*) et le sapin de Numidie des Babors. Les cédraies du Bou Thaleb et du Cheliah en Algérie auraient régressé de moitié depuis le milieu du siècle. Elles se portent mieux au Maroc, mais disparaissent dans le Haut-Atlas oriental. Le genévrier thurifère du Haut-Atlas central au Maroc est de plus en plus victime de la disparition des pâturages hivernaux de plaine, devenus inaccessibles aux moutons transhumants. Il faut bien trouver du fourrage sur place.

Le plus grave actuellement est peut-être l'avenir de la steppe d'alfa et d'armoïse, elle-même formation dégradée, mais qui fait vivre le gros du troupeau de moutons maghrébins. Pauvre pâturage, puisque les matières sèches par hectare, — 200 à 900 kg selon les sols, les précipitations et le degré de dégradation, —

ne permettent de nourrir qu'un mouton sur 2 à 5 hectares selon les cas, un mouton par hectare étant un maximum rarement atteint. Mais la steppe peut encore être régénérée si elle est mise en défense et traitée selon des techniques maintenant au point. Mais on comprend sans peine les difficultés que rencontrent l'administration et les pasteurs pour en même temps protéger la steppe et augmenter le nombre des moutons, au risque d'aggraver la surcharge pastorale. Ainsi s'expliquent les difficultés de la troisième phase de la révolution agraire algérienne. Or l'appétit de terres de culture céréalière est tel que le tracteur pénètre de plus en plus dans la steppe, jusqu'aux limites de 250, même 200 mm de précipitations, malgré les réglementations administratives. Quand la couverture d'alfa ou d'armoïse descend en dessous de 30%, l'érosion, surtout éolienne, désormais rend la régénération de plus en plus lente et difficile. Le tracteur et la charrue polysocs détruisent l'écosystème steppique sans lui laisser aucune possibilité de se reconstituer et sans lui en substituer un autre. C'est alors qu'on peut parler légitimement de désertification.

Chapitre XI

LA DESERTIFICATION DANS LE SAHEL

H. Mensching (RFA)

Les conséquences de la terrible sécheresse des années 1968—1973 au Sahel sont ressenties jusqu'à présent, attirant l'attention du monde entier sur les ravages subis par l'écosystème des pays du Sahel. Dans cette zone qui s'étend de l'océan Atlantique à l'océan Indien, la désertification affecte ces derniers temps de grandes superficies de la savane. Les ressources naturelles des pâturages et terrains d'agriculture à sec ont subi d'importants dommages. A la suite de la sécheresse, la récolte a été perdue et les pâturages ont subi un grand préjudice, ce qui a provoqué une forte migration de la population, en particulier en direction de la ceinture sud des savanes. Après la sécheresse, une partie de la population est revenue au nord, mais n'a pas pu s'adapter aux nouvelles conditions.

LE CLIMAT ARIDE DE LA ZONE SAHÉLIENNE

La zone sahélienne est caractérisée par toutes les particularités de transition de la savane au climat aride du Sahara. Cela se manifeste au niveau des groupements végétaux, du cycle de l'eau et des processus morpho-dynamiques qui prédominent dans cette zone. Mais en évaluant les diverses particularités régionales et locales de la zone sahélienne et le degré de leur vulnérabilité, il faut surtout considérer la relation «homme-environnement» sous le jour de l'histoire contemporaine.

Le climat sahélien se distingue par une grande variabilité des précipitations d'une année sur l'autre. C'est pour cette raison précisément qu'on ne peut pas

utiliser comme critère d'humidité et du choix de la forme d'exploitation des terres le taux moyen annuel des précipitations. Dans la zone du Sahel, l'écart moyen annuel peut être de 30%. De la sorte, les variations des indices moyens des années pluvieuses et sèches peuvent atteindre 60%.

Dans les stations d'observation météorologiques situées dans les parties marginales du Sahara, telles Tamanrasset et Bilma, ces variations constituent 118% et 134% en moyenne. A cela, il faut ajouter la variabilité locale du climat et de fortes inégalités de répartition des précipitations pendant la saison des pluies. Ainsi les taux moyens annuels de précipitations ne renseignent que très partiellement sur la situation agroécologique de la région.

Les limites climatiques d'agriculture à sec dans la zone sahélienne. Ces limites varient fortement suivant les années ainsi que des étés humides ou sèches. De ce fait leur détermination est très approximative et dépend des données moyennes annuelles mesurées sur une longue période. Cette limite se situe approximativement au niveau de 500 mm de précipitations annuelles et 3—4 mois humides. Ces données sont très conventionnelles parce qu'en réalité la limite de l'agriculture à sec passe plus au nord (fig. 6). Cette situation tient à la forte charge exercée par haute densité de la population dans la zone du Sahel. Les régions des vieilles dunes fixées ont commencé à être mises en culture, en particulier pendant la dernière période humide (1950—1960). Au début de la sécheresse désastreuse de 1969—1973, les petits propriétaires fonciers n'ont pas pu migrer au sud, vers des

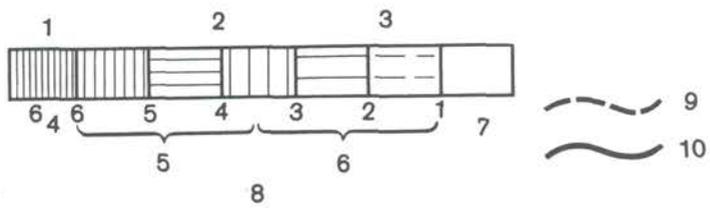
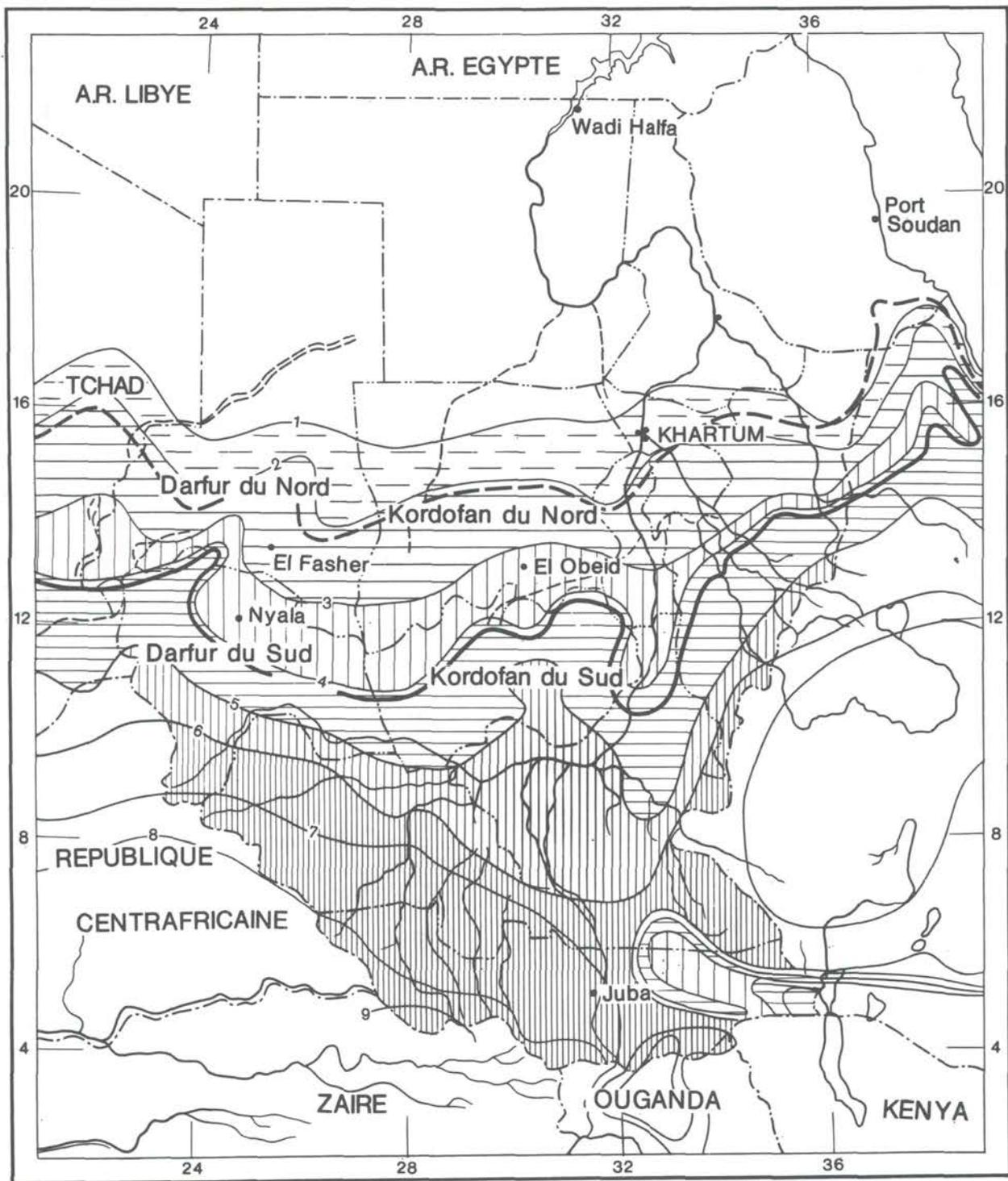


Fig. 6. Zones climatiques et limites d'agriculture à sol au Soudan (par F. N. Ibrahim):
 1 — semi-humide; 2 — semi-aride; 3 — aride; 4 — mois humides (d'après Martonne $\frac{12n}{n+10}$); 5 — savane aride; 6 — savane à épineux; 7 — désert; 8 — Sahel; 9 — limite nord avancée d'agriculture à sec (250 mm); 10 — limite sud d'agriculture à sec (environ 600 mm)

régions plus humides, solidement installés qu'ils étaient dans cette partie écologiquement dangereuse de la zone sahélienne, et en raison des haines tribales qui opposent les ethnies vivant au nord et au sud de cette région.

Les observations réalisées sur l'ensemble de la zone sahélienne ont montré que ce territoire, avec ses 4 mois humides et 600 mm de précipitations moyennes annuelles, faisait partie de la zone d'agriculture aléatoire. Seul l'emploi des méthodes souples d'exploitation des terres, compte tenu des fortes variations de la pluviométrie, peut permettre d'utiliser rationnellement les terres de cette zone. Mais à l'heure actuelle, malgré le caractère limité des ressources naturelles, les paysans sédentaires entretenant un cheptel nombreux, continuent d'étendre inconsidérément la culture du mil.

Les problèmes soulevés par une mauvaise gestion des ressources naturelles. L'exploitation intensive, en particulier dans les écosystèmes fragiles des vieilles dunes, porte un très grave préjudice aux ressources agricoles de la zone sahélienne. Le surpâturage est la seconde cause de la dégradation. Pendant la période relativement humide qui a duré environ deux décennies avant la dernière sécheresse dévastatrice, le cheptel s'est accru dans de très grandes proportions. Simultanément, les plantations de mil ont connu une très grande extension. La lutte pour la terre a finalement conduit à la réduction de la superficie des pâturages, car les meilleurs pâturages se trouvent dans les régions des vieilles dunes fixées par la végétation, qui sont également les plus propices à la culture du mil. Les éleveurs ont été refoulés vers des régions moins favorables et le surpâturage s'est progressivement étendu. On ne pouvait plus pratiquer la rotation des pâturages pour laisser aux vieux terrains pastoraux le temps de se régénérer. De la sorte, la concurrence vitale dans la zone sahélienne conduit à l'exploitation insensée des ressources. C'est encore pis avec les populations menant une vie semi-nomade. Ces groupes ethniques pratiquent à la fois l'agriculture et l'élevage. Ils sont devenus moins mobiles depuis quelques décennies, et leurs pérégrinations à la recherche de pâturage se limitent à quelques régions seulement, ce qui épuise fortement la terre.

Le problème d'alimentation en eau est prépondérant dans la zone sahélienne, non seulement à cause de la pénurie des ressources en eau. Il importe surtout d'ajuster l'alimentation en eau à sa répartition. Dans de nombreuses régions il y a assez d'eau potable, tant pour les hommes que pour les animaux; malgré tout les pâturages sont extrêmement maigres. Il y a également des exemples contraires. L'idéal serait de bien alimenter en eau les bons pâturages, et d'en donner moins aux pâturages épuisés par la désertification. Il en va de même pour la création d'agglomérations autour des points d'eau. C'est pourquoi, le forage de nouveaux puits doit être adapté au plan de développement de toute la région, autrement même en trouvant une nouvelle source d'eau potable, on peut amener plus de mal que de bien.

LA GESTION DE L'EAU DANS LA ZONE SAHÉLIENNE

Dans la zone sahélienne, l'eau est une ressource naturelle indispensable à la vie des hommes, des animaux et des plantes.

1. Eaux de surface et potentiel de leur utilisation. Eléments climatiques et hydrologiques

Il y a seulement trois fleuves qui ne se dessèchent jamais dans la zone sahélienne: le Sénégal, le Niger et le Nil. Les grands oueds ne se remplissent d'eau que pendant la période des pluies d'été, c'est-à-dire de 3 fois par an (année sèche) à 7—8 fois (année humide). Pendant ces périodes, la consommation d'eau est très élevée, et le niveau d'eau dans le lit des oueds commence à baisser deux jours après l'averse. C'est le résultat de l'exceptionnelle variabilité des précipitations, dont on ne peut prévoir la périodicité. Certaines années, il peut y avoir des écarts positifs et négatifs par rapport au niveau moyen. Mais cette variabilité se manifeste parfois sous la forme d'une succession d'années sèches ou humides. Pendant les sécheresses, les cours d'eau peuvent disparaître complètement.

Bien que l'écoulement des oueds soit utilisable pendant une très courte période, ou n'est pas utilisable du tout, il a une énorme importance pour le renouvellement des réserves des eaux de nappe. Cela veut dire que ces deux aspects doivent être pris en considération quand on planifie l'exploitation des ressources en eau.

Utilisation des eaux de surface. C'est dans les dépressions du relief et les oueds que les eaux de surface sont utilisées par l'homme et les animaux, dans la zone sahélienne. Dans cette région, il importe de réaliser au plus vite la régulation de l'écoulement des oueds par la construction de petits barrages en terre, tout en veillant à ce que le miroir d'eau ne soit pas trop grand pour éviter des pertes excessives par évaporation. Il est préférable de disposer d'un réservoir profond. Au cas où de tels réservoirs ne sont pas exclusivement destinés à abreuver les troupeaux, des agglomérations peuvent s'implanter dans le bassin versant. Les réservoirs de ce type se rencontrent souvent en Haute Volta (Burkina Faso); au Niger, ils sont particulièrement fréquents dans les bassins versants des «dallols». Au Soudan, ils sont connus sous le nom de «hafir», et sont souvent de vieilles constructions traditionnelles. Viennent ensuite les «rahad» et «fula» — dépressions naturelles servant à collecter les eaux de pluie, — installations très pratiques, mais exigeant des perfectionnements techniques.

Il serait intéressant d'examiner l'expérience d'exploitation de tels ouvrages, et la façon dont ils s'inscrivent dans les programmes de construction d'ouvrages hydrauliques dans différents pays.

L'aménagement des réservoirs pour la culture saisonnière des tomates et des melons est une question très importante au Sahel. Mais l'utilité de procéder à la construction de tels ouvrages dépend du problème de l'exploitation des produits agricoles.

Une autre question importante ce sont les conditions hydrogéologiques du site où ces ouvrages sont parmi les nombreux oueds. Si le choix est bon, ces ouvrages, assez rudimentaires, permettent de contrôler l'écoulement sur de vastes superficies. Ce fait joue un rôle particulièrement grand, compte tenu des conditions climatiques hydrologiques. C'est pourquoi, l'emplacement des réservoirs sur le bassin versant doit être très judicieux. C'est d'ailleurs le seul moyen de répartir rationnellement l'écoulement et d'obtenir une utilisation adéquate des ressources en eau.

2. Eaux souterraines et leur utilisation au Sahel

Age et origine des eaux souterraines de la zone sahélienne. Dans la zone sahélienne, les eaux souterraines sont généralement associées aux horizons aquifères des grès nubiens (Continental Intercalaire, Continental Terminal).

Les réserves en eaux souterraines sont très insuffisantes dans les roches cristallines. Dans de nombreux cas les horizons aquifères de la zone sahélienne doivent être considérés comme des «eaux fossiles», fruit d'une longue évolution géologique ayant probablement bénéficié d'un climat plus humide. Pour exploiter ces ressources, il faut savoir le rythme de leur renouvellement par infiltration au travers des lits des oueds et des dépressions. C'est pourquoi, la planification de l'utilisation des ressources en eaux souterraines tiendra compte non seulement des réserves disponibles, mais encore des potentialités du bassin versant.

Utilisation des eaux souterraines de faible gisement (forage de puits). Les puits constituent la forme la plus répandue d'utilisation des eaux souterraines. Un réseau trop serré de puits conduit à l'abaissement rapide du niveau des eaux souterraines, fait souvent relevé au cours des dernières décennies. Jusqu'ici une conception unique dans la construction et la situation de tels puits fait défaut au Sahel, et c'est la cause de perpétuelles rivalités et dissensions.

En règle générale, la profondeur de ces puits atteint de 8 à 20 m. Le niveau d'eau y varie fortement suivant la consommation: il est à son maximum pendant la saison des pluies d'été, et à son minimum pendant la sécheresse.

Dans l'ensemble, l'exploitation rationnelle des puits traditionnels est fondée sur l'équilibre existant entre les réserves en eau et la demande; les puits réagissent très rapidement à l'accroissement de la demande. A cause de cela, le risque de désertification est relativement peu élevé dans ces régions, à la différence des régions attenantes aux puits profonds.

Forage de puits profonds. Leur rôle et les conséquences négatives éventuelles. Le matériel de forage moderne permet d'exploiter les eaux souterraines à des profondeurs allant de quelques centaines à un millier de mètres. La découverte à une grande profondeur de réserves considérables d'eaux de nappe, a donné lieu au forage d'un grand nombre de puits. Dans beaucoup de cas, nous ignorons encore les réserves et les conditions de renouvellement de ces eaux. On sait seulement que le renouvellement est souvent très lent. Ce fait importe beaucoup pour la gestion des ressources en eaux souterraines, et nécessite l'application de mesures sévères, ce qui est souvent négligé à l'heure actuelle. A la suite d'un pompage excessif, le niveau d'eau a déjà fortement baissé dans de nombreux puits.

Si l'écoulement des régions sud, où la pluviométrie est plus grande, arrivait dans les horizons aquifères qui alimentent les puits sahéliens, le renouvellement des eaux souterraines serait normal. Mais, malheureusement, c'est plutôt rare, pour la raison que la pente du terrain va surtout du nord au sud, à l'exception de certaines régions montagneuses comme le Jebel-Marra. A l'heure actuelle, on étudie la possibilité de renouvellement des eaux souterraines des piémonts par l'apport des torrents de montagne, ce qui a une grande importance pour le système d'irri-

gation de Sag En-Naam, situé à l'est du piémont du Jebel-Marra.

MESURES DE PROTECTION ET DE RÉGÉNÉRATION DES RESSOURCES NATURELLES DE LA ZONE SAHÉLIENNE

Elaboration de programmes détaillés d'exploitation des terres dans les grandes régions. Ces programmes doivent être fondés sur une connaissance approfondie des ressources agroécologiques des différentes aires d'une région donnée. Les unités écologiques de la zone sahélienne, considérées dans le présent chapitre, peuvent servir de base pour la différenciation agroécologique. Pour la gestion et le contrôle d'utilisation des pâturages, et autres terrains à vocation agricole et la création d'agglomérations permanentes dans une région donnée, il est indispensable d'évaluer la productivité initiale de cette région et les possibilités d'utilisation maximale de ses potentialités écologiques. Les programmes doivent être réalistes et tenir compte des divers aspects sociaux, tant positifs que négatifs.

Développement des pâturages et de l'élevage. Les mesures prises dans ce sens visent à régénérer le tapis végétal, sans quoi un élevage rationnel est impossible. Voici certaines mesures pour atteindre cet objectif:

1) recensement du cheptel et détermination de la capacité fourragère des pâturages existants;

2) régulation du pacage par la rotation des pâturages et des abreuvoirs, le ravitaillement en eau des pâturages et la mise en repos des pâturages épuisés;

3) semis d'herbes sur les pâturages épuisés;

4) amélioration de la qualité des troupeaux;

5) perfectionnement des filières de vente du bétail;

6) amélioration des conditions de production dans l'élevage.

Contrôle de l'agriculture à sec et accroissement de la production agricole dans des conditions favorables. Des mesures s'imposent pour ramener l'agriculture à sec dans des limites agronomiquement acceptables. Cela exige une planification rationnelle des établissements humains. L'accroissement de la production agricole, fondée sur les mesures suivantes, paraît être une bonne alternative:

1) perfectionnement des méthodes agrotechniques d'utilisation de semences de meilleure qualité, d'engrais, d'assolements, et de mesures de contrôle sur l'élevage;

2) meilleure utilisation des eaux de surface et souterraines;

3) meilleure assistance technique; soutien financier aux fermiers, extension des débouchés; aide en équipement industriel;

4) construction d'ouvrages d'irrigation dans des régions appropriées, pour satisfaire les besoins de la population en produits agricoles dans les années sèches (au moyen de la conservation et du stockage des produits).

Préservation, protection et régénération de la végétation par la plantation de forêts. Ces mesures visent à éviter les bouleversements écologiques, à préserver la productivité des sols et à pourvoir la population rurale en bois de construction et de chauffage. La préservation de la végétation favorise également

l'amélioration de la balance de l'eau et la fixation des dunes de sable. Nous avons jugé utile de citer certaines mesures dans le domaine de la sylviculture:

1) plantation combinée d'arbres et de céréales (Acacia albida et sorgho), et rotation des plantations d'Acacia du Sénégal, de mil et de cultures fourragères;

2) accroissement de la production de fourrages par la plantation d'arbres et arbrisseaux particuliers;

3) plantation d'essences arbustives destinées à approvisionner la population en bois de chauffage, charbon de bois et bois d'œuvre pour la construction d'habitations, de clôtures et fabrication d'outils;

4) fabrication d'autres catégories de produits (gomme arabique, fruits, matériel de pansement, graines, fibres etc.);

5) plantations d'essences répondant aux besoins de la population;

6) utilisation des méthodes les plus économiques de coupe, de transport et de vente du bois de chauffage et du charbon de bois;

7) économie de bois de chauffage et de charbon de bois par la création de poêles plus perfectionnés; 8) développement des énergies de substitution (solaire, éolienne, etc.).

Développement des centres d'exploitation organisée, de protection et de régénération des ressources naturelles. Ces mesures visent non pas à implanter de nouvelles agglomérations, mais à développer les centres traditionnels qui se trouvent dans la zone des échanges entre les éleveurs nomades et les petits fermiers. C'est à partir de ces centres qu'on doit déployer l'effort de réorganisation du système d'exploitation des terres, de lutte contre la désertification, de protection des terres, de préservation et d'une meilleure utilisation des ressources naturelles, enfin de promotion du développement économique. C'est également de là qu'il faut lancer les diverses campagnes d'explication, afin que la population se rende compte du danger du préjudice causé à l'environnement et de la nécessité de la lutte contre la désertification.

Chapitre XII

EXPERIENCE D'UTILISATION DES TERRES ARIDES EN TANZANIE

M. Darkoh (Kenya)

L'ENVIRONNEMENT ET LES PROBLÈMES DE LA DÉSSERTIFICATION ET DE L'ÉROSION DES SOLS

En Tanzanie, sont considérées comme arides et semi-arides les régions à pluviométrie moyenne de 200 à 800 mm (fig. 7). Il s'agit en l'occurrence des terres marginales à faible rendement. La majeure partie des précipitations arrive au sol sous forme de pluies torrentielles de courte durée et est perdue à la suite de l'écoulement rapide et d'une forte évaporation et transpiration. Le tableau 25 montre les données moyennes mensuelles relatives à la pluviométrie, évaporation et température de l'air pour deux régions (Mpwapwa et Dodoma) situées au cœur de la zone aride et semi-aride.

La saison sèche y dure de mai à novembre (moins de 50 mm de précipitations) et la saison des pluies de décembre à avril. Les écarts sont assez considérables en ce qui concerne les moyennes annuelles des pluies. La fig. 8 montre la répartition des précipitations dans la région de Dodoma depuis 45 dernières années. La moyenne annuelle des pluies est

donc égale à 570 mm. Calculées d'après Penman, les moyennes mensuelles d'évaporation sont supérieures aux moyennes des pluies cependant que l'évaporation potentielle et le déficit en eau sont à leur maximum en octobre étant de 229 et 224 mm respectivement.

Les terres arides et semi-arides occupent 45 à 75% de toute la superficie de la Tanzanie qui constitue environ 884 000 km². Ces terres sont essentiellement localisées dans la partie centrale du pays qui comprend les régions attenantes à la nouvelle capitale de Dodoma, le bassin du lac Victoria (Sukumaland) et le territoire des Masaïs s'étendant vers le nord, en direction de la frontière avec le Kenya.

La population des terres arides s'élève à près de 3 millions de personnes qui vivent d'agriculture et d'élevage. A cause des difficultés provoquées par la faible pluviosité et la mouche tsé-tsé, on ne cultive que moins de la moitié des terres arides et semi-arides, le reste étant occupé par les pâturages. Le maïs, le mil, le manioc et l'arachide sont les principales cultures destinées à la consommation intérieure. Par endroits, le long de la ligne centrale de chemin de

Tableau 25

Caractéristiques climatiques (station des recherches de Mpwapwa)

Caractéristiques	Mois												Année
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Précipitations, mm	151	138	145	81	28	2	1	0	1	4	28	109	688
Evaporation, mm	167	153	160	149	160	150	160	188	210	229	208	188	2123
Température, °C	23,8	23,7	23,5	23,1	22,1	20,5	19,8	20,5	22,1	23,5	24,8	24,6	22,7

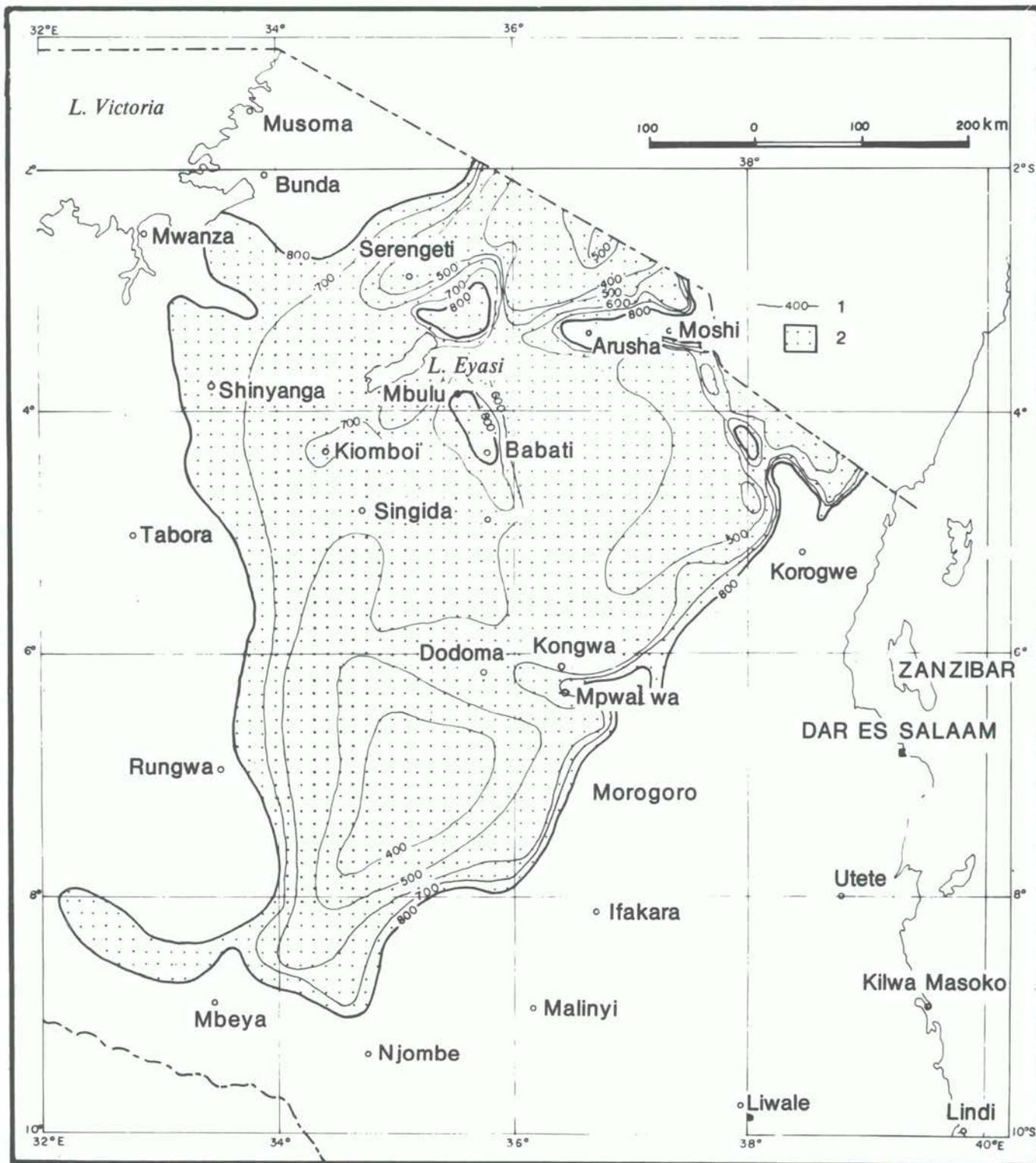


Fig. 7. Arides et semi-arides régions en Tanzanie:
 1 — moyenne annuelle des précipitations (mm); 2 — régions sujettes à la désertification

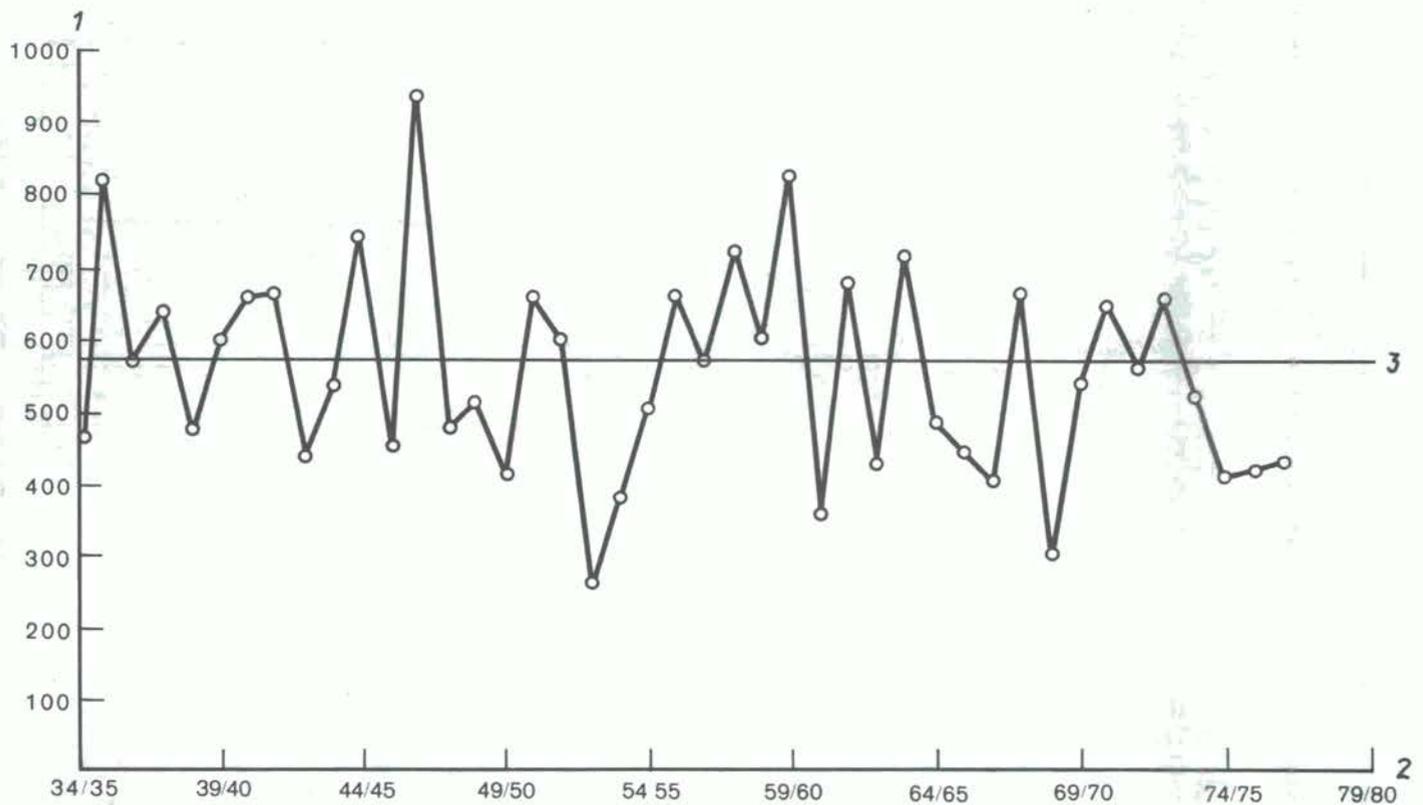


Fig. 8. Précipitations atmosphériques au Dodoma. Répartition suivant les saisons (de septembre à août):

1 — précipitations en mm; 2 — répartitions par saisons; 3 — norme à long terme

fer, dans les régions de Kilosa et de Morogoro on cultive le sisal destiné à l'exportation. Il y a également quelques plantations de coton et tabac dont les récoltes sont vendues à l'étranger. Les deux régions susmentionnées recèlent des gisements exploitables d'or et de diamants. Les mines d'or sont situées dans la région lacustre à proximité de Singida (province centrale) et dans celle de Lupa entre les monts Livingstone et le lac Rukwa. Les diamants sont extraits à Mwadui, près de Shinyanga.

Le phénomène de désertification se manifeste nettement sur toutes les terres arides et semi-arides. Dans la zone aride centrale entourant Dodoma, la désertification se manifeste par la formation de ravins sur les pentes et l'érosion des terres basses provoquées par la destruction de la couche fertile et le ruissellement intense. Au nord-ouest du pays, notamment dans les régions de Singida, Shinyanga, Mwanza et du lac Occidental la désertification se signale par l'apparition de surfaces pierreuses ou rocheuses due au dénudement des sols exposés à la déflation et au ruissellement.

La dégradation la plus forte est notée dans la région du corridor oval entre Mpwapwa et Babati. Ainsi, dans le district de Kondo-irangi à 150 km au nord de Dodoma l'érosion a rendu le sol absolument stérile; une remise en valeur de ces terres est en cours. Dans cette région, on rencontre une multitude de profonds ravins et de rivières ensablées traversant en tout sens les champs cultivés.

Toute une série d'expériences ont été effectuées dans la région de Dodoma en vue de déterminer les types et les vitesses d'érosion. Déjà à l'époque coloniale, la station vétérinaire de Mpwapwa faisait des expériences dans le but de déterminer le taux d'écou-

lement et les volumes du sol emportés sur les divers types de tapis végétal. On a donc aménagé des réservoirs de béton pour la collecte des précipitations au pied des collines. Les résultats de ces expériences sont consignés dans le tableau 26. Ils ont confirmé l'existence d'une très forte érosion due à l'écoulement depuis les collines dénudées et d'une érosion relativement faible sur les terres cultivées. En 1968—1972 une équipe de spécialistes scandinaves (BRALUP) a réalisé quelques expériences avec emploi d'installations-pilotes. Leur but consistait à déterminer le degré d'érosion et de sédimentation dans 4 réservoirs de la région de Dodoma (Msalatu, Imagi, Matumbulu et Ikowa). En réalisant le nivellement périodique du fond des réservoirs, les chercheurs ont relevé que la vitesse moyenne de sédimentation était de 195, 406, 601 et 729 m³/km² respectivement. Les chercheurs ont également noté qu'à la suite de la grande vitesse de sédimentation, la durée de vie de deux réservoirs (Ikowa et Matumbulu) était très courte (pas plus de 30 ans) et les délais d'exploitation encore moindres. Les observations et les cartes des types d'érosion dans ces bassins ont montré que les surfaces érodées étaient généralement localisées au voisinage des élévations du terrain. On pense que c'est l'érosion qui est le principal facteur favorisant la formation des sédiments dans les réservoirs. Les récentes recherches effectuées dans cette région [Cook, 1974, 1975] ont permis d'établir la carte des types d'érosion. Pour ce faire, on a employé les méthodes dites de photomosaïque et de photographie par le satellite ERTS.

Dans la région de Singida, l'érosion des sols a été étudiée dans deux bassins [Christiansson, 1973] par photographie aérienne. Il a été signalé que l'éro-

Tableau 26

La part du ruissellement superficiel
(en % du total des précipitations et l'érosion du sol en m³/ha)
d'après les données de la station vétérinaire de Mpwapwa

Nature de superficie	La part du ruissellement superficiel	Erosion du sol
Terrains dénudés incultes *	50,4	97,8
Mil ou Sorgho *	26,0	52,0
Semi-cult. Semi-herbage **	15,5	19,6
5% cult. 50% herbage **	11,6	2,1
Herbe **	4,9	0,5
Forêt à essences feuillues *	0,5	0

* d'après les données de Staples, 1933, 1935.

** d'après les données Van Rensburg, 1955.

sion a très sérieusement touché des superficies considérables à l'est du pays. Dans les régions au relief vallonné prédomine l'érosion plate, et des ravins se forment sur les pentes au-dessous des inselbergs. L'érosion éolienne se manifeste surtout sur les terrains dégagés parce que les vents violents prédominent pendant la saison sèche. Cela conduit à la formation des dunes de sable qui recouvrent parfois les champs cultivés en les rendant incultivables.

Les recherches effectuées par [Murray-Rust, 1973] ont révélé que l'érosion affectait 14% des terres du bassin cependant que de nombreux ravins apparaissent le long des pistes de transhumance et autour des points d'eau. Les mesures du débit solide relatif dans le bassin Kisongo ont montré que la capacité de son réservoir a diminué passant de 121 000 m³ en 1960 à 83 600 m³ en 1969 et 71 700 m³ en 1971. Le niveau moyen annuel de sédimentation a été d'après les spécialistes 446 m³/km² entre 1960 et 1969 et 640 m³/km² dans deux années suivantes. Il a été établi que la durée de vie de ce réservoir ne dépasserait pas 15 ans. D'autres recherches ont porté sur l'érosion des sols dans les régions montagneuses plus humides. Elles ont été réalisées par [Temple, Rapp, 1973] qui ont étudié les éboulements dans la région de Mgeta (Monts Uluguru) à l'ouest du pays et [Watson, 1973], Usambaras, [Lundgren, 1973] dans les montagnes de Meru. D'autres chercheurs comme [Temple, Sundborg, 1973] étudiaient les bassins des principaux fleuves.

Bien que ces recherches nous permettent d'en savoir d'avantage sur l'érosion des sols dans les régions semi-arides et les zones plus humides, nous sommes encore loin d'avoir des données systématiques et détaillées relatives aux types, ampleur, causes et vitesse de désertification en Tanzanie dans son ensemble. En effet, l'absence de données fondamentales complique dans une grande mesure l'élaboration de la stratégie nationale dans le domaine de la lutte contre la désertification.

Les causes de l'érosion du sol et de la désertification. Il y a beaucoup de facteurs qui font de la désertification un grave problème pour les régions arides et semi-arides de la Tanzanie. Nous avons déjà signalé que la quantité de précipitations est souvent insuffisante à faire venir la récolte. En outre, il y a de fortes inégalités de répartition des précipitations suivant les mois. Elles sont souvent de véritables pluies torrentielles qui accentuent l'érosion. La population et le cheptel sont essentiellement concentrés dans les régions où le manque d'eau est inconnu et l'absence

de la mouche tsé-tsé conduit à la surexploitation des terres. Les principales causes de l'érosion et de la désertification subséquente des terres arides et semi-arides en Tanzanie sont les suivantes: épuisement des sols (mauvaise culture des terres), surpâturage et piétinement sans tenir compte des conditions de l'environnement, incinération abusive de la végétation sur les fauches et les terrains boisés et coupe abusive (bois de construction et de chauffage).

En Tanzanie les conséquences du surpeuplement qui se traduisent par la perturbation du régime d'exploitation des terres se font sentir le plus au centre du pays, dans la région de Gogo. Cette région a été décrite dans le détail par [Rigby, 1969] qui l'a définie comme centre d'élevage. Mais autrefois, la région où vivent actuellement les Gogo était plus petite et sa périphérie était utilisée par les tribus nomades voisines. L'accroissement de la population a conduit à l'augmentation du nombre d'éleveurs et de la taille des troupeaux, ce qui s'est répercuté sur l'état des terres utilisées antérieurement par les nomades. On sait que les nomades se déplacent avec leurs troupeaux ce qui diminue le risque de surpâturage. Or, la croissance démographique et l'accroissement du cheptel dans cette région ont fait que l'élevage traditionnel s'est avéré impraticable. L'élevage a progressivement cédé la place à l'agriculture qui n'a pas encore eu le temps de mettre au point ses propres procédés de culture des terres.

Dans certaines parties de la région la situation est alarmante. Les forêts ont disparu sous la poussée de l'agriculture. L'accroissement rapide du cheptel a aggravé le problème des pâturages (en particulier pendant la saison sèche). En effet, le bétail se nourrit des feuilles et détruit par le piétinement le tapis végétal. Les paysans ayant épuisé les ressources des plaines sont désormais obligés de cultiver les pentes et les pédiments. D'autre part, le temps de repos insuffisant des champs a conduit à l'épuisement du sol cependant que le pâturage a détruit les restes de la végétation à sa surface. La situation est tout aussi alarmante à Kondoa-Inagi [Gillman, 1930], Shinyanga et Mwanza [Rounce, 1949] et sur les terres des nomades à l'ouest d'Arusha [Murray-Rust, 1973] et au voisinage du Kilimanjaro et Pare [United Republic of Tanzania, 1977].

D'autres facteurs essentiels qui provoquent la désertification des régions arides et semi-arides de la Tanzanie sont l'incinération de la végétation et les coupes massives (stockage du bois à des fins de chauffage, de construction, etc.). Dans certaines régions du pays les incendies détruisent périodiquement les fauches et les forêts avoisinantes. On suppose que les fauteurs involontaires de ces incendies qui portent un préjudice énorme (par exemple, l'incendie de 1979 a détruit 10 000—20 000 ha de forêts sur les pentes du Kilimanjaro) sont les ramasseurs de miel qui utilisent la fumigation pour éloigner les abeilles. Mais plus souvent les bergers incinèrent délibérément l'herbe sèche pour que le sol enrichi de cendre produise une meilleure récolte. Parfois les incendies sont le fait des criminels qui volent le bétail.

Le danger lié à la coupe des forêts pour le stockage du bois de chauffage tend à se généraliser. Entre 1950 et 1970, par exemple, la consommation totale du bois pour le chauffage a augmenté de 35%. On suppose que seule la consommation du charbon de bois (0,5 million de m³ en 1970) augmentera de 11—

20% d'ici la fin du siècle et atteindra le chiffre alarmant de 5,6 millions de m³ par an. En 1972 la Tanzanie a exporté 188 t de charbon de bois (principalement vers le Koweït). On attend l'exportation de ce combustible dépasser 30 000 t dans un avenir immédiat. D'après le directeur du Département des forêts, la consommation du charbon de bois en Tanzanie a quintuplé [Daily News, 1979]. Il a été également établi que les coupes de forêts ont doublé en 50 ans. La consommation du bois par habitant (bois de chauffage) a été de 0,7 m³ en 1980. Or, la majeure partie de ce bois provient des forêts naturelles assez raréfiées qui tendent à se dégrader rapidement [Mushalla, 1980]. À considérer le fait que la Tanzanie est pauvre en forêts (13 millions de ha boisés, soit 15% du territoire), on doit reconnaître que la coupe des forêts visant à satisfaire les besoins croissants en matériaux de construction et bois de chauffage (séchage du tabac et cuisson du pain, par exemple) risque bientôt de faire disparaître les forêts. La consommation du bois comme combustible a déjà atteint le point critique dans les régions semi-arides de Maswa, Bariadi, Magu, Idundra, Tabora, Dodoma, Kuela, Mwapwa, Singida, Manyomi, Kiomboi et Shinyanga. On suppose que les pertes de temps occasionnées par la quête infructueuse du bois de chauffage constituent 200—300 hommes-jours annuellement [Mnzava, 1979]. Le manque de combustible affecte également de vastes régions voisines de la côte où la production du charbon de bois a déjà fait disparaître certaines essences d'arbres [Mushalla, 1979]. F. M. Mnzava, directeur du Département des forêts, estime que la culture d'un ha de tabac demande annuellement environ 50 m³ de bois. La population rurale de la Tanzanie vit dans 8 000 villages. Pour renouveler les réserves de bois consommées tous les ans à des fins de chauffage, il faudrait 75 ha de plantations de forêts par village. Ces chiffres donnent une idée de l'ampleur des tâches qui se posent actuellement au gouvernement et au peuple de Tanzanie qui s'efforcent de stopper le déboisement et de mener à bon terme la lutte contre la désertification et la dégradation de l'environnement.

LES PROJETS DE PROTECTION ET DE DÉVELOPPEMENT DES TERRES ARIDES ET SEMI-ARIDES EN TANZANIE

Programmes de protection antérieurs à 1940. Le besoin de lutter contre l'érosion des sols et la désertification par l'amélioration des sols arides et semi-arides en Tanzanie se fait sentir dès les années 30. La protection de l'environnement a connu un nouveau développement après la Seconde guerre mondiale lorsque le gouvernement colonial a commencé à introduire les diverses formules d'amélioration destinées à élever la qualité des terres appartenant aux Africains. Cela ne veut point dire pour autant qu'avant les années 30 les Africains n'y aient pas porté d'intérêt. Il a été noté [Berry et Townshend, 1973] que les divers procédés de protection des terres arides et semi-arides étaient depuis longtemps connus et pratiqués par les Africains. Par exemple, les Wakaras habitant l'île d'Ukerewe (lac Victoria) luttèrent depuis toujours contre l'érosion par l'aménagement de terrasses et de fossés, la clôture de ravins et la culture des remblais le long des cours d'eau. Les tribus Wematengo au Sud et Erok (ou Mbulu)

chassées dans la montagne par leurs voisins agresseurs, ont dû s'adapter aux conditions nouvelles et ont développé une méthode originale de rayonnage connue sous le nom de «système de fosses Matengo». L'herbe était cultivée sur des parcelles carrées mesurant environ 3 m sur le côté. Au centre, l'on creusait une fosse. Les déblais étaient disposés sur les côtés en forme de crêtes. C'est sur les crêtes qu'on semait l'herbe en remplissant d'eau la fosse. Après la récolte, les fosses étaient comblées de résidus végétaux, et tout se répétait. Parmi les autres techniques de protection, on peut mentionner la plantation d'arbustes en bordure des champs, l'aménagement de remblais et des digues, la construction des terrasses et la lutte contre le ravinement.

À partir de 1930, le gouvernement et les autorités locales commencent à accorder à la protection de l'environnement une attention particulière. En 1929, à l'initiative du directeur du Département de l'agriculture E. H. Harrison, une conférence consacrée à la lutte contre l'érosion des sols s'est tenue à Dodoma, qui a institué un comité consultatif spécial [Berry, Townshend, 1973]. En 1931, à Amami a eu lieu la première réunion du comité qui a adopté un message au gouvernement où il faisait état de l'érosion des sols et on insistait sur la nécessité d'appliquer des mesures de protection dans les régions de montagne «surpeuplées» et les lieux «de concentration massive de troupeaux» sur les plaines et appelait à créer des exploitations-pilotes et à procéder à l'amélioration des pâturages et à l'affectation des terres à reboiser.

Dans les années 30, des exploitations-modèles ont été implantées dans certaines régions de montagne au voisinage du Kilimanjaro (Usambara, Pare et Meru) où l'on appliquait des programmes de protection de l'environnement, dont les autorités locales étaient chargées d'assurer la mise en œuvre. On s'efforçait également (autorités locales et centrales) de promouvoir les recherches sur l'humidité du sol, la mesure de l'écoulement et la détermination des rendements de diverses cultures. La plupart des expériences ont été réalisées dans les stations agricoles de Mpwana, Amani, Ukiriguru et Lyamungu.

Mais les programmes de protection de l'environnement proposés dans les années 30 n'ont pas été appuyés par la population. Les appels insistants lancés par les fonctionnaires et la punition des personnes se rendant coupables de l'infraction aux règles d'exploitation des terres n'ont fait que conduire à certains excès indésirables [Fuggles-Couchman, 1964]. C'est seulement dans quelques régions au voisinage de Chagga près du Kilimanjaro que les mesures élémentaires de protection de l'environnement ont pu être imposées à la suite d'une longue pression de la part des autorités. Mais de nombreuses dispositions ont été rejetées par les paysans dès lors qu'elles allaient à l'encontre des principes traditionnels et étaient en contradiction avec l'héritage culturel et social du peuple. Par ailleurs, le manque de spécialistes compétents et les caprices du temps rendaient à l'époque ces mesures impraticables [Berry, Townshend, 1973].

Programmes de protection de l'environnement et de développement des terres (1940—1960). Jusqu'au début des années 40, la protection des terres était effectuée chaotiquement en l'absence d'une politique nationale coordonnée en la matière. Le gouvernement central se bornait à parler de la nécessité de protéger

l'environnement. La plupart des projets étaient financés par les autorités locales à partir de leurs propres moyens. Dans quelques régions seulement de la zone des terres arides et semi-arides la population était sensibilisée à l'importance de ces problèmes.

La situation commence à évoluer dans l'après-guerre. Le gouvernement central prend désormais conscience de la nécessité d'élaborer des programmes d'envergure pour les régions les plus retardées, d'appuyer financièrement les autorités locales et de les doter en spécialistes compétents. En 1944, est adopté un plan détaillé de développement d'après-guerre (1947—1952). Le coût du projet était évalué à 19 millions de livres sterling dont 1,25 million destinés renflouer les petits projets agricoles touchant les intérêts de plus de 2 millions de personnes. [Fuggles-Couchman, 1944]. Le but majeur du plan consistait à améliorer l'état des parcelles appartenant aux Africains tout en veillant à mieux utiliser les terres. En outre, chaque district avait le droit de réaliser ses propres programmes d'amélioration, financés par le budget local ou central. Une grande attention était accordée aux projets liés à la mécanisation du travail de la terre par les Africains. Les moyens étaient presque exclusivement fournis par les sources de financement locales et les crédits au développement. A l'initiative du gouvernement, on attachait une importance particulière à la culture de l'arachide, du riz et du sorgho. C'était «le temps de l'arachide», projet tristement célèbre de la Corporation britannique pour la production de denrées alimentaires dans les territoires d'outre-mer, qui prévoyait la culture à grande échelle de l'arachide sur les plateaux semi-arides au centre, à l'ouest et au sud de la Tanzanie. Le plan a échoué à la suite d'une mauvaise adaptation aux conditions naturelles et économiques de ces régions. Cette histoire tragi-comique connue sous le nom de «Dossier arachide» a été bien décrite par [Wood, 1950].

A cette époque, il y avait deux grands projets de protection des terres arides et semi-arides — le Projet de réaménagement du Sukumaland et le projet de réhabilitation du Kolo. Le premier intéressait 1 million de personnes qui disposaient de 2 millions de bovins et d'autant d'ovins et caprins, ainsi que 2,3 millions de ha de terres steppiques dégradées au voisinage du lac Victoria sous culture intense. Les grands objectifs du projet consistaient à apprendre aux gens les bonnes méthodes d'exploitation des terres et à transférer une partie de la population vers les agglomérations aménagées à l'avance. Pour ce qui est des aspects agricoles, il visait surtout à élever la culture de la terre pour mieux l'utiliser, à accroître le stockage d'engrais et de fourrages en prévision de la saison sèche, à organiser la lutte contre le ravinement et à aménager des haies vivantes partout où c'était possible. Les spécialistes de l'élevage s'efforçaient de réduire la densité des troupeaux et d'implanter des exploitations mixtes. Simultanément, on se livrait à la prospection des terres désaffectées en vue d'y implanter des points de peuplement. Le deuxième projet était à peu près le même que le premier. Il prévoyait le transfert d'une partie de la population vers d'autres régions et la lutte contre la mouche tsé-tsé dans le district de Condoa.

Deux autres projets prenaient surtout en considération les conséquences de la concentration de troupeaux dans le district de Mbulu et au Masailand si-

tué sur la plaine semi-aride. Au Mbulu le problème était résolu par la coupe du maquis habité par la mouche tsé-tsé et l'assurance obligatoire du détail. Pour l'installation des migrants venus d'autres régions, on a proposé un petit plan d'aménagement régional. Au Masailand, il consistait surtout à détruire les sites de reproduction de la mouche tsé-tsé et améliorer l'approvisionnement en eau pour mieux répartir le cheptel et prolonger le pâturage durant la saison des pluies.

Les trois derniers projets (Uluguru, Usambara et Pare) concernaient les régions de montagne à grande densité de population qui souffraient d'érosion accélérée par suite de la violation des règles d'exploitation des terres. Les projets prévoyaient la protection de toutes les terres arables, le remplacement des plantes annuelles cultivées sur les pentes raides par des plantes vivaces ou les arbres et l'aide à tous ceux qui voudraient s'installer sur les terres vierges de la plaine.

Tous les projets susmentionnés, grands et petits, étaient assortis d'impressionnantes listes des règles déterminant les régions d'agriculture et les conditions d'entretien du bétail sur les pâturages et interdisant l'incinération de la végétation. Les personnes qui s'en rendaient coupables étaient frappées d'amendes et incarcérées.

Mais la majorité des projets de protection de l'environnement proposés à l'époque ont également échoué. Comme il arrive souvent au moment de la mise en œuvre des programmes liés à l'exécution obligatoire des plans et directives, la population commence à faire preuve d'intransigeance politique. D'après Berry et Townshend, il a fallu annuler de nombreux grands projets après les manifestations massives de protestations, dans tout le pays. Le gouvernement a dû supprimer l'obligation d'observer les règles d'utilisation des terres. Vers 1958, on a arrêté l'exécution de la plupart des projets et les gens ont commencé à «détruire avec enthousiasme les terrasses et les remblais construits au prix de tant d'effort» [Berry, Townshend, 1973]. Après l'échec des grands projets, les autorités coloniales n'ont fait que quelques tentatives timides de reprendre les programmes de protection de l'environnement.

Programmes de protection de l'environnement et campagne de lutte contre l'érosion. Après l'accès à l'indépendance en 1961, il a semblé quelque temps que tous les projets de protection de l'environnement étaient définitivement oubliés et ne figuraient même plus jusque dans les archives du ministère de l'agriculture. Dans la planification agricole, la protection des terres a cessé d'être une question prioritaire. L'érosion des sols n'était plus considérée comme un obstacle au développement de l'agriculture en Tanzanie bien que, dans certaines régions, l'on se rendait compte du danger qu'il y avait à déblayer de nouvelles terres pour la culture. Dans un premier temps, les programmes de protection de la nature étaient rejetés dans leur principe comme élément de la politique coloniale et les fonctionnaires du service de propagande agricole avaient des difficultés à diffuser les idées de protection de l'environnement parmi la population «qui réalisait la protection de l'environnement et puis, ayant reçu les directives nouvelles, détruisait ce qui a été fait dans ce domaine» [Berry, Townshend, 1973].

La Déclaration d'Arusha (1967) et l'adoption du

deuxième Plan quinquennal de développement national (1969—1974) et des Directives concernant l'agriculture ont stimulé un regain d'intérêt pour la protection des terres. Les deux derniers documents ont mis l'accent sur l'importance exceptionnelle du problème de l'érosion des sols cependant que la Déclaration d'Arusha a jeté les fondements et fixé les voies de développement de l'agriculture en tant que base de l'économie tanzanienne. Le problème de la désertification et du développement des régions arides et semi-arides dans leur ensemble a également reçu plus d'attention, en particulier après la tenue, en 1977, de la Conférence de l'ONU sur les problèmes de la désertification.

Et pourtant, il manque toujours une approche nette, systématique et coordonnée de ce problème, susceptible de donner une nouvelle impulsion à l'amélioration des terres arides et semi-arides en Tanzanie. Les efforts entrepris ces derniers temps pour combattre l'érosion et la désertification ont été isolés et se ramenaient principalement à la plantation d'arbres. Le ministère de l'Élevage et des Ressources Naturelles a organisé des pépinières dans diverses régions du pays et a expédié à la campagne des centaines de milliers de plants de différentes essences. Conjointement avec l'Institut d'instruction des adultes, le ministère a lancé une vaste campagne visant à souligner le danger d'érosion et de désertification et l'importance d'afforestation dans 8 régions arides et semi-arides à savoir: Mara, Mwanza, Shinyanga, Tabora, Singida, Dodoma, Arusha et Kigoma. A partir de 1973, le ministère applique un large programme de protection de l'environnement dans la région de Dodoma. A ce jour, dans le cadre de ce programme quelque 7 500 ha de terres désaffectées ont été remis en valeur à Kondoa, Mpwapwa et Dodoma grâce à la plantation d'essences appropriées et à l'aménagement de terrasses [Mushalla, 1980].

Dans la zone semi-aride ont été construites les centrales hydroélectriques sur le Ruaha et un réservoir à Kidatu et Mtera. La centrale Kidatu mise en service en 1975 a deux génératrices de 50 MW. La construction du barrage à Mtere s'est terminée en 1980. La capacité du réservoir constitue 3200 m³. Il est encore trop tôt d'évaluer l'impact de ces ouvrages hydrotechniques sur l'environnement et la situation sociale et économique dans la vallée du Ruaha. Mais l'on peut supposer que grâce à la grande capacité et au potentiel d'irrigation élevé cet ouvrage sera le pivot du plan intégré où les tâches d'industrialisation et d'urbanisation seront adaptées aux programmes de développement de la production agricole, conformément aux recommandations de la Conférence de l'ONU sur le problème de la désertification et aux directives formulées par les Projets PNUE/URSS en ce qui concerne la lutte contre la désertification du Centre des Projets internationaux GKNT.

La leçon tanzanienne. Dans les chapitres précédents nous nous sommes bornés à analyser les programmes lancés par les autorités coloniales et la Tanzanie indépendante en vue de combattre l'érosion des sols et la désertification et d'améliorer l'état des terres arides et semi-arides. Mais cette analyse serait incomplète sans en dégager les points vulnérables et l'expérience accumulée qui peut profiter à d'autres pays en développement affrontant la désertification.

Le principal inconvénient de tous les programmes

lancés par les autorités coloniales était de sous-estimer l'importance des traditions sociales et culturelles de la population locale et l'incapacité à les adapter à la structure sociale du pays. Les autorités coloniales considéraient ces programmes seulement du point de vue d'accroissement de la production agricole [Berry, Townshend, 1973]. Elles se souciaient beaucoup moins du bien-être du peuple et imposaient des mesures qui non seulement allaient à l'encontre des intérêts vitaux de la population mais déniaient ouvertement et même menaçaient le patrimoine économique et culturel du peuple. Par exemple, les éleveurs ne voulaient pas se séparer du bétail qui symbolisait pour eux la richesse et la tranquillité. La population considérait la réduction artificielle du cheptel comme profitant uniquement à l'administration du moment que la vente du bétail donnait du travail aux abattoirs de Dar es-Salam et d'Arusha [Cliffe, 1964]. Les agriculteurs luttèrent également pour leurs terres parce que, dans leur esprit, migration voulait dire dépaysement.

Hormis les tentatives d'imposer ces mesures impopulaires, l'administration coloniale ne faisait rien ou presque pour mettre à profit les potentialités locales et initier la population à la planification. Elle ne voulait pas comprendre que, malgré certaines traditions négatives, de nombreux paysans avaient adapté leurs méthodes d'exploitation des terres aux conditions locales et avaient appris à lutter contre l'érosion. Les autorités coloniales négligeaient les connaissances et l'expérience accumulées par la population.

L'absence de planification appropriée était un autre facteur de l'échec des projets coloniaux. Malgré de gros investissements, même les grands projets étaient mal planifiés [Berry, Townshend, 1973]. Aucun n'a été précédé de planification détaillée, de détermination des types de sols, des procédés appropriés de protection de la nature adaptés à l'environnement et aux traditions sociales et culturelles de la population.

Même après les avoir lancés, personne ne contrôlait l'exécution et l'efficacité des projets. L'absence d'un contrôle permanent empêchait de dépister à temps les tendances nouvelles et d'y apporter des correctifs nécessaires. En outre, les projets n'ont pas été suffisamment souples et il était donc difficile de cerner les problèmes qui surgissaient et prendre les mesures qui s'imposaient.

Enfin (cela concerne également les programmes courants), les plans de développement des terres arides n'étaient pas conçus à long terme et avaient un caractère partiel. La planification était occasionnelle, incohérente et mal agencée. Les plans étaient exclusivement axés sur la plantation des arbres.

Il est vrai qu'on reconnaissait la nécessité d'un plan national d'actions visant à combattre la désertification par le déplacement de la population et la mise en œuvre d'une politique spéciale d'exploitation des terres [United Republic of Tanzania, 1977] et l'on a même élaboré une série de plans régionaux (le plan national intégré de Mwanza) — [Claeson, Moore, 1976], mais on n'a pas fait grand-chose pour les mettre en œuvre. Mais on ne doit pas le reprocher au gouvernement. Comme les frais d'importation du pétrole sont passés de 10 à 60% depuis 1974 cependant que les prix de ses principaux articles d'exportation ont baissé sur le marché mondial et que la guer-

re contre le dictateur ougandais a coûté à la Tanzanie environ 500 millions de dollars, la Tanzanie a dû faire face, après 1975, à une grave crise économique. Comment s'étonner dès lors de l'incapacité du gouvernement de traduire dans les faits toute une série de projets d'amélioration.

Tout cela pour dire qu'avant d'adopter le plan d'amélioration et de protection des terres arides et semi-arides et de procéder à sa mise en œuvre, il faut au préalable prendre en considération de nombreux facteurs. Voici à quoi se ramène l'expérience tanzanienne:

1) **Tout projet doit être précédé de l'étape de préparation et de planification détaillée.** Nous nous souvenons tous du projet tristement célèbre «Arachide» qui a échoué faute de connaissance des facteurs écologiques. Et pourtant, il s'agissait là d'un des plus grandioses projets lancés en Tanzanie avec le concours des pays étrangers. Il fut tout aussi impardonnable de la part des autorités coloniales d'ignorer délibérément les traditions sociales et culturelles de la population autochtone à la suite de quoi les fermiers ont accueilli les programmes de protection des terres avec une bonne dose de méfiance et même d'indignation.

2) **La participation de la population doit faire partie intégrante de tout effort de planification** pour la bonne raison que les plans envisagés sont appelés à élever son niveau de vie. De toute évidence, la planification doit s'inspirer des méthodes traditionnelles adaptées aux conditions nouvelles. Selon Sanberg (1974), «Les techniques agricoles qui existent dans la société traditionnelle sont le fruit d'une longue adaptation par la méthode d'essais et d'erreurs. La structure logique de ce processus historique a beaucoup en commun avec une expérience scientifique non préparée, effectuée sous la contrainte. Mais en réalité, malgré l'absence de théories scientifiques et d'hypothèses valables, les résultats de ces essais et même de ces erreurs sont très importants du point

de vue scientifique. Pour plus d'une raison, les scientifiques et les planificateurs doivent le respect à ceux qui travaillent depuis toujours la terre. C'est avec humilité et non pas avec arrogance que nous devons rendre hommage aux nombreuses générations de paysans qui avaient lutté avec acharnement pour la survie, car toutes nos découvertes sont le résultat de leur pénible labeur.»

3) **Il est nécessaire de lancer des campagnes d'alphabétisation de la population adulte.** Les projets de protection de l'environnement doivent être toujours précédés d'une large campagne d'alphabétisation de la population adulte, si nous voulons vraiment agir au niveau des mentalités [Berry, Townshend, 1973]. Les mesures de lutte contre l'érosion, imposées de l'extérieur, ne contribueront jamais à améliorer vraiment l'état des sols. Il faut que la population soit convaincue que les méthodes rationnelles d'agriculture ou d'élevage préservent la source même de son existence.

4) **Il faut introduire la planification à long terme.** Tout projet stratégique d'amélioration des terres arides et semi-arides doit être conçu à long terme. D'après [Biswas, 1979] il existe un grave danger que, dans notre effort d'accélération du développement, nous choisirons la voie conduisant au suicide. Il faut éviter autant que possible l'adoption des programmes provisoires et à court terme.

5) **La nécessité d'une approche intégrale.** Ce point là est particulièrement important. Tout effort technique ou administratif visant à la lutte contre la désertification doit faire partie intégrante d'un plan d'ensemble d'amélioration des conditions de vie sociales et économiques du peuple.

6) **La nécessité d'assistance et de concours technique étrangers.** L'amélioration des terres arides et la lutte contre la désertification exigent l'assistance et le concours technique de la part des pays industrialisés.

Chapitre XIII

PROBLEMES DE DESERTIFICATION AU PROCHE-ORIENT

P. Beaumont (Grande-Bretagne)

Le Proche-Orient a un relief assez contrasté. Les régions de hautes montagnes y sont souvent voisines de basses contrées. Encore un trait distinctif: le petit nombre de grands fleuves. A l'ouest, c'est le Nil, à l'est le Tigre et l'Euphrate, qui sont les artères principales rassemblant l'écoulement des terrains du Nord de la région. Le Proche-Orient se distingue par une aridité saisonnière ou qui dure toute l'année. C'est seulement à l'Extrême Nord que les précipitations tombent toute l'année; mais à mesure qu'on s'éloigne à l'est, leur réduction est sensible. Dans la plupart des régions, les précipitations tombent principalement en hiver. La saison pluviale commence généralement au mois d'octobre et dure jusqu'en avril, à l'exception de la pointe méridionale de la pé-

ninsule d'Arabie et du Soudan, où il pleut en été à cause des moussons.

Des températures au-dessus de 30°C sont caractéristiques en été pour toutes les plaines basses et les régions de piémonts. Sur le plateau central de l'Iran, même à une altitude dépassant 1000 m, la température atteint 40°C et plus. D'autre part, par suite de l'air froid provenant de la Sibérie, l'hiver au Proche-Orient est parfois extrêmement sévère. A cause des basses températures, une grande partie des précipitations hivernales tombe sous forme de neige, laquelle se conserve dans les montagnes jusqu'à ce que, avec l'approche de l'été les températures ne commencent à s'élever.

C'est sur les littoraux de la Méditerranée et de la

mer Rouge, ainsi que du golf Persique, que le temps chaud prédomine toute l'année.

Ce n'est pas étonnant si sur les terrains bas du Proche-Orient, sous l'effet des hautes températures estivales, l'évaporation et la transpiration dépassent 1000 mm par an. Même sur la plupart des massifs, elles s'élèvent à plus de 500 mm par an. Il en résulte qu'une quantité considérable d'humidité se conserve exclusivement dans les régions de hautes montagnes de la Turquie et de l'Iran. Mais ici, il n'y a que quelques régions où la quantité des précipitations dépasse 1200 mm par an. Pourtant, dans la plus grande partie de cette contrée cet indice est inférieur à 100 mm par an. Les ressources en eaux fluviales et souterraines sont alimentées grâce aux terrains montagneux. Et le résultat, c'est que l'agriculture devient possible. Par les rivières et les niveaux aquifères, l'eau afflue des terrains montagneux dans les vallées où il y a de terres de culture [Beaumont, 1978, Beaumont, 1981].

Le régime des fleuves du Proche-Orient est lié étroitement aux conditions climatiques. Au nord, dans les montagnes de l'Afghanistan, de l'Iran et de la Turquie, l'écoulement fluvial maximum a lieu aux mois d'avril et de mai. Le dégel de la neige dans les montagnes est tellement intense que plus de la moitié de l'écoulement annuel afflue au cours de trois mois [Beaumont, 1973]. L'influence de l'alimentation neigeuse sur le régime du Tigre et de l'Euphrate est incontestable. Quant au Nil, la situation est tout à fait différente. L'écoulement maximum se produit à la fin de l'été, après les moussons en Ethiopie.

Les sols des terrains montagneux sont peu épais et conviennent mal à la production agricole. Les sols pauvres prédominent aussi dans les régions arides. Leur développement est freiné ici par le manque d'humidité. Aux limites des bassins fluviaux, les cônes alluviaux se composent de gravier, qui convient peu à la production agricole et n'est généralement pas cultivé. Quant à la plupart des régions peuplées du Proche-Orient, les sols des déserts y prédominent. Les meilleurs sols se forment sur l'alluvion granulaire, qui se rencontre sur les terres submersibles des systèmes fluviaux. Au cours des millénaires, ces sols ont été considérés comme particulièrement favorables à l'agriculture. Il est probable que les terres inondées entre le Tigre et l'Euphrate ont été les premières régions où de grands ouvrages d'irrigation ont été construits. La végétation naturelle était jadis très variée, mais par suite de l'activité économique de l'homme, elle s'est considérablement dégradée [Atkinson, Beaumont, 1971; Mikesell, 1969]. Les forêts prédominent dans les régions de hautes montagnes à humidité plus élevée. Aux pieds des montagnes elles sont remplacées par des buissons avec des arbres isolés. Dans les endroits où il y a peu de précipitations, elles cèdent la place aux buissons des déserts.

Les changements du climat au Proche-Orient au cours des 50 derniers millénaires sont encore mal connus. Les données dont nous disposons permettent de supposer qu'à l'époque de la plus intense glaciation dans l'hémisphère boréal (il y a 15 ou 25 millénaires), de petits glaciers de cirque et même de vallée se sont formés dans les hautes montagnes de Turquie, d'Iran et d'Afghanistan. Les données paléontologiques sont trop minces pour éclaircir les conditions du retour à un climat chaud, qui s'est produit

il y a 15 millénaires. Le diagramme sporale-polinique de la région du lac Zeribar, dans les montagnes de Zagros dans l'Ouest de l'Iran, témoigne qu'il y a encore 11 millénaires un climat frais, pareil à celui de la steppe, dominait ici [Zeist, Wright, 1963]. Puis une période de profonds changements de climat est venue. Elle a duré à peu près 5 millénaires et demi, quand dans les régions de hautes montagnes ont réapparu des arbres, les chênes en particulier. Il semble qu'à l'époque le climat était plus chaud et sec qu'à présent. Cela donne l'impression qu'au cours des 5500 ans écoulés, les changements de climat ont été relativement faibles [Zeist, 1969].

C'est pourquoi, il faut envisager les problèmes actuels de désertification en tenant compte d'un facteur aussi important que l'histoire séculaire du peuplement de cette région. Il y a déjà 12 millénaires, une société existait, vivant de chasse et d'artisanats. Plus tard, pendant un délai relativement court, — peut-être pas plus de 2000 ans, — dans les régions de piémont des massifs de hautes montagnes, les hommes ont domestiqué quelques plantes et bêtes sauvages [Ucko, Dimbleby, 1969]. On ne sait pas exactement si ce processus a commencé dans un endroit déterminé et ensuite s'est diffusé dans d'autres régions, ou s'il est apparu simultanément dans plusieurs régions. Pourtant, il est clair qu'il y a 8 millénaires environ, dans tous les avant-pays du Proche-Orient les communautés agricoles se sont largement diffusées. Elles cultivaient le blé et l'orge, entretenaient des moutons et des chèvres. Au cours des deux millénaires suivants, la géographie de l'agriculture de la région a subi d'importants changements, car les colonies agricoles ont commencé à apparaître sur les plaines entre le Tigre et l'Euphrate. Cette migration a provoqué de grands changements dans l'activité agricole. L'agriculture à sec dominait dans les avant-pays, tandis que dans les conditions beaucoup plus arides de la Mésopotamie on ne pouvait cultiver la terre qu'au moyen de l'irrigation.

Il y a environ cinq millénaires, les hommes connaissaient deux principaux genres d'activité agricole. Dans les petits villages des régions frontales on pratiquait l'agriculture à sec avec assolement, alors que sur les plaines le long du Nil, du Tigre et de l'Euphrate l'agriculture irriguée prospérait. Ce schéma est resté en général sans changement jusqu'au XX^e siècle, quand on a commencé à appliquer des mesures à grandes échelles visant à améliorer les terres.

Grâce au développement de l'agriculture, il est devenu possible de fournir des aliments à une population beaucoup plus importante qu'à l'époque où les hommes se procuraient de la nourriture par la chasse, la pêche et autres moyens [Harris, 1969]. Cela a signifié que le développement de l'agriculture a stimulé la migration de la population des régions à haute densité vers celles faiblement peuplées. Des régions entières par exemple les basses terres alluviales de la Mésopotamie, ont commencé à se peupler rapidement au fur et à mesure du développement de l'irrigation.

La longue histoire du peuplement du Proche-Orient a eu une influence multilatérale sur le milieu naturel. Bien que cette influence à chaque période donnée n'ait pas été très manifeste, les conséquences générales pour l'environnement ont été considérables. Cela est facile à comprendre, si on souvient de la longue période durant laquelle des événements à portée

historique se sont déroulés ici. Il y a eu une période de colonisation, de même qu'une époque où l'on a cessé de labourer la terre pour des causes non liées au climat. [Schecter Galai, 1980] donnent une citation d'une étude consacrée au désert de Néguev, où il est dit qu'à la suite de la colonisation, plusieurs terres labourables ont été abandonnées pour beaucoup de temps. On peut en tirer la conclusion que le sentiment de sécurité éprouvé par les hommes avait une importance décisive pour l'existence d'une société à l'agriculture stable. Dès que ce sentiment a commencé à s'affaiblir, les terres labourées ont rapidement commencé à être délaissées.

[Lambton, 1981] donne comme exemple l'histoire des régions frontalières de l'Iran où, par suite d'un état d'insécurité et du manque de moyens pour le développement, la population s'est réduite brusquement. On montre aussi comment l'invasion des peuplades de l'Est a provoqué la décadence de l'agriculture. La cause essentielle est que ces peuplades avaient besoin plus de pâturages pour leur bétail que de récoltes. A en juger par tout cela, on peut supposer qu'elles laissaient leurs bêtes paître sur les champs labourés des habitants des régions qu'elles traversaient et où elles campaient. Par conséquent, des superficies importantes de terres labourables se sont transformées en pâturages.

Il convient de se souvenir que les problèmes énergétiques au Proche-Orient, il y a 10 millénaires comme au début du XIX^e siècle, quand dans les pays développés le moteur à essence a été largement utilisé, ont été presque les mêmes. Avant cette époque, seul l'homme et ses bêtes présentaient un danger pour l'environnement. Les habitants des campagnes et des villes vivaient très séparément. Dans les campagnes on produisait la plupart des produits alimentaires et des fibres pour ses propres besoins, et on vendait le surplus dans les villes les plus proches. La campagne se pourvoyait complètement en combustible, en utilisant le bois, les déchets de la récolte et le fumier. Cependant, il fallait acheter dans les villes certaines marchandises coûteuses; on faisait dans ce but des voyages sur de grandes distances; mais le pourcentage de ces marchandises par rapport à la production consommée dans la campagne était très faible. Même du point de vue de la quantité, la production qu'on envoyait au marché local était peu considérable par rapport à celle qu'on laissait à la campagne. Cette situation s'explique par l'absence d'un système efficace de transport. On utilisait des chameaux et des mulets pour transporter les marchandises, ce qui augmentait la nécessité de l'autoravitaillement en produits.

Le XX^e siècle a tout changé, car il a fait apparaître de puissantes machines, capables de satisfaire les besoins accrus de l'homme. Dans l'agriculture, il s'agit de l'accroissement de la quantité de tracteurs utilisés au Proche-Orient. Après la Deuxième guerre mondiale, on commence à exploiter de plus en plus souvent les tracteurs classiques à quatre roues. Pourtant, l'apparition des machines à deux roues, bien accueillies par les fermiers à cause de leur prix très bas, a eu une importance encore plus grande.

Le plus grand danger de désertification existe dans les régions à précipitations annuelles de 100 à 300 mm. Là où les précipitations sont de moins de 100 mm, n'est possible que l'agriculture irriguée, tandis que dans les régions où la quantité de précipi-

titations dépasse 300 mm, l'agriculture à sec est efficace, à l'exception des années de forte sécheresse. Des sécheresses durant de 1 à 3 ans peuvent infliger des pertes considérables à l'agriculture de ces régions et créer des difficultés sérieuses pour la population rurale. Dans les régions plus humides, on peut pallier les conséquences des périodes sèches grâce à des procédés traditionnels, tels que le stockage à long terme de la récolte ou bien la consommation plus intense des produits alimentaires obtenus du bétail mis au pâturage, bien que cela soit lié au danger de la dégradation des terres.

Dans les régions de hautes montagnes, au Nord de la Jordanie, les précipitations annuelles sont de 300 à 550 mm, dont 80% tombent de décembre à mars. La végétation naturelle de cette région possédait des chênes verts, des chênes à feuilles caduques et des pins d'Alep. Pourtant, au cours du temps, la population a abattu les arbres sur de grandes superficies pour les utiliser comme matériel et combustible, aussi bien que pour déblayer la surface destinée aux herbages. Les montagnes ont ici des pentes assez rapides (plus de 15% en moyenne) [Beaumont, Atkinson, 1969]. Le caractère du sol dépend du type de roche. La terra rossa domine sur les calcaires cristallins durs, mais on trouve aussi des reudzines (sol noir sur roches calcaires) et autres sols. Dans cette région, à cause d'une forte érosion, la qualité des sols s'est aggravée considérablement. Cela a été provoqué par la rapidité des pentes, mais surtout par l'abatage des forêts, le surpâturage des moutons et des chèvres et la culture des céréales. Cette dernière mène à la dénudation de la terre durant la saison pluviale et contribue à l'apparition de l'érosion en plan. L'influence générale de cette érosion consiste à la dénudation complète de grandes superficies, ce qui fait que l'agriculture devient impossible.

Au début des années 1960, le gouvernement de Jordanie, ayant compris la gravité du problème, a commencé, en coopération avec l'ONU, à réaliser le programme de régulation de l'écoulement dans les régions de hautes montagnes, au nord du pays. Ce programme, où on a prévu des mesures importantes telles que l'aménagement de petites levées de terre, terrasses, de barrages en ravin sur les lits secs, a eu une grande importance pour la lutte contre l'érosion. Comme tous les programmes semblables, il a coûté très cher. Son succès dépendait du travail efficace du service de la propagande agricole qui pouvait inciter les cultivateurs à utiliser les méthodes capables d'abaisser l'érosion au minimum. L'activité économique de l'habitant rural se déroule près de son village. Ici il trouve du bois pour son foyer, ici paît son bétail.

On peut causer du dommage aux terres agricoles en réduisant les dépenses de travail. Cela arrive le plus souvent là où l'on pratique l'irrigation. Si la population d'un village diminue au-dessous du niveau critique, certains travaux: le nettoyage et l'entretien des canaux d'irrigation, par exemple, ne peuvent pas être réalisés conformément aux exigences techniques. Par conséquent, quelque temps plus tard les champs irrigués reçoivent moins d'eau et sont vite abandonnés. Quand le nombre d'habitants s'est abaissé au-dessous du niveau critique, cette tendance continue à se développer et finalement la population abandonne le village.

La réduction du nombre d'habitants peut être pro-

voquée par toute une série de causes socio-économiques. Par exemple, une large diffusion de la radio à transistors a permis de rapprocher les villages, même les plus éloignés, des grandes villes, et de leur donner des informations en continu. D'autre part, cela a amené inévitablement à l'accentuation du sentiment d'isolement. Les hommes ont commencé à déménager dans les grands centres urbains. Les grands avantages matériels dont jouissent les habitants des villes sont un attrait qui fait que les gens jeunes et physiquement forts quittent les villages, où il ne restent que les vieux et les enfants qui ne sont pas en état de cultiver la terre dans les conditions de l'offensive du désert. La production agricole se réduit, et les champs les plus éloignés des villages retournent au désert.

Même dans les oasis de la péninsule d'Arabie et de l'Afrique du Nord, les problèmes de lutte contre la désertification sont bien actuels. Par exemple, durant ces quelques dernières dizaines d'années dans l'oasis d'Al-Hassa, en Arabie Saoudite, les sables mouvants et les dunes du désert de Djafoura ont sérieusement compliqué la culture du sol. Dans cette oasis, il n'y a que 100 mm de précipitations par an; mais il est situé au-dessus de puissantes nappes aquifères éocènes [Beaumont, 1977]. Elles contiennent une quantité considérable de sels dissous, ce qui implique la nécessité de construire des systèmes de drainage sûrs pour préserver les sols contre la salinisation.

La partie nord-est de l'oasis est plus que les autres soumise à la désertification, car les dunes migrent au sud. Les terres cultivées jadis sont recouvertes d'une couche de sable de 7 m d'épaisseur. Dans les années 1960, on a commencé à prendre des mesures pour protéger l'oasis d'Al-Hassa contre l'effet des tempêtes de sable qui enlève 7 ha de terres labourables par an [Achnich, Homeyer, 1980]. Dans le cadre du programme de stabilisation des sables, sur 500 ha de dunes on a planté presque 5 mln d'arbres, en général des tamaris capables de pousser dans les conditions sèches. En outre, on a planté aussi des acacias et des eucalyptus. La réalisation du programme d'amélioration a permis sans doute d'arrêter l'offensive des sables contre l'oasis; mais les dépenses pour les travaux de plantation et dégradation de la végétation ont été énormes. L'Arabie Saoudite tire de grands profits de la vente de son pétrole, c'est pourquoi, elle a pu assurer de tels travaux. Il est nécessaire de noter que la réalisation du programme d'amélioration des terres a eu beaucoup de conséquences favorables. Dans les régions de chômage constant, on a créé beaucoup d'emplois. On a organisé des lieux de loisir pour les habitants locaux, et on a augmenté les réserves potentielles de combustible et de bois. Pourtant, le prix élevé de ce programme met en doute la possibilité de la réalisation d'un pareil programme dans d'autres pays, ayant des problèmes analogues.

En Iran, par exemple, depuis les années 1950, on applique des programmes gouvernementaux dans le but de réduire la dégradation des sols par la stabilisation des sables, la régulation de l'écoulement, de l'évacuation des eaux, et l'amélioration des pâturages. En même temps, on a réalisé de profondes réformes visant à utiliser plus efficacement les ressources naturelles. En 1962, on a entrepris un programme complexe de réformes agraires, à la suite du-

quel on a nationalisé les forêts et les pâturages (1963), puis les ressources hydrauliques (1967). Le gouvernement de l'Iran a présenté à la Conférence de l'ONU pour les problèmes de désertification un rapport consacré à l'étude de la région de Touran, au nord du pays. Ce rapport a décrit les difficultés qu'on rencontrerait. La région de Touran est située à l'extrémité nord du plateau intérieur et forme une plaine aride et un avant-pays. A mesure que la jeunesse a quitté pour aller cette région dans les villes, le nombre de la population rurale s'est réduit. Les habitants locaux font paître le bétail selon la saison, de grands troupeaux entre les terres basses et le piedmont du massif de l'Elbrouz. Par suite du surpâturage la couverture végétale s'est épuisée progressivement parce qu'on jugeait toujours le bétail comme plus précieux que la végétation. On croyait qu'avec le temps la végétation se restaurerait. La dégradation de la végétation a été aussi provoquée par l'abattage des arbres. On utilisait le bois pour la construction, le chauffage, pour faire du charbon de bois.

Dans les années 1940—1950 à cause des dangers extérieurs, la situation dans le Touran a été particulièrement difficile. Dans les années 1950—1960, les fortes sécheresses ont souvent provoqué des tempêtes de sable et de poussière. Dans certaines parties de la région, les sables mouvants ont constamment causé des difficultés. Ainsi, en 1940, les habitants ont abandonné le village de Khar, car ils ne pouvaient plus entretenir le système d'irrigation [Department of the Environment, Iran, 1980].

Dans les années 1960, des changements importants ont eu lieu. On a donné l'ordre de ne pas produire le charbon de bois, par conséquent la couverture végétale est devenue plus épaisse. Approximativement à la même époque les transports mécanisés ont remplacé les chameaux, ce qui a favorisé aussi la restauration de la végétation. A présent, nous rendons nettement compte que si les investissements pour la protection de l'environnement s'abaissent, les probabilités de désertification s'accroissent. Si les bas prix existant sur la viande restent inchangés, alors, selon toute vraisemblance, se conservera le transfert saisonnier du bétail vers de nouveaux pâturages, le niveau de vie de la population rurale s'abaissera par rapport à celui de la population urbaine. Et la désertification peut s'ensuivre.

L'exemple de l'Iran montre que la politique du gouvernement a en fait augmenté le danger de désertification. Au cours de la période de 1925 à 1941, les nomades vivant dans le Sud-Ouest de l'Iran, ont été forcés de mener une vie sédentaire. Après 1941, plusieurs tribus, telle que les Kachgais, profitant de la situation politique instable, sont retournées à la vie nomade. Cela a duré presque sans intervention de la part des autorités jusqu'au début des années 1960. Les Kachgais continuaient à mener la vie nomade en faisant parcourir au bétail de grandes distances entre les pâturages hivernaux dans les plaines du Housistan et ceux estivaux dans les montagnes de Zagros. Au cours de nombreuses années de vie nomade, les éleveurs de bétail ont inventé un système efficace d'utilisation de la végétation en se déplaçant sur de nouveaux pâturages, à des hauteurs différentes, à mesure que la nouvelle herbe y apparaissait.

En 1960, le gouvernement a soumis la migration à un contrôle étroit. Il l'a fait pour des considérations

politiques. Par suite de quoi, les éleveurs ont été obligés de déplacer le bétail non conformément à des principes écologiques, mais selon les indications des pouvoirs militaires locaux. Cela a amené le surpâturage dans certaines régions, et a en pour conséquence la réduction du bétail, tandis que dans d'autres régions les pâturages n'ont pas été exploités complètement. A cause de la dégradation de certains pâturages clés sur les voies de migration et de la pression des militaires, beaucoup d'habitants locaux de la tribu Kachgai ont abandonné la vie nomade et sont passés à une vie sédentaire. Cependant après le renversement du schah en 1979, et par suite de l'adoucissement du contrôle de la part du gouvernement, un certain nombre d'anciens nomades sont retournés à leur vie passée [Beck, 1981].

Il est peu probable que les Kachgais et autres peuplades reviennent définitivement à la vie nomade; mais sans aucun doute une telle forme de l'utilisation des terres était très efficace et équilibrée [Birks, 1981].

Dans l'oasis d'Ispahan, les sols se dégradent pour une raison insolite. A la fin des années 1960, on a construit un grand barrage sur un cours d'eau, le Zayanden, qui traverse l'oasis. Cela signifiait que de grandes inondations ne menaceraient plus l'oasis. Pour la plupart des terres cultivées cela a été une amélioration; mais dans les régions situées à l'aval du fleuve, où les sols étaient fortement sales, l'agriculture n'était possible que grâce aux crues, qui garantissaient le régime de lavage au cours des inondations. Après la construction du barrage, les crues ont diminué et la récolte a été réduite. On peut supposer que dans un proche avenir de grandes superficies se dégraderont ici [Beaumont, 1980].

Partout dans l'oasis d'Ispahan, on trouve des villages abandonnés. Plusieurs d'entre eux ont été abandonnés il y a longtemps, et aujourd'hui il est difficile d'établir les motifs probables. Pourtant, dans certains cas, on peut supposer pourquoi les hommes ont cessé de cultiver la terre. Ces derniers temps, dans les villages situés au nord-est d'Ispahan, le volume d'eau amené sur les champs s'est réduit brusquement et beaucoup de terres sont devenues moins fertiles. Selon des données, obtenues pour des régions voisines, l'abaissement du niveau des eaux souterraines ne dépend pas de la quantité des précipitations. On prélève l'eau des nappes phréatiques avant qu'elle n'arrive dans la région. D'après l'étude des photos aériennes de 1956, à cette époque sur les hautes terres on n'a travaillé que des superficies peu importantes. Toutefois l'analyse des renseignements obtenus en 1970 par les satellites artificiels de la Terre, montre que plus tard on a commencé à cultiver ces terres d'une manière intensive. Des puits profonds ont été creusés pour arroser les champs. Malgré que des études hydrologiques ne sont pas encore faites, on peut supposer que l'abaissement du niveau dans la partie inférieure du système des eaux souterraines est dû au pompage de l'eau des puits quelque part plus haut. A cause de ce que les brasseurs d'affaires venus de la ville commencent à cultiver de nouveaux terrains, dans d'autres endroits, le système de l'agriculture traditionnelle commence à se dégrader.

Dans d'autres parties de l'Iran, les terres se dégradent et sont abandonnées pour d'autres raisons. Le programme de réformes agraires proposé déjà en 1962 a amené des changements dans le système de propriété de la terre dans les oasis du plateau cent-

ral, bien que l'ordre ancien de répartition des eaux pour l'irrigation soit resté le même. C'est pourquoi, beaucoup de gens parmi ceux qui avaient acheté des parcelles ne pouvaient pas les cultiver faute d'eau. D'un autre côté, ils n'avaient pas assez d'argent pour creuser de nouveaux puits. Cela a eu lieu à Bème, en particulier, où les sols irrigués étaient disposés autour des jardins clôturés. Quand la base de l'exploitation du sol était le principe selon lequel les cultivateurs devaient donner la moitié de la récolte pour le bail, les propriétaires fonciers étaient intéressés à amener une quantité d'eau suffisante sur les champs [Ehlers, 1980]. Après la répartition des terres de nombreux anciens propriétaires fonciers ont cessé de s'en préoccuper, par suite de quoi les sols se sont dégradés.

Des indices d'abandon se manifestent également dans l'oasis Siva en Egypte. Plusieurs villages péripériques ont été abandonnés, leurs habitants se sont installés auprès des principaux centres ou ont changé de région. Les jardins fruitiers et les palmeraies ont été abandonnés, et finalement les arbres ont péri. Dans quelques cas, le gouvernement a fait des tentatives pour améliorer ces terrains, mais presque toutes ont échoué. La haute minéralisation des eaux souterraines a été la principale cause de la désertification. Elle a provoqué l'accroissement excédentaire de sels. Pour l'éviter, il est nécessaire de faire des dépenses importantes. Beaucoup d'hommes physiquement forts parmi les paysans sont partis pour la Lybie et se sont embauchés dans les exploitations pétrolières. Ainsi la main-d'œuvre a été réduite, les systèmes de drainage sont devenus moins efficaces et la salinisation des sols s'est accrue. L'augmentation de l'élevage dans l'agriculture destiné à l'approvisionnement en viande de la Lybie voisine a redoublé les difficultés. Le bétail a augmenté ce qui a amené au surpâturage, à la réduction des pâturages et des ressources fourragères [Ghonaim, Gabriel, 1980].

La cause la plus importante de la dégradation des terres irriguées au Proche-Orient, c'est l'augmentation de leur salinisation. Ce problème existe depuis longtemps. Par exemple, déjà en Mésopotamie, beaucoup de terres ont été abandonnées à cause de l'accumulation de sel. Cependant, si les terres sont laissées en jachère durant longtemps, les sels se lessivent et les sols deviennent cultivables. Au contraire, la vallée de Nil présente un excellent exemple de l'utilisation du sol à long terme grâce à l'irrigation. Dans certaines régions, on a cultivé les terres inondables au cours des millénaires sans aucun indice sérieux de salinisation. Ici le système d'agriculture est basé probablement sur la purge des terres par les eaux du Nil pendant les crues. Les sels accumulés au cours de l'année sont évacués par les eaux [Hamdan, 1961]. Ces dernières années, la fiabilité de ce système a été considérablement perturbée par l'introduction de l'irrigation continue toute l'année. L'exhaussement du niveau des eaux souterraines présente à l'heure actuelle un danger sérieux pour la culture ultérieure des champs.

Il est particulièrement regrettable que maints grands ouvrages d'irrigation au Proche-Orient destinés à améliorer les sols ne soient pas en état d'assurer leur haute fertilité [Field, 1972]. Voici ce qui se passe vraisemblablement. Durant la période initiale, la récolte est assez grande, toutefois, peu après, elle commence à s'abaisser sous l'effet de l'exhaussement

du niveau des eaux souterraines et de la montée de la salinisation du sol. La durée de l'étape initiale favorable peut être différente. Dans un cas les difficultés surgissent déjà quelques mois plus tard; alors que dans un autre le système fonctionne bien quelques années avant que le problème ait une acuité particulière. Quand la salinisation atteint un degré tel qu'il commence à influencer sérieusement sur la récolte, la réalisation des mesures efficaces est bien difficile. Mais, probablement, au niveau actuel du développement de la technique il est possible d'élaborer des systèmes de drainage efficaces. Pourtant, aux endroits où on a construit de nouveaux ouvrages, les difficultés potentielles sont tellement grandes qu'il n'y a pas de procédés réels, du point de vue économique, pour les surmonter. Autrement dit, ces programmes sont condamnés à l'insuccès étant encore en voie de réalisation.

Les mesures, que les gouvernements de différents pays prennent pour lutter contre la désertification, sont différentes les unes des autres. Cependant, il

faut noter que pas un seul état du Proche-Orient n'a encore réussi à élaborer un programme universel qui permettrait de réduire considérablement ce danger. Les difficultés naissent en partie à cause de l'accroissement de la population qui augmente la charge sur la terre.

Ces derniers temps, le danger de désertification est reconnu presque par tous les pays du Proche-Orient bien que les efforts de lutte contre ce phénomène ne soient pas identiques partout. Certains pays ont fait d'énormes investissements pour des ouvrages qui ne peuvent pas donner de profit économique; alors que d'autres pays ont fait très peu dans ce domaine ou n'ont rien fait. Pourtant, tous les pays se heurtent à la nécessité de nourrir et d'employer leur population, dont le nombre s'accroît constamment. Sans aucun doute, presque tous les plans du développement futur de cette région prendront en considération particulière les problèmes de lutte contre la dégradation des sols.

Chapitre XIV

LE DEVELOPPEMENT DES TERRITOIRES ARIDES EN ASIE DU SUD

H. Mann (Inde)

La productivité biologique des terres arides diminue progressivement sous l'influence irrationnelle des

Tableau 27

Facteurs	Processus	Conséquences
1. Changements de climat	Aridisation, sécheresse	Tempêtes de poussière, érosions des sols, baisse de productivité des cultures agricoles, dégradation du tapis végétal, migration des troupeaux, nomadisme
2. Croissance démographique	Mise en culture des terres marginales	Baisse de productivité des cultures agricoles, érosion des sols, perte de fertilité
	Développement de l'agriculture irriguée	Emmarécagement, salinisation, utilisation en excès des eaux souterraines, introduction de plantes adventices et de nouveaux parasites
3. Accroissement du cheptel	Exploitation de la biomasse des forêts	Dégradation des forêts, réduction de la régénération naturelle et de la population d'animaux sauvages
	Surpâturage	Dégradation des ressources en végétation, baisse de productivité de l'élevage, migration des troupeaux et développement du nomadisme

activités humaines. La croissance démographique mine l'équilibre traditionnel entre l'homme et la biosphère, et cette évolution peut tourner en désastre faute de mesures rigoureuses en vue de créer un environnement sain. La protection des ressources naturelles est probablement le plus nécessaire des programmes de développement.

En Asie c'est aux Indes qu'on peut voir de vastes régions des terres arides, y compris des déserts chauds aussi bien que froids. Des terres arides de superficie de 300000 km² environ ne se trouvent qu'au nord-ouest des Indes, tandis que des terres semi-arides s'étendent profondément au Sud.

Les aspects biotiques et abiotiques des déserts ont été déjà décrits en détail [Mann, 1974; ICAR, 1977]. Quelques données sur la répartition en Inde des régions à différents degrés d'aridité seront exposées dans le chapitre suivant.

Les problèmes de la désertification. En laissant de côté la géotectonique et l'orogénèse de la région de Thar (Grand Désert indien) il convient de relever trois principaux facteurs de détérioration de son écosystème menant à la désertification (tableau 27). L'analyse des divers paramètres climatiques du désert de Thar fait apparaître que l'indice d'aridité, égal à 80, s'est déplacé vers l'est entre la première et la deuxième décennies du XX^e s., en particulier dans les régions de Ganganagar, Bikaner, Churu et Jodhpur. Ce phénomène n'a pas été constaté pour Barmer et Jalore. Cet indice a varié légèrement entre 1920 et 1970, au nord dans la région de Churu et au sud dans celle de Jalore. Dans le district de Churu, l'aridité se trouvait à son maximum en 1951—1960, lorsque l'indice d'aridité égal à 80 s'est déplacé

complètement vers l'est. A Jalore, ce déplacement a atteint son maximum en 1961—1970, portant ainsi témoignage de l'aridité accrue de cette région [Krishnan, 1977].

La population des régions arides du Rajasthan, évaluée à 3,56 millions en 1901, est passée à 10,23 millions en 1971, augmentant de plus de 3 fois. Cela signifie que le taux de croissance démographique (158%) est plus élevé dans le désert que dans tout le pays (132%). La densité de la population varie de 157 à 4 personnes au km². Comme conséquence, on peut relever le fait qu'à l'ouest du Rajasthan, la mise en culture des terres marginales a progressé de 44,6% de 1951 à 1961 et de 9,47% de 1961 à 1971. Les pâturages et autres terres à vocation agricole ont reculé respectivement de 16,8 et 6,95%. L'extension de l'agriculture à sec sur les terres marginales a entraîné non seulement la baisse du rendement des cultures, mais a en plus accentué l'érosion des sols en conduisant à l'utilisation excessive des eaux souterraines etc.

La croissance démographique aggrave la charge sur les ressources végétales du désert. Arbres, arbrisseaux, et même leurs racines sont utilisés par la population comme combustible, aliment, pour construire des maisons et des clôtures. On a calculé que les besoins de la population en biomasse forestière sont passés de 1,85 millions de tonnes en 1951 à 3,33 millions en 1971. Les graines et les cosses des cultures arbustives sont considérées comme des mets délicats par la population. Ainsi, les graines de l'acacia sénégale, les fruits de Capparis decidua et les cosses de Prosopis cineraria sont presque entièrement consommés par la population, tout comme les fruits de Zizyphus nummularia poussant sur certains sites désertiques. Les graines des herbes comme Panicum turgidum, P. antidotale, Cenehrus biflorus, Echinochlea colonmu sont mélangées au mil pour la préparation de la pâte sans levure «tchapati», en particulier dans la période sèche. Les graines des herbes sont également ajoutées pour élever les qualités nutritives des aliments. L'intensité du ramassage des graines influe sérieusement sur la reproduction naturelle de la végétation dans les régions désertiques.

Malgré la basse productivité des terres arides au Rajasthan, le cheptel y est assez nombreux. Fait paradoxal, nonobstant la réduction de la superficie des pâturages productifs, le cheptel a augmenté avec une rapidité inquiétante, passant de 9,4 millions de têtes en 1951 à 15,5 millions en 1972. La charge exercée par le bétail sur 100 ha de pâturages a marqué une augmentation de 72 unités en 1951 à 175 en 1971, et ceci non seulement dans le désert, mais aussi dans les régions voisines où elle n'a pas toutefois été aussi spectaculaire (25% contre 293% dans les régions désertiques).

Durant la même période, le cheptel caprin et ovin variait entre 57,1 et 69,3%. A la suite de sécheresses prolongées (1967—1971), des migrations et épizooties, le cheptel composé de bêtes aussi résistantes que les chèvres, a quand même augmenté de 34%. La charge exercée par le bétail sur les pâturages se manifeste par le recul du tapis végétal, à tel point que les successions naturelles ont subi des changements dans certaines régions désertiques. La raréfaction des espèces fourragères entraîne à son tour la baisse de productivité du bétail.

L'irrigation est le principal mode d'exploitation des terres arides, principalement pour les cultures agricoles. Mais la mauvaise utilisation des systèmes d'irrigation provoque des conséquences négatives au niveau des écosystèmes naturels. Ainsi, dans la région d'Anupgarh Shakha, le niveau des eaux souterraines monte de 1,52 m annuellement. Il y a des régions où la nappe monte à raison de 3 m annuellement. Dans la basse plaine inondable du Chaggar, le niveau des eaux phréatiques s'est élevé de 6 à 9 m. La montée des eaux souterraines en présence de couches gypseuses imperméables fait apparaître un grave danger d'emmarécement.

Des étangs («tanki») et des digues sont aménagés en divers points du désert de Thar pour recueillir les eaux de pluie utilisables pour l'irrigation. Ces travaux contribuent également à perturber les écosystèmes désertiques, en provoquant la montée des eaux de nappe et la salinisation des sols. Jusqu'à 1958, 8,3 km² de terres productives étaient soumises à la salinisation: depuis, cette dernière s'est étendue encore sur 15,6 km². Si ces tendances se maintiennent, la salinisation peut affecter encore 40 km² dans cette seule région.

La comparaison des résultats des recherches montre que dans la région de Luni, pour une période de 18 ans (1958—1976), les activités humaines ont conduit à l'intensification du mouvement des sables sur une étendue de 166 km². Simultanément, 67,9 km² sont soumis à la déflation. On a également découvert que la mobilité actuelle des sables a conduit à l'accroissement des apports de sable le long des barrières placées auparavant, sous forme d'amoncellements hauts de 15—30 cm et longs de 1 à 2 m. Ce site constitue 163,3 km², ou 8,2% de la superficie totale de la région. Sur les dunes de sable fixées de l'extrême Nord-Ouest, on constate également des apports latéraux de sable de 1—2 m et de 3—5 m sur les crêtes.

On a établi qu'au total environ 9290 km², ou 4,35%, du Rajasthan de l'Ouest sont déjà le domaine de la désertification. D'après le degré de désertification, on distingue 162900 km² (76,15%) de terres fortement et modérément vulnérables; et 41692 km² (19,5%) de terres modérément et faiblement vulnérables.

Approche complexe de la lutte contre la désertification. Beaucoup de technologies heureuses de lutte contre la désertification ont été élaborées à l'Institut Central des études de la zone aride, qui se trouve à Jodhpur.

Contrôle de l'érosion des sols. On a mis au point une méthode de fixation des dunes de sable dénudées [Kaul, 1970; Muthana, 1977] qui menaçaient les habitations et les champs. La technologie dont on a calculé le coût retenu pour la fixation des sols érodés dans les régions désertiques a porté sur le choix de plantes déterminées pour l'afforestation, l'aménagement de bandes forestières protectrices et de pâturages boisés [Kaul, 1970; Acharya et al., 1977, Paroda et al., 1980].

On a uniformisé les méthodes d'atténuation des conséquences négatives des vents chauds et violents, ainsi que du taux élevé d'évaporation, pour utiliser plus complètement les rares précipitations; on a élaboré une technique pour créer des bandes forestières protectrices, préserver les ressources hydriques

et les eaux de nappe [Mann, 1980; Singh, Mann, 1979].

Cultures possibles. Pour planer les mauvaises récoltes (répartition inégale des précipitations, sécheresses fréquentes) et assurer une source de revenus stable, on pratique dans les régions arides la culture du ber (*Zizyphus nummularia*). On a mis au point et introduit une technologie de culture fruitière accélérée de ber et autres arbres fruitiers. Un seul arbre procure 45—50 kg de fruits (prix: 125 roupies) dans des conditions de précipitations instables et sur des terres marginales, avec des investissements minimaux [Pareek, 1977].

Utilisation optimale de l'eau. Près de 60% des eaux souterraines du Rajasthan aride sont très minéralisées (2,25 mmhos/cm). Des études faites antérieurement [Kanwar, Manchanda, 1964; Paliwal, Maliwal, 1971; Dhir, 1977] ont renseigné sur le choix des cultures et le rendement attendu suivant la qualité de l'eau. Nonobstant le fait que les systèmes d'irrigation utilisant les eaux minéralisées sont peu rentables et exigent une gestion spéciale, ils s'avèrent justifiées dans les années de mauvaises récoltes pour la bonne raison qu'ils permettent de régler le problème de la faim.

L'optimisation en matière d'irrigation limitée est réalisée en ajustant les faibles normes d'arrosage aux dépenses. La répartition de l'eau sur de grandes surfaces est économiquement intéressante pour la raison que le rendement général est plus élevé malgré le faible rendement par unité de surface. L'introduction de l'irrigation en gouttes est recommandée même si l'eau est minéralisée, et ses avantages par rapport à l'aspersion et aux autres procédés d'irrigation la rend applicable à toute une série de cultures: *Solanum tuberosum*, *Citrullus vulgaris*, *Luffea acutangula*, *L. cylindrica* et *Lycopersicon esculentum* [Singh, Mann, 1979].

Protection des plantes. On a mis au point des méthodes bon marché et accessible de préservation des cultures agricoles contre les insecticides et les rongeurs [Kushwana, Pal, 1977; Pal, 1977; Prakash, 1976].

Sources d'énergie de substitution. Les recherches en cours portent sur certaines utilisations de l'énergie solaire à des fins ménagères, agricoles et industrielles (chauffage de l'eau, séchage des fruits et légumes, cuisson des aliments, dessalement des eaux minéralisées) [Garg, 1975].

Sédentarisation des nomades. Les mesures prises pour faire passer la population nomade et semi-nomade à une vie sédentaire compte tenu des structures sociales et des valeurs culturelles, peuvent donner de bons résultats. Les enquêtes sociales et économiques réalisées parmi la population sédentaire, ont permis de se renseigner en détail sur la population, les relations sociales et économiques entre les castes, la structure de la gestion de l'économie sédentaire, la main-d'œuvre dans les villages, les groupes d'exploitations paysannes, la taille des propriétés foncières, les rapports entre l'homme, l'animal et la nature, la structure des habitants ruraux, l'histoire de l'exploitation du sol, les formes de la culture des plantes, l'artisanat paysan, l'endettement, etc. [Malhotra, 1977].

Programmes. On a beaucoup déjà fait dans le domaine de la planification et du financement des programmes d'amélioration de l'environnement dans

la zone désertique de l'Inde. En 1970—1971, le gouvernement de l'Inde a lancé un programme de travaux publics ruraux, visant surtout à implanter des productions employant beaucoup de main-d'œuvre dans les régions exposées aux sécheresses: ceci a été fait en plus de mesures de développement prévues dans les programmes des Etats correspondants à ces régions. Le programme des travaux à la campagne avait pour but:

- la réalisation d'ouvrages d'irrigation de grande, moyenne et petite taille, incluant la planification des terres et le développement de l'infrastructure;
- la protection des sols et le boisement;
- l'essor de la production agricole;
- la création de structures de vente des produits agricoles;
- la construction d'un réseau routier à la campagne, indispensable pour le développement des échanges.

Un peu plus tard, ce programme a été étendu et transformé en plan de développement territorial intégré destiné à résoudre totalement les problèmes causés par la sécheresse dans ces régions. Etant donné cela, les programmes visant à assurer le plein emploi ont passé au second plan, et une attention particulière a été accordée aux programmes portant sur une solution radicale dans la lutte contre la désertification. Depuis 1972—1973, ce programme porte le nom de «Plan de développement des régions soumises aux sécheresses», et inclut les rubriques suivantes:

- mise en valeur et gestion des ressources en eau;
- mesures de protection des sols et de rétention de l'humidité;
- afforestation à priorités sociales et économiques;
- amélioration des pâturages par rapport au développement de l'élevage des moutons;
- développement de l'élevage et de la production laitière;
- restructuration des assolements et emploi de procédés agrotechniques nouveaux;
- promotion de métiers auxiliaires;
- développement de l'infrastructure;
- approvisionnement en eau potable;
- électrification des campagnes;
- construction de routes vicinales;
- transport du lait.

La stratégie du programme consiste à accroître au maximum la production agricole dans les années suffisamment humides, et à minimiser les pertes qui surviennent dans les années sèches. Comme le développement de l'agriculture dans ces régions a des limitations évidentes, les paysans préfèrent s'adonner à l'élevage du bétail, des volailles, à la sériculture et à l'horticulture. On a entrepris de créer l'infrastructure nécessaire pour le développement de l'élevage des vaches laitières et des moutons. L'afforestation se poursuit sur une assez grande échelle pour améliorer la situation écologique et mieux satisfaire les besoins de la population rurale et du cheptel en accroissement. Un peu auparavant l'amélioration des pâturages forestiers et des forêts abandonnées était un problème urgent. Grâce au développement de l'électrification des campagnes, les eaux souterraines ont commencé à être mieux utilisées.

En 1977—1978, le gouvernement de l'Inde a

procédé à la mise en œuvre du «Programme de développement des déserts» visant au développement global des régions désertiques par l'essor de la production, l'accroissement des revenus et le plein emploi de la population, ce qui suppose l'utilisation optimale des ressources matérielles, humaines et biologiques. Le programme inclut les projets de création de pâturages, de développement de l'élevage en particulier celui des moutons et des chameaux, ainsi que des produits laitiers, et de l'industrie forestière. Pour le développement de l'infrastructure, on n'avait que l'électrification des campagnes, et seulement à une échelle réduite. Plus tard, on a inclus dans le programme certains projets finalisés qui concernaient 19 districts administratifs dans 5 Etats, à savoir: Rajasthan, Haryana, Jammu-et-Kashmir, Himachal Pradesh-et-Gujerat. 11 districts sur les 19 se trouvent au Rajasthan, principal bénéficiaire de ce programme. Précisions à titre de comparaison, que le programme susmentionné 1972—1973 couvrait 73 districts dans 13 Etats, dont 13 districts dans le seul Rajasthan. Dans certains districts, les deux programmes sont appliqués simultanément, comme, par exemple, dans 9 districts du Rajasthan.

Le gouvernement de l'Etat de Rajasthan a institué un Comité pour la promotion des déserts et un Département d'afforestation et de valorisation des pâturages, lequel réalise un grand travail. Ce programme pour 1981 prévoyait les mesures suivantes:

- plantation d'arbres sur les terres paysannes (1218000 ha);
- plantations pour l'élevage du ver à soie (4750 ha);
- plantations d'arbres autour des villages pour le combustible et l'alimentation du bétail (2800 ha);
- fixation des sables mobiles (13850 ha);
- bandes forestières protectrices et plantations le long des routes (4304 km);
- développement et amélioration des pâturages (19500 ha);
- constitution de stocks de fourrages (10600 quintaux);
- plantations le long des canaux (3600 ha).

Le programme d'afforestation de la zone du canal du Rajasthan — qui prévoit la protection du canal, des routes et des cultures contre les sables mobiles ainsi que la fourniture aux paysans de combustible, de bois d'œuvre et d'aliments pour le bétail, — est appliqué, avec le concours de la BIRD sur 200000 ha (1^{re} étape de la 1^{re} tranche). On procède actuellement aux derniers travaux de la seconde étape de la 1^{re} tranche (246000 ha). Des bandes forestières protectrices sont plantées le long des canaux et des routes et des plantations d'arbres sont faites en vue de leur procurer du combustible; à proximité des villages; en outre, des travaux sont en cours en vue de fixer les sables mobiles et développer les pâturages. Les réalisations accomplies ces dernières années permettent d'espérer la régénération du tapis végétal, au moins sur certaines parties des

zones désertiques. Les fonds alloués pour ces travaux par le 6^e plan quinquennal représentent 77 millions de roupies.

Quelques enseignements pour les pays en voie de développement. La lutte contre la désertification et le caractère d'exploitation des terres dans les régions arides de l'Inde doit prendre en compte l'équilibre fragile qui peut facilement être rompu. C'est pourquoi, les plans de développement doivent être basés sur le maintien d'une productivité optimale stable; l'emploi de technologies acceptables écologiquement, socialement et économiquement; le développement de méthodes de gestion nouvelles et de recyclage des cadres.

La réalisation des programmes d'exploitation de la terre exige la mobilisation de l'opinion publique parallèlement aux mesures législatives et administratives. Il est indispensable d'appliquer sans plus tarder dans les régions arides une politique semi-démographique énergique contrôlant l'accroissement de la population, ainsi que celui du cheptel.

L'agriculture dans les régions à faible pluviométrie se répercute négativement sur le milieu naturel et accentue la mobilité des sables. C'est pour cette raison précisément qu'il faut attacher une importance toute particulière au développement des pâturages productifs et à la promotion des activités n'exigeant pas la consommation de grandes quantités d'eau.

Il est nécessaire de développer les moyens traditionnels d'utilisation des eaux de surface par les habitants des déserts à la base des technologies et ressources modernes. Les projets déjà réalisés ou à venir offrent de grandes possibilités pour améliorer d'utilisation de l'eau.

Non seulement les processus de désertification, mais aussi les conséquences d'utilisation des technologies nouvelles, doivent être contrôlés pour apprécier leur impact sur l'environnement.

Les technologies existant actuellement mettent trop longtemps à atteindre les agriculteurs et les industriels ruraux. De ce point de vue, les régions désertiques doivent être l'objet de beaucoup plus d'attention.

Il faut que les plans pour les périodes de sécheresse et d'humidification excédentaire soient conçus de telle sorte que les gens puissent être à l'abri de toute surprise.

Il faut également resserrer les liens entre les chercheurs, spécialistes des déserts (ceux qui élaborent les technologies), les administrateurs et les politiciens (ceux qui formulent la politique et prennent les décisions).

Les programmes d'emploi, lancés dans les périodes de sécheresses, doivent viser à accroître la productivité des terres arides où vit une partie importante de la population rurale.

Il faut également tirer un plus grand parti du développement du tourisme, en observant toutes les mesures indispensables de protection de la nature, pour améliorer le niveau de vie des habitants des zones arides.

LA DESERTIFICATION EN INDE ET LES PROBLEMES DU DEVELOPPEMENT REGIONAL INTEGRE

G. Sdassiouk (URSS)

Dans le précédent chapitre ont été exposés les plus importants aspects de l'état actuel du développement de l'économie sur les territoires arides et semi-arides de l'Inde, ainsi que les tendances qui se manifestent. Nous allons poursuivre ce thème, en changeant toutefois le principal côté de son étude et en nous appuyant sur des faits réels complémentaires. La plus grande attention sera accordée, dans ce chapitre, aux problèmes du développement global de ces territoires. Il faut également faire remarquer que, d'une façon générale, l'étude du développement économique des régions sèches de l'Inde peut servir de base réelle pour généraliser toute l'expérience de mise en valeur des territoires arides, ainsi que la lutte contre la désertification dans les conditions spécifiques des pays en voie de développement. Ceci est conditionné par l'ensemble des raisons suivantes.

Les territoires arides constituent environ 60% de la superficie de l'Inde et se distinguent par une grande diversité des types naturels, présentant en même temps différents niveaux de développement économique et social. L'Inde — l'un des pays les plus irrigués du monde — possède une riche expérience dans le domaine du développement de l'irrigation, base d'une agriculture stable dans les régions arides. De même que la plupart des pays en voie de développement les régions arides et surtout les régions désertiques de l'Inde sont les plus retardées sur le plan économique et social. La politique régionale est appliquée depuis plus de 30 ans — depuis les débuts de la planification de l'Inde indépendante; une de ses tâches majeures est la promotion et le développement des régions retardataires, parmi lesquelles les régions arides sont plus spécialement concernées. Le pays déploie un vigoureux effort de recherche destinée à évaluer les ressources en eau et à utiliser rationnellement les terres arides, à lutter contre la désertification et à baser scientifiquement la planification régionale. Depuis 1952, existe au Rajasthan, au centre du désert de Thar, l'Institut Central de recherches de la zone aride (dans la ville de Djodhpur); en 1972, a été fondé, au sud du pays, l'Institut international des cultures des tropiques semi-arides (à Haiderabad).

D'après le degré d'aridité, le territoire du pays est divisé en 4 principales catégories (conformément à la classification du PNUE): 1) les terres proprement arides, qui occupent la partie nord-ouest du désert de Thar limitrophe du Pakistan (5% de la superficie totale des territoires arides de l'Inde); 2) les terres semi-arides attenantes (25%); 3) les terres à humidité insuffisante (30%) et 4) les terres de transition à celles à humidité suffisante (40%) (voir fig. 9). Le territoire le plus aride, le désert de Thar, est situé au nord-ouest, occupant la majeure

partie du Rajasthan (Etat le plus désertique de l'Inde), et les régions voisines du Haryana et du Penjab. Les territoires désertiques et semi-désertiques s'étendent également sur les péninsules de Katch et de Kathiavar, et occupent une partie considérable de l'Etat de Gujarat. L'aridité diminue progressivement vers le nord-ouest; mais la zone d'humidification insuffisante s'étend en une bande assez large au Deccan, au voisinage des Ghats occidentaux, occupant une partie des Etats de Maharashtra, Madhia Pradesh, Adhra Pradesh, Karnataka et Tamilnadu.

Les territoires les plus arides de l'Inde sont également les plus retardataires sur le plan social et économique. En effet, le Rajasthan, le Katch et le Katchiavar, qui constituent la zone de la plus grande aridité, étaient à la période coloniale un conglomérat de petites principautés très retardataires et pratiquement isolées du reste du pays. Actuellement, c'est une zone d'agriculture peu productive, principalement d'agriculture à sec et d'élevage de transhumance.

La croissance démographique rapide, allée à la faible diversification sectorielle de l'économie des régions arides et aux possibilités limitées de migration de la population rurale vers des villes peu nombreuses, accroît la charge anthropogène sur les écosystèmes naturels fragiles de ces régions. Ce phénomène tend en plus à s'accélérer. Ainsi, à partir des années 1920, le taux de croissance démographique du Rajasthan — dans les limites duquel se trouve la majeure partie du désert de Thar, — est constamment supérieur à la moyenne nationale. Cet accroissement est devenu particulièrement important à partir des années 1950, atteignant son maximum vers 1971—1981 (32,36% contre 24,7%). La population du Rajasthan est passée de 14 millions en 1941 à 34 millions en 1981, dont plus de 8 millions d'augmentation au cours de la dernière décennie; la densité moyenne a atteint 100 personnes au km². C'est en Inde que se trouvent les régions arides les plus peuplées du monde.

Ces processus socio-démographiques s'accompagnent de défrichement actif des terres marginales, de réduction des pâturages et d'accroissement du cheptel. La montée en flèche des prix des hydrocarbures dans les années 1970, a provoqué la destruction accélérée de la végétation et même des racines, utilisées en qualité de combustible dans les exploitations paysannes. On a également commencé à utiliser aux mêmes fins de plus en plus de fumier séché, ce qui prive les champs de la principale source d'engrais organiques. De la sorte, les facteurs humains d'arriération sociale et économique, et l'exploitation accrue de la nature par des méthodes primitives, minent les cycles normaux de régénération des ressources naturelles renouvelables en accentuant

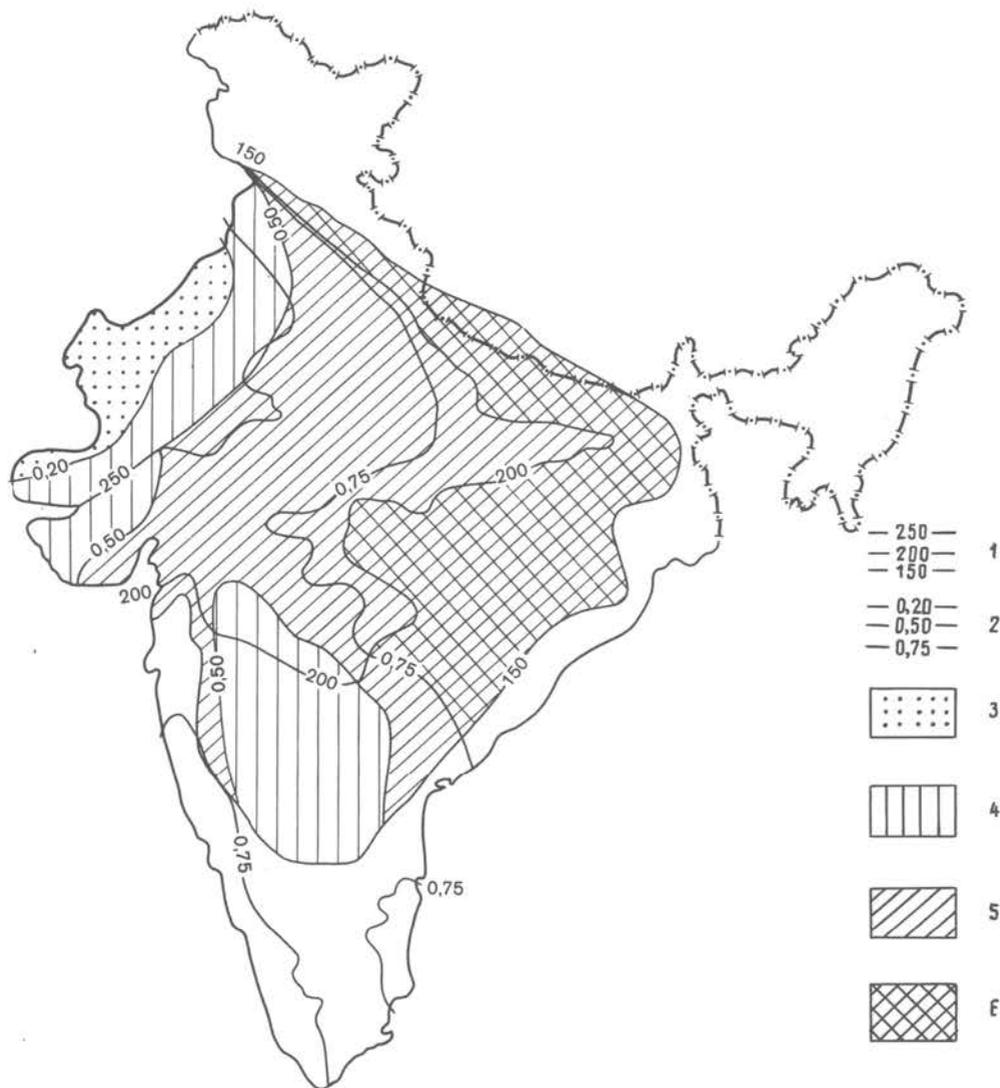


Fig. 9. Régions arides de l'Inde (d'après Legris, Viart, 1959 et World Distribution of Arid Régions, UNCOD, 1977):

1 — nombre de jours secs par an d'après Legris et Viart; 2 — coefficient hydrothermique du Penman; 3 — région de déficit maximal en humidité (désert de Rajasthan); 4 — régions de déficit considérable en humidité (Rajasthan Central, partie deccane du Maharashtra, partie des plateaux de Karnataka et d'Andhra; 5 — régions de déficit modéré (Inde Centrale, régions attentes au Deccan); 6 — région de transition aux aires à humidification suffisante (Plateaux de Chhota Nagpur, Chattisgarh, Baghelkhand)

la désertification. Selon certaines estimations plus de 70% des territoires arides de l'Inde sont soumis à l'action de différents facteurs de dégradation.

Les processus de désertification ou de dévastation qui sont considérés comme la chute générale de la productivité des terres ont pris encore de plus grandes proportions en Inde où l'on reconnaît officiellement que les pertes que le pays subit du fait de la dégradation continue des ressources du sol ont pris des proportions alarmantes et minent sérieusement le progrès économique [Sixth Five Year Plan, 1981]. Selon les données du ministère de l'Agriculture (1980), sur une superficie générale de 304 millions d'hectares, pour laquelle on possède des renseignements, 150 millions étaient soumis à une forte érosion. D'après des estimations se rapportant au début de 1970, quelque 6 milliards de tonnes d'humus sont emportés tous les ans avec les eaux de ruissellement. La dégradation s'étend à 175 millions d'hectares soit près de 60% de la superficie

du pays. Elle affecte en premier lieu les territoires à vocation agricole. La déforestation s'accroît: «... sur les 75 millions d'hectares considérés comme terres boisées, en réalité moins de la moitié a une végétation suffisante; environ 20 millions d'hectares sont soumis à l'érosion. En fait, les forêts n'occupent que 12% de la superficie du pays, cependant que la politique nationale en matière d'afforestation assignait la tâche, en 1952, de porter cet indice à 33% [Sixth Five Year Plan, 1981]. Les territoires arides ont la plus pauvre couverture d'arbres. La destruction des forêts à une grande échelle, pratiquée ces dernières années dans l'Himalays et d'autres régions montagneuses, est particulièrement regrettable. Les forêts y sont absolument indispensables pour la protection des ressources en eau et l'érosion, une fois commencée, y connaît une grande intensité.

Mais ce sont les pâturages qui souffrent le plus du fait de l'énorme charge exercée par le bétail. On reconnaît officiellement que bien que 13 millions

d'hectares soient classés «pâturages permanents», ces superficies sont en réalité privées de toute végétation à cause du surpâturage, ou sont utilisées à d'autres fins [Sixth Five Year Plan, 1981]. Les pâturages de l'Inde sont de véritables foyers de déflation et d'érosion du tapis végétal et du sol qui affectent les territoires attenants.

Selon le Comité des ressources naturelles de la Commission du Plan, «on n'a pas réalisé une étude complète du ravinement sur les plaines alluviales du Nord du pays; mais dans le seul Etat d'Uttar Pradesh, 3,5 millions d'acres sont détruits entièrement par les ravines et 5 millions d'acres sont en voie d'érosion intense. Les mêmes superficies ont été perdues à cause du ravinement au Madhya Pradesh, Dajsthan et Gujerat sur les bords du Chambal, du Kali Sind, du Mahi et du Samarmati. Si on ne prend pas des mesures pour arrêter une destruction ultérieure, le ravinement fera perdre de plus en plus de terres arables» [Study on Wasteland..., 1963].

Toujours à cause du ravinement, environ 1/6 des terres arables sur le plateau de Tchkhota Nagpur sont devenues absolument improductives. De grandes superficies sur ce plateau et en Inde centrale se couvrent d'une épaisse croûte de latérite, impénétrable à la charrue.

Après la destruction du tapis végétal, le ruissellement et la chute générale de productivité biologique des terres sont particulièrement rapides dans les régions de montagne. A l'ouest et à l'est des escarpements montagneux des Gha de grandes étendues «prédominant actuellement non les sites rupo-sylvestres, mais les sites rocheux couverts d'herbages et de buissons de savane accidentée d'origine incontestablement secondaire. Etant uniquement propres au pâturage principalement des moutons et des chèvres, ces terres sont très médiocres pour la culture. La destruction de la forêt primitive et le ruissellement qui s'en est suivi ont conduit à la dégradation quasiment irréversible des sols. La régénération de leur potentiel biologique initial par l'afforestation sur une grande échelle des pentes dénudées est associée à de très grandes difficultés» [Nikolaïev, Riabtchikov, 1967].

Le plateau de Chillong dans la région de Cherapunji, où la moyenne des pluies est la plus grande du monde, offre un spectacle étonnant: pendant la saison sèche cette région ressemble à un semi-désert. Les sols et les croûtes de sous-sol ont disparu sur la majeure partie du plateau en découvrant les roches-mères (grés stériles).

La dévastation des régions de haute montagne est particulièrement désastreuse au point de vue de ses conséquences et de son extension géographique. Déjà les autorités coloniales avaient dû se rendre compte de la destruction massive des sols dans les contreforts de l'Himalaya, au voisinage de la chaîne du Sivalik. Ainsi, dans le district de Hochiapur (Pendjab), la destruction des forêts et le défrichage total des plaines au XIX^e s. ont conduit à un ravinement intense; des coulées de sable — les «tcho» — dévalaient des pentes du Sivalik dans les plaines, changeant — chaque fois de «couloirs», et ensevelissaient les champs. On entend de plus en plus souvent dire: «Au Népal, l'Himalaya se meurt, en Inde, la montagne est gravement malade...». Le processus de désertification des plus hautes montagnes du monde, qui jouent le rôle de régulateur de l'appro-

visionnement en eau d'une grande partie du sub-continent sud-asiatique ne fait qu'intensifier les sécheresses et les inondations, et ceci à une échelle gigantesque. D'après les dernières estimations, les inondations ont doublé d'intensité en Inde au cours de la dernière décennie: de 20 millions d'hectares au début des années 1970, les superficies soumises aux inondations périodiques sont passées à 40 millions au début des années 1980 [Sixth Five Year Plan, 1981]. Les inondations se sont également multipliées dans les régions arides: en 1978, une grande inondation a eu lieu dans le bassin du Luni (désert de Thar); en 1981, une inondation dévastatrice s'est abattue sur la capitale du Rajasthan désertique, la ville de Jaipur. C'est à peu près vers la même époque (1979—1980) qu'une sécheresse sans précédent s'est étendue aux régions généralement assez humides de l'Inde du nord et de l'est: elle a affecté environ 38 millions d'hectares et mis en danger de mort 200 millions de personnes et 130 millions de têtes de bétail. Le gouvernement a examiné la question de la création d'un Institut national de lutte contre les calamités près la Commission du Plan. Le pays est désormais conscient que «le temps est venu où il faut formuler une nouvelle stratégie à long terme de prévision, de prévention et d'atténuation des conséquences des calamités naturelles» [Sixth Five Year Plan, 1981], qui exige l'élaboration de nouveaux concepts et programmes de développement. Il est évident que l'établissement de cartes des territoires ayant subi des calamités et de l'extension des divers types et stades de dégradation (en particulier des territoires où la dégradation est devenue quasiment irréversible) apparaît comme une des plus importantes directions de la recherche dans ce domaine.

A l'instar des autres pays de la zone tropicale et subtropicale presque tout le territoire de l'Inde, à l'exception des régions de haute montagne, possède des ressources thermiques illimitées pour la pratique de l'agriculture tout au long de l'année. Le principal facteur limitatif est le manque d'eau pendant les saisons sèches. La majeure partie du territoire du pays souffre périodiquement de sécheresse, ce qui se répercute gravement sur toute la vie économique. L'Inde tient un des premiers rangs mondiaux pour l'ampleur des travaux d'irrigation. Rien que depuis la proclamation de l'indépendance, la capacité des ouvrages d'irrigation est passée de 22,6 millions d'hectares en 1950, 1951, à 56,6 millions en 1979, 1980. On irrigue en moyenne un quart des terres agricoles (les réensemencements occupant à peu près 1/5 des terres). Les grands ouvrages d'irrigation constituent 43% du potentiel général, et plus de la moitié est assurée par les petits systèmes d'irrigation utilisant les eaux de surface et souterraines. Mais «malgré les énormes investissements consentis et l'essor spectaculaire de l'irrigation depuis ces 30 dernières années, le rendement est assez décevant» [Sixth Five Year Plan, 1981].

Voici les principaux défauts reconnus officiellement dans le domaine du développement de l'irrigation:

— productivité insuffisante des terres irriguées: les récoltes moyennes des céréales atteignent à peine 1,7 t/ha contre 4—5 t/ha sur les parcelles expérimentales;

— la construction de nombreux grands ouvrages

hydrotechniques retarde de 16 à 20 ans sur les délais fixés au départ. C'est notamment le cas du canal du Rajasthan, qui part du Satledj (Pendjab) et traverse le territoire du Rajasthan parallèlement à la frontière avec le Pakistan, en passant par les régions les plus arides du désert de Thar jusqu'à Djaisalmer. Sa construction se poursuit depuis la fin des années 1950; mais à la fin des années 1970, moins de 390 km, sur une longueur totale de 650 km, étaient mis en service, et ont permis d'irriguer 320000 ha (le potentiel d'irrigation de tout cet ouvrage sera de 1254000 ha [India. A Reference Annual, 1980]). Les ouvrages hydrotechniques se construisent tout aussi lentement dans d'autres régions arides: Nagarjunasagar (Andhra Pradesh) et Malaprabaha (Inde de Sud), et Tawa à Madhya Pradesh, etc;

— du fait du non respect des normes d'arrosage, du drainage insuffisant, et pour d'autres raisons la dégradation gagne les terres irriguées: inondation (6 millions de ha), salinisation (4,5 millions), alcalinisation (2,5 millions);

— à la suite de l'intensification de l'érosion, s'accélère l'envasement des cours d'eau, fait particulièrement dangereux pour les grands ouvrages d'irrigation, non seulement en raison de l'énormité des dépenses que nécessite le dévasement, mais dans la plupart des cas à cause de l'absence de sites alternatifs d'aménagement des réservoirs (Sixth Five Year Plan..., 1981).

On peut lire dans le Sixième plan quinquennal indien:

«Nous avons attaché une grande importance à la mise en valeur de nos ressources par la construction d'ouvrages d'irrigation de moyenne et de petite taille... Mais nous avons négligé l'exploitation correcte de nos terres et des ressources du sol, ce qui a conduit à leur forte dégradation».

Comme tâche stratégique on a recommandé l'utilisation maximale du potentiel d'irrigation existant, et l'extention de la production agricole par une meilleure utilisation des ressources en terre et en eau dans les régions d'agriculture irriguée. Dans les zones d'application de 76 projets d'irrigation, ont été institués des organismes spéciaux de gestion chargés d'élaborer et de mettre à exécution les plans de développement intégrés. Ces plans prévoient principalement la consolidation des terres, la modernisation de tout le système d'irrigation, l'aménagement d'un drainage efficace, l'introduction d'assolements rationnels, le développement du réseau routier, etc.

La Commission centrale des ressources en eau de l'Inde a entrepris d'évaluer le régime saisonnier de certains bassins fluviaux (en mettant en évidence les territoires soumis aux sécheresses), et étudie actuellement les possibilités de transférer une partie de l'écoulement de surface des régions disposant d'excédents de ressources en eau.

Dans l'ensemble, d'après les conditions de l'alimentation en eau, on peut distinguer trois principaux groupes de régions arides et semi-arides en Inde [Levintanous, 1981], dont le développement dépend de différentes conditions et possibilités (voir fig. 10).

I. Les régions de déficit absolu en eau — ce sont l'Ouest du Rajasthan, la péninsule de Katch et la Katchiavar. Dans ces régions la grande aridité se traduit par une pluviosité insuffisante et le faible

débit fluvial. A la fin de la construction du canal du Rajasthan, le potentiel hydrique du bassin de l'Indus (dont 20% de l'écoulement reviennent à l'Inde aux termes des accords internationaux) sera totalement épuisé. Pour ces régions, il importe de mobiliser au maximum leurs propres et limitées ressources hydriques. On étudie actuellement le projet de transfert d'une partie de l'écoulement du Narmada et du Maha vers le Dujarat et le Rajasthan. La commission du Plan de l'Inde fait remarquer à ce sujet: «Comme l'approvisionnement en eau devient insuffisant dans la plupart des régions du pays, en particulier sur les territoires arides et semi-arides, une grande importance revient désormais à l'utilisation des eaux de mer après dessalement» [Sixth Five Year Plan, 1981]. Ce problème est surtout important pour le Katch et le Kachiavar.

II. Les régions de déficit relatif en eau — le Sud du Haryana, l'Ouest du Tamilnadu, le Sud du Gujarat, où l'irrigation intense a entraîné l'épuisement presque total des ressources locales en eau. Dans ces régions il faut surtout songer à optimiser l'utilisation des ouvrages existants d'une côté, et réduire la consommation d'eau par les entreprises agricoles et industrielles de l'autre.

III. Les régions pourvues de ressources en eau, mais les utilisant de façon insuffisante, — l'Ouest du Madhya Pradesh, les régions intérieures d'Andhra Pradesh, du Maharashtra et du Karnataka. La mise en valeur ralentie du potentiel hydrique de ces territoires est liée au retard économique général et aux rivalités entre les Etats quant à la répartition des eaux des bassins fluviaux communs.

Une tâche vitalemment importante est d'optimiser l'utilisation des ressources en eau par tous les moyens possibles et purement techniques (en attendant environ 40% d'eau dans les systèmes d'irrigation s'en vont par évaporation), et notamment par le développement intégré des bassins fluviaux. Mais ces problèmes sont loin d'être résolus.

Tous comme dans les autres pays, en Inde les projets grandioses de transfert de l'écoulement d'un bassin vers un autre doivent être scientifiquement fondés du point de vue écologique, coordonnés (établissement des priorités), et il faut prévoir la mobilisation maximale des ressources locales et régionales.

Mais même l'utilisation à 100% du potentiel d'irrigation ne permet pas d'assurer que la moitié du territoire de l'Inde et la majeure partie de sa zone aride soient irriguées. Le pays vit à l'heure de la «révolution verte», dans la zone d'agriculture non irriguée. Cependant la solution de ce problème est aléatoire pour des raisons sociales et écologiques. La diversification de la production, sur la base de l'industrialisation, qui pourrait absorber une partie de la population rurale et préparer l'essor de l'agriculture sur une base industrielle et accélérer le progrès social et économique, est présentée comme le principal outil permettant de réduire la charge excessive sur les écosystèmes naturels et prévenir la désertification.

L'industrie qui existe dans les régions arides est très peu développée et fractionnée. Y prédomine l'industrie artisanale rurale qui pourvoit aux besoins des communautés rurales repliées sur elles-mêmes. Au Rajasthan, il existe quelques centres d'industrie minière (Zawar, Kheti-Bighana, Kho-Daribo, etc.) et des entreprises de traitement utilisant principa-

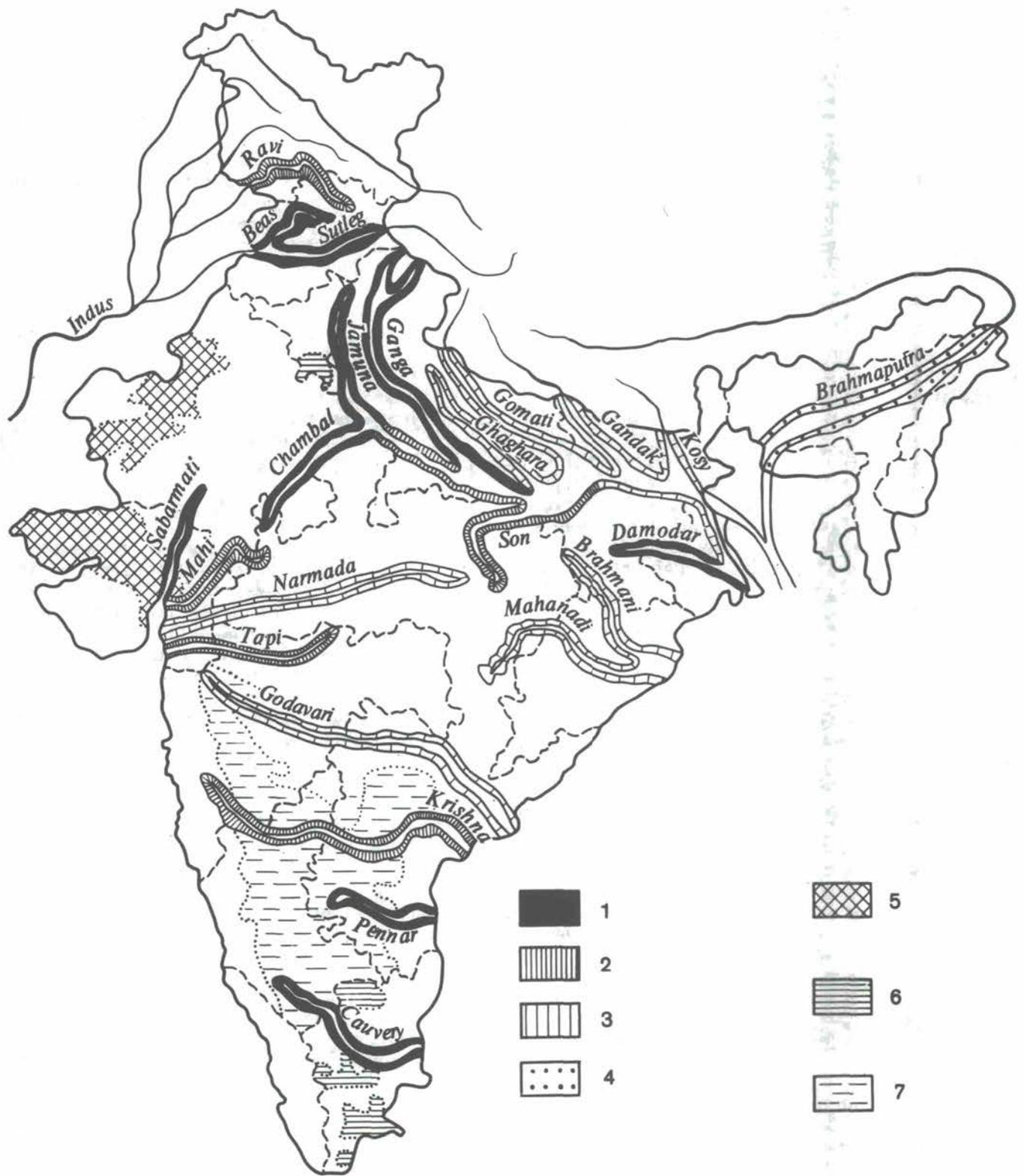


Fig. 10. Mise en valeur des ressources en eau et disponibilité en eau des régions arides de l'Inde (d'après Report of the Irrigation Commission. Vol. I—IV. New Delhi, 1972 etc.):
 1 — utilisation complète des ressources en eau sera réalisée vers 1981—85; 2 — vers 1990; 3 — vers l'an 2000;
 4 — après l'an 2000; 5 — régions arides de déficit absolu en eau; 6 — régions de déficit relatif en eau; 7 — régions utilisant peu leurs ressources en eau

lement les matières premières locales (textiles, sucreries, huilerie, etc.). Le Rajasthan ne réalise que 2% de la production industrielle nationale. Les grandes villes de cet Etat (Jaipur, Udaipur, Djodhpur, Bikaner, etc.), anciennes capitales des principautés du même nom, sont très peu liées entre elles et avec les campagnes environnantes.

Un exemple classique de l'isolement territorial et industriel par rapport au centre, et dans un environnement agraire arriéré, est offert par Haiderabad, capitale de l'Andhra Pradesh, ville d'un million d'habitants, située au centre de la région aride de Telengana. Depuis l'indépendance, au sud-est de la péninsule de Katch a été construit le nouveau port de Kandla, qui devait compenser la perte de Karachi revenu au Pakistan. Mais le retard économique général du territoire environnant freine le fonctionnement de ce port pourtant techniquement bien équipé.

Dans l'ensemble, toutes les régions arides sont confrontées à la nécessité de promouvoir la production industrielle et l'intégration intersectorielle sur la base territoriale: entre l'industrie, l'agriculture et les autres secteurs. Cela favoriserait le renforcement de la base industrielle des villes, tout en leur permettant d'absorber davantage de migrants ruraux et de resserrer les liens avec la campagne. Il faudrait pour cela ranimer les villes petites et moyennes.

Mais le manque de ressources énergétiques freine l'industrialisation et le progrès social et économique des régions arides. Le gouvernement cherche à renforcer leur base énergétique par tous les moyens. Une centrale atomique a été mise en service au Rajasthan. On envisage de construire un complexe atomo-agro-industriel au Gujarat. En même temps, à la campagne, on propage les installations biogazogènes. Elles ont toutefois l'inconvénient de ne pouvoir être exploitées que par les paysans aisés (4 à 5 têtes de bétail sont nécessaires pour les maintenir en état de marche). Le problème demeure donc irrésolu. Il faut développer à la fois l'alimentation industrielle en énergie et mettre à la disposition des ruraux les sources d'énergie bon marché répondant à leurs besoins ménagers. Dans les régions désertiques le passage aux nouvelles sources d'énergie (solaire et éolienne) est un besoin pressant, qui est reconnu en Inde en qualité d'impératif.

Grâce aux travaux de l'Institut Central de recherches de la zone aride, de l'Institut International des cultures des tropiques semi-arides et d'autres centres de recherches, l'Inde a accumulé de grandes connaissances en matière de technologie de lutte contre la désertification, de méthodes d'optimisation

de l'exploitation des ressources terriennes et hydriques, d'amélioration de l'utilisation des terres, d'accroissement des rendements des récoltes, etc., ce qui mérite d'être étudié et diffusé. Mais l'expérience montre que le principal obstacle aux innovations (qui demandent généralement de grands investissements) est la misère de la paysannerie sans terre ou ayant de petites parcelles. Seuls le perfectionnement des technologies de lutte contre la désertification et le développement de l'irrigation peuvent rompre le cercle vicieux du retard social et économique, de la misère et de la dégradation de la nature.

Une série de programmes de développement régional, visant à promouvoir les territoires arides retardataires, est en application en Inde. A partir du milieu des années 1970, on a appliqué des programmes spéciaux pour les régions soumises aux sécheresses et à la désertification. Les gouvernements de huit Etats arides, dans les limites desquels se trouvent les territoires établissent aussi des programmes spéciaux pour leur développement. Les territoires arides sont englobés dans des programmes généraux de planification par district, de développement intégré des terres irriguées: Programme du développement agricole intégré (IRDP), Programme national de l'Emploi rural (NREP), etc. En outre, le gouvernement central accorde tous les ans des crédits destinés à aider les régions victimes de sécheresses ou d'inondations. On constate d'un côté un certain parallélisme de ces programmes, et de l'autre, leur manque de généralisation en ce qui concerne la solution du problème de l'essor de l'économie des régions arides et de lutte contre la désertification. Ils ne tiennent pas suffisamment compte de la base sociale des facteurs anthropogènes de désertification. Il s'agit là de programmes à finalité agrotechnique. Leur mécanisme administratif d'application et leur base scientifique laissent également à désirer.

Les problèmes complexes que soulève l'essor de l'économie des régions arides et des territoires retardataires ne peuvent être résolus en dehors des problèmes d'ensemble du développement régional du pays. Ils exigent une attention particulière dans le système de planification des mesures à caractère social, économique et écologique. Les 20 années de coopération fructueuse des géographes indiens et soviétiques, qui ont abouti à la publication de trois ouvrages rédigés en commun [Sen Gupta, Sdassiouk, 1968; *Economic and socio-cultural...*, 1972; *Urbanization...*, 1976] témoignent des grandes possibilités d'application des réalisations scientifiques et pratiques soviétiques dans les conditions spécifiques des pays libérés.

LA MISE EN VALEUR DES REGIONS ARIDES DE L'AMERIQUE LATINE

Y. Machbits (URSS)

L'expérience des pays de l'Amérique latine en matière de valorisation économique des ressources naturelles des régions arides et semi-arides, de même que l'expérience des pays de cette région dans l'action contre la désertification présente un grand intérêt. Cela est conditionné par nombre de raisons, dont les principales sont:

— la croissance continue de l'importance économique des régions arides et semi-arides;

— l'acuité urgente du problème de la désertification anthropique;

— la représentativité géographique de l'Amérique latine, où l'on trouve la quasi-totalité des types de déserts et de semi-déserts existant au monde, ainsi que les diverses formes de mise en valeur économique des territoires arides et semi-arides;

— de longues traditions de la mise en culture des territoires arides et semi-arides;

— la portée de l'expérience latino-américaine pour d'autres pays en voie de développement.

L'exemple du Pérou montre l'importance des territoires arides et semi-arides dans tous les secteurs économiques et sociaux des pays latino-américains. Dans ce pays les régions arides et semi-arides occupent 1/4 du territoire et totalisent les 4/5 de la population et presque toute la production agricole, l'extraction des matières minérales et les industries de transformation. «C'est ainsi,— note un auteur péruvien,— que le développement du pays s'effectue dans une zone étroite, dans le cadre des modèles typiques du développement des terres arides.» [Zamora, 1981].

Il est important de souligner que dans un avenir rapproché, et d'autant plus dans un avenir éloigné, les régions arides de l'Amérique latine seront appelées à jouer non seulement un rôle économique de plus en plus important; mais elles deviendront le cadre des activités d'importants contingents de la population. En témoigne, entre autres, l'exemple du Nord-Ouest mexicain, aride et semi-aride, où dans les décennies d'après-guerre la population a augmenté plus rapidement qu'en moyenne dans le pays. Vont dans le même sens les données concernant le Pérou: le taux de la population du littoral, où se trouvent les plus grands déserts et semi-déserts, est passé de 28 à 47% dans la balance démographique nationale de 1940—1972, pour atteindre, selon les estimations, d'ici à 1990, 55%; elle aura ainsi doublé en 50 ans.

L'ampleur et la géographie de la désertification. De multiples problèmes interdisciplinaires liés à la désertification sont étudiés en Amérique latine depuis relativement peu de temps, dont témoignent notamment les divergences terminologiques. Certains auteurs préfèrent au terme «désertification» celui de «desertization». A la suite de longues discussions, les spécialistes latino-américains sont convenus de

désigner par le premier terme la désertification anthropogène, et par le second — les processus naturels de la formation des déserts.

Dans les zones arides et semi-arides, on distingue les importantes régions arides suivantes:

1) le nord et le nord-ouest du Mexique;

2) la partie nord de l'Amérique du Sud;

3) le nord-est du Brésil;

4) la vaste ceinture des déserts du littoral à l'ouest de l'Amérique du Sud longeant le littoral du Pacifique.

En dehors de ces immenses superficies de régions arides et semi-arides, de grands espaces sont exposés à la désertification y compris dans la zone des forêts tropicales à humidité excessive.

L'extension de la désertification à d'immenses territoires dans diverses parties de l'Amérique latine est illustrée par la carte mondiale de la désertification, à l'échelle de 1:25 000 000, préparée par la FAO et l'UNESCO. La première variante de la carte de la désertification de l'Amérique du Sud à l'échelle 1:5 000 000 montre mieux compte de la dispersion des aires exposées à la désertification.

L'exemple du Pérou illustre la dispersion des aires valorisées au plan économique et démographique, et menacées de désertification. Dans la zone aride côtière, l'économie et la population sont concentrées dans plus de 50 vallées fluviales. Dans les régions montagneuses, on trouve des milliers de petites aires où la densité de la population et sa «pression sur le territoire» sont particulièrement grandes, tout comme l'ampleur de l'érosion. Tout cela est à l'origine des difficultés d'élaboration et d'application des programmes de développement régional intégré.

En tout, pas moins de 1/5 de territoire de l'Amérique du Sud est touché, à différents degrés, par la désertification. Dans certains pays du continent cette moyenne est encore plus élevée. Au Mexique, par exemple, sur 34% du territoire la moyenne annuelle des précipitations est au-dessous de 500 mm, tandis que les sols désertiques ou semi-désertiques s'étendent sur un peu plus de la moitié de ce territoire. Au Chili, la désertification affecte 30% du territoire.

La désertification anthropogène est largement répandue dans les régions de hautes montagnes depuis longtemps peuplées et exploitées. On sait que l'Amérique latine est la région la plus élevée du monde pour la hauteur moyenne absolue. Une grande partie de la population du Mexique, de l'Amérique Centrale et des Andes vit dans les régions de hautes montagnes. La désertification anthropogène représente un immense risque dans ces aires de concentration traditionnelle de la population. Une des causes du danger croissant de la désertification est la pression toujours plus forte de la population sur

le territoire, son activité agricole longue de plusieurs siècles. Le bassin de Tarija dans les Andes de Bolivie se transforme en «désert».

Le risque de la désertification par suite du déboisement, accompagné du surpâturage toujours croissant dans les grandes fermes d'élevage, se fait sentir surtout au Brésil. Selon les estimations, à la fin des années 1970, 1/4 du territoire du pays — 2 millions de km² environ — était exposé à la désertification. Ce danger est latent pour 1 million de km² du Brésil, le plus grand pays du continent.

La progression de la désertification. La progression territoriale de la désertification (desertization) résulte avant tout de l'extension de la coupe intense des forêts tropicales humides. Avec la pratique agricole de l'abattage et de la terre flambée, qui est en vigueur depuis des dizaines de siècles dans beaucoup de régions de plaines du Mexique tropical, de l'Amérique Centrale et de l'Amérique du Sud, le risque de la désertification sur de grandes aires est relativement petit.

Il en est autrement avec le déboisement intense dans les tropiques en vue de pâturages. Au début du XIX^e siècle, le grand savant et voyageur A. Humboldt, ayant étudié le bassin de l'Orénoque, a constaté que le déboisement au profit des pâturages était responsable de l'aridisation du climat et de la dévastation du territoire. Le grand géographe russe A. Voïéïkov a mis en relief, dans les années 1870, la corrélation entre ces phénomènes en Amérique latine (1948).

La coupe des forêts tropicales humides au profit des pâturages et, à un moindre degré au profit des cultures annuelles et vivaces, d'une part, et de l'autre la progression de la désertification, sont surtout manifestes dans le bassin de l'Amazone. A l'aide d'un matériel ultra-moderne, on coupe chaque année d'importants massifs de la forêt tropicale humide sur le territoire brésilien. Cela est à l'origine de la dégradation anthropogène croissante.

Selon les données de la FAO, de 1961 à 1977 la superficie des forêts a diminué de presque 28 millions d'hectares en Amérique du Sud. C'est parce que, dans une grande mesure, les forêts sont abattues pour des pâturages (ces derniers ont gagné plus de 35 millions d'hectares dans la période envisagée). La superficie des forêts en Amérique latine diminue chaque année de 1% à la suite de leur anéantissement sauvage. Cela contribue à la dégradation de nouveaux territoires, et appauvrit leurs écosystèmes (avec toutes les conséquences négatives qui en découlent).

La protection des forêts, le reboisement, notamment sur la ligne de partage des eaux, doivent indubitablement devenir des éléments importants d'une stratégie scientifique et à longue échéance, d'action contre la dégradation des terres en Amérique latine. Comme exemple positif, citons Cuba. Le rétablissement des forêts dans ce pays se répercute favorablement sur le développement régional, en créant des conditions de plus en plus favorables, aussi bien à la vie économique qu'à l'habitat de l'homme. Il faut souligner que les travaux de reboisement sont surtout de grande efficacité dans le cadre de la politique régionale du développement intégral poursuivie par l'Etat. D'importants programmes de rétablissement des forêts à Cuba sont exécutés, entre autres, dans le cadre du développement intégré des

régions économiques et des unités politico-administratives. A ces travaux, une grande partie de la population de Cuba prend part activement et bénévolement.

Ressources naturelles des territoires arides et semi-arides. En Amérique latine les territoires exposés à la désertification, les régions arides et semi-arides, possèdent un important potentiel agro-climatique pour développer l'agriculture irriguée. La valorisation des ressources du sol et agroclimatiques peut s'appuyer sur l'utilisation de l'écoulement fluvial local et des réserves en eau souterraine, dont l'importance ira vraisemblablement en augmentant. La mise en valeur des ressources naturelles à des fins agricoles contribuera à l'essor indispensable de la production des denrées alimentaires et des matières premières agricoles; elle accroîtra l'emploi de la population rurale, ce qui est vital pour tous les pays latino-américains.

La valorisation agricole des régions arides et semi-arides en Amérique latine permettra de mettre une barrière à la progression de la désertification anthropogène (à condition de respecter les normes agro-techniques d'exploitation).

Sur ce plan suscitent un intérêt tout spécial les régions arides et semi-arides situées dans la partie occidentale de l'Amérique latine, entre les hautes montagnes s'étendant dans la direction méridionale sur des milliers de kilomètres, et le littoral du Pacifique.

Cette zone dispose des ressources minérales les plus importantes, pour la métallurgie, notamment des gisements de minerais non ferreux exceptionnels, elle est située dans la «ceinture de minerais du Pacifique», une des plus grandes du monde. Toutes les matières premières y sont réunies également pour développer une puissante industrie chimique.

Les régions arides et semi-arides de l'Amérique latine disposent de ressources minérales considérables, parfois uniques, pour développer la chimie, la métallurgie et la sidérurgie. Elles ont une grande importance pour l'industrialisation de beaucoup de pays de l'Amérique latine et pour un développement intégré de ces régions.

Un développement intégré des forces productives des régions arides et semi-arides dans la zone du Pacifique de l'Amérique latine, s'appuie non seulement sur la quantité et la diversité des ressources naturelles, mais aussi sur leurs combinaisons territoriales. En perspective, cela donne la possibilité de mettre en place des structures économiques polyfonctionnelles et d'assurer un développement intégré, ainsi que la formation d'importants ensembles industriels et de régions économiques. Rappelons en même temps que le développement intégré représente le moyen le plus efficace de mettre en valeur tout territoire aride et semi-aride et de combattre la désertification anthropogène.

Pour la mise en valeur économique des régions côtières arides et semi-arides, il est très important que les systèmes montagneux s'étendant le long de la côte du Pacifique constituent la principale ligne de séparation des eaux de l'Amérique latine. Dans la haute montagne, naissent de nombreux cours d'eau possédant un important potentiel hydraulique et hydroélectrique. Pour l'exploitation agricole et industrielle du territoire et de ses ressources naturelles, dans les plaines côtières on peut utiliser (et on

le fait déjà en partie) les importantes ressources en eau de bassins fluviaux situés à l'est des systèmes montagneux, lignes de séparation des eaux, en particulier les très riches ressources hydriques de l'Amazonie.

Le Mexique et le Pérou disposent les ressources naturelles le mieux réparties pour la mise en valeur intégrée des régions arides et semi-arides sur le littoral du Pacifique.

Au Mexique, dans la zone nord du Pacifique, où l'on est parvenu après la Seconde Guerre Mondiale à un important progrès dans la mise en valeur agricole de désert et semi-désert, existent d'importantes réserves en terre et en eau, notamment pour le développement hydroénergétique. Les gisements prospectés de minerais ferreux et non ferreux, de matières premières pour l'industrie chimique, ainsi que de charbon à coke, permettent de créer d'importants complexes d'industrie lourde.

Dans les provinces nord de Pérou l'ensemble des ressources naturelles du territoire englobe d'énormes superficies de terres cultivables, d'importantes ressources hydrauliques et hydroénergétiques, des réserves de phosphates d'importance mondiale, ainsi que du pétrole, du gaz naturel et des minerais non ferreux.

Un autre facteur favorisant ces nouvelles régions économiques du Mexique et du Pérou c'est leur situation géographique à proximité du littoral du Pacifique et de ses ports, ce qui facilite leur échanges avec l'extérieur.

Les tendances et les possibilités de la nouvelle exploitation des territoires arides et semi-arides dans la zone côtière du Pacifique peuvent être illustrées par l'exemple du désert de Séchura — région prometteuse dans le Pérou septentrional. Pour le moment, c'est une des parties les plus défavorisées et dépeuplées de ce pays.

Le Séchura joint à ses potentialités agricoles basées sur l'irrigation, d'énormes réserves de phosphorites et d'autres minéraux, permettant de créer les plus grands combinats chimiques en Amérique latine et de fabriquer massivement des engrais phosphatés et autres produits chimiques déficitaires. De plus, les combinaisons territoriales des réserves de phosphates et de sels potassiques à Séchura favorisent la création d'industries hautement efficaces basées sur une technologie moderne. En outre, on a découvert dans les minerais de nombreux éléments précieux, ce qui élève l'efficacité d'industries combinées. L'extraction peut se faire à Séchura à ciel ouvert (de plus, les minéraux en question gisent au-dessous d'une mince couche de sable, rendant ainsi l'exploitation plus aisée).

Les immenses ressources hydrauliques de l'Amazonie (acheminant les eaux à travers les Andes) ainsi que les nappes souterraines locales pourraient servir à alimenter le désert de Séchura. Grâce à cela, on pourrait envisager la création d'une grande région aux structures économiques diversifiées, une nombreuse population et un système d'agglomérations urbaines et rurales.

Le caractère et les types de la mise en valeur économique. Nous l'avons déjà dit, l'Amérique latine est une région d'anciennes traditions dans le développement de diverses formes d'agriculture irriguée. Sur d'énormes étendues, allant du bassin du Colorado au nord, jusqu'au Chili et au nord-

ouest de l'Argentine au sud, l'irrigation était savamment combinée avec l'aménagement de terrasses sur les versants. A des fins d'irrigation notamment au Pérou, il y a plusieurs siècles on savait utiliser les eaux souterraines.

Longtemps avant la conquête espagnole les zones d'ancienne irrigation en Amérique latine, au Pérou notamment, avaient une population nombreuse. Les vieilles traditions de peuplement des déserts et d'une agriculture irriguée stable attestent les possibilités d'adaptation d'une grande partie de la population à l'aridité. Ceci est important étant donné le taux élevé de croissance démographique propre à la plupart des pays d'Amérique latine, et la pression croissante de la population sur le territoire des régions depuis longtemps mises en valeur et très peuplées.

L'étape moderne de la mise en valeur économique des régions arides et semi-arides, ainsi que les mesures de lutte contre la désertification sont étroitement liées à la croissance du secteur public dans l'économie des pays latino-américains. Les objectifs de lutte contre les conséquences dévastatrices des sécheresses amènent les Etats à mettre en place des stratégies économiques spécialement adaptées à la valorisation des régions arides et semi-arides. Est significatif sur ce plan l'exemple du Brésil, où dès 1909 fut instituée une des premières organisations du secteur public, l'inspection de lutte contre les sécheresses.

Le risque de la propagation de la désertification a une influence sur la politique régionale de l'Etat. C'est ainsi qu'après la grande sécheresse de 1958 a été créée la Direction pour la reconversion du nord-est du Brésil. Après les sécheresses de la fin des années 1960 début 1970, au nord-est du Brésil ont été lancés plusieurs programmes de développement agricole. Or, leur efficacité est au-dessous des espoirs. La situation est la même dans d'autres pays de l'Amérique latine où les régions arides et semi-arides occupent de grandes étendues et où le risque de la désertification anthropogène s'accroît de plus en plus.

Pour surmonter les conséquences fâcheuses de la désertification au Brésil, le Département national d'actions contre les sécheresses (DNOCS) préconise des mesures tendant à développer la production agricole. Parmi celles-ci: l'amélioration des procédés agrotechniques et l'implantation de nouvelles technologies; l'élévation des connaissances agrotechniques des paysans exploitant les terres irriguées; le développement des infrastructures sociales dans les zones d'irrigation; la fixation des populations paysannes à la campagne; l'amortissement des conséquences des sécheresses [Revista..., 1981]. Les activités du Département susmentionné sont limitées; il suffit de mentionner les chiffres suivants: vers 1980, l'eau est venue sur 15 000 ha et 3 000 familles paysannes se sont fixées sur les terres des coopératives qu'il avait créées [Revista..., 1981]. Les études entreprises en 1977 ont établi que les revenus de 42% des paysans exploitant les terres irriguées étaient inférieurs au minimum salarial.

Deux types essentiels de régions économiques peuvent être distingués dans les zones arides et semi-arides de l'Amérique latine. Le premier type, et le plus répandu, de la nouvelle mise en valeur économique est celui où prédomine l'exploitation

monofonctionnelle du territoire et des ressources naturelles, par exemple à des fins de développement, surtout de l'agriculture irriguée. Le plus souvent, ce sont de «vieilles» régions d'exploitation.

Le second type est nouveau et s'est répandu surtout au cours de dernières décennies, progressera toujours davantage: ce sont des régions à utilisation polyfonctionnelle du territoire, ainsi que des ressources en eau, en terres et minéraux.

Les nouveaux projets d'ouvrages hydrauliques deviennent prioritaires dans les régions sous-peuplées, lorsqu'il s'agit d'élaborer des programmes de mise en valeur économique des territoires arides et semi-arides. Tel est le cas avant tout au Mexique où les travaux hydrotechniques et d'exploitation des territoires affectés par la désertification se concentrent à la périphérie faiblement peuplée du pays.

Evoquons à titre d'exemple un des nouveaux projets — celui de Bacurato, dans l'Etat de Sinaloa, dans le nord-ouest du Mexique. Le projet prévoit la construction d'un barrage et d'un réservoir d'eau de 2,9 milliards de m³ dans des conditions géologiques difficiles. La superficie des terres qu'on pourra irriguer atteindra 110 000 ha; on construira 200 km de canaux principaux. C'est un des rares projets impliquant également la construction d'une centrale hydroélectrique, dont la puissance sera de 90 MW seulement. Comme pour d'autres schémas régionaux de valorisation dans les Etats du nord et du nord-ouest du Mexique, la formation d'une région économique prévoit une étroite spécialisation dans l'agriculture irriguée.

Il y a un projet similaire, mais nettement plus important — celui de Majes, au sud du Pérou. Y prennent part des sociétés canadiennes, britanniques, italiennes, etc. Le projet a prévu de dériver l'écoulement de bassins à hautes altitudes dans les Andes, sur les plaines riveraines du Pacifique. A cet effet, un barrage sera construit à l'altitude de 4 100 m; l'eau viendra par des tunnels, creusés dans les Andes, dans les systèmes d'irrigation, arrosant plus de 60 000 ha. On construira deux centrales hydroélectriques d'une puissance totale de 656 MW. La région en voie de formation créera 50 000 emplois. Cependant la vocation agricole dominante sera conservée, dont celle des cultures alimentaires sur les terres irriguées.

Evoquons encore le programme de développement de la province de Manabi, en Equateur (CRM — Centro de Reconversion de Manabi). Il a débuté en 1962. Le programme en question était conçu principalement pour alimenter en eau la province de Manabi, où la moyenne des précipitations annuelles est de 1 000 mm environ, avec une température moyenne de 20 à 30°C. Mais la province de Manabi, tout comme le nord-est du Brésil, est frappée par des sécheresses fréquentes et dévastatrices. Souvent, elles durent de 2 à 3 ans, en accentuant les conséquences défavorables de la désertification anthropogène en progression.

La première étape de ce projet avait pour objectif majeur d'améliorer l'alimentation en eau de la vallée de Portoviejo, pour y permettre une agriculture stable et pourvoir en eau les villes de Manta et de Portoviejo. Dans les années 1970 ce projet a pris une nouvelle ampleur. On a entrepris de construire des barrages et des réservoirs. Cela a permis d'étendre la production des fruits, des légumes et du maïs.

Tous ces ouvrages restent pourtant sans aucun effet pour le développement social et économique. Toutefois, les principaux efforts, selon le projet, doivent améliorer la situation seulement sur une superficie restreinte (2% de la superficie et 10% de la population de la province) [Morris, 1981].

La réalisation de ce programme est intéressante à ce qu'il s'appuie sur la conception des «pôles de croissance» (ou «pôles de développement»), en vogue dans les années 1960. Cette conception implique, comme on le sait, la concentration des moyens et des efforts technologiques autour de points déterminés ou dans des aires délimitées. Mais un progrès de points ou d'aires, pris séparément, n'aboutit pas cependant à l'essor global de l'économie ni à l'amélioration des conditions de vie de la population à l'échelle de plus grandes régions attenantes (dans le cas présent, la province de Manabi).

En outre, ce projet présente une étroite tendance. Il ne vise qu'à l'irrigation de surfaces limitées, sans édifier des structures économiques plus diversifiées.

Beaucoup est déjà fait en vue d'améliorer l'approvisionnement en eau et l'irrigation dans les zones arides au nord et nord-ouest du Mexique, grâce à la mise en valeur de terres arides et du fait que cette région est devenue un producteur commercial des produits de l'agriculture irriguée.

Le nord-ouest du Mexique dont le développement, basé sur d'importants ouvrages d'irrigation, fait preuve de dynamisme, mais comporte de graves contradictions et disproportions internes. Le haut degré de la concentration démographique et de l'activité économique est caractéristique pour quelques grandes villes, au détriment des villes petites et moyennes. On voit s'accroître la stratification des populations rurales dans les zones d'irrigation où règnent les grosses exploitations mécanisées. Le célèbre géographe mexicain Angel Bassols Batalla a fait remarquer: «La vaste région abondant en ressources naturelles ... présente des inégalités patentées dans tous les domaines économiques et sociaux, les branches économiques, dans les divers groupes de la population et aussi sur le plan territorial» [Bassols Batalla, 1979].

Envisageons plus en détail le programme d'exploitation économique à long terme de la zone côtière du Pacifique du nord-ouest du Mexique visant à faire valoir les ressources en eau [Czerna ..., 1974]. Ce programme, «Plan Hidraulico del Nordeste» (PLHINO), prévoit l'aménagement d'ouvrages hydrauliques sur 23 cours d'eau, ainsi que l'utilisation sur une grande échelle des eaux souterraines (annuellement 28 milliards de m³ d'écoulement et 1,3 milliard de m³ d'eau souterraine). D'autre part, on projette d'importantes dérivations entre les bassins dans le cadre du programme envisagé. En outre, on prévoit dans le cadre du programme considéré le transport de grande quantité d'eau de l'Etat de Sinaloa dans une des régions les plus désertiques du pays, l'Etat de Sonora*. Le programme permettra de doubler la superficie irriguée, la por-

* Il est à souligner, cependant qu'au Mexique, les projets de transfert d'écoulement fluvial entre les bassins (tout comme au Pérou) semblent oublier les conséquences écologiques à long terme. Les prévisions géographiques et écologiques à longue échéance devraient faire partie des études de projets.

tant à 1,5 million d'hectares sur le territoire situé entre le Santiago et la Sonora. On produira davantage de cultures marchandes, de nouveaux emplois ruraux seront créés.

Or, ce projet ambitieux et à long terme n'assure pas l'entière polyvalence de la mise en valeur du territoire aride et de ses ressources. Notamment, font défaut l'exploitation des ressources minérales et la mise en place d'une industrie moderne (sauf les entreprises de traitement des matières premières agricoles). L'indice le plus patent du caractère limité du projet, c'est l'accroissement prévu dans le cadre de ce programme de la puissance de toutes les centrales électriques qui ne pourra aucunement pourvoir aux besoins d'un développement économique intégré.

L'absence d'ensemble dans la mise en valeur économique et le développement des régions arides et semi-arides, dans la partie septentrionale du Me-

xique, s'accompagne de la dégradation de l'environnement, aussi bien à la campagne que dans les centres industriels. Ce problème s'aggrave à la suite de l'érosion progressive, du déboisement dans les lignes de séparation des eaux, du rejet des déchets de production et des produits chimiques dans les cours d'eau et les couches souterraines, de la pollution de l'atmosphère, etc. [Bassols Batalla, 1981].

Cependant, à la lumière de la stratégie sociale et économique à longue échéance, paraissent les plus efficaces les projets polyfonctionnels débouchant sur la formation d'ensembles industriels et de régions économiques plus complexes quant à leur structure. Cette stratégie s'avère au maximum efficace pour mettre économiquement en valeur le territoire et les ressources naturelles des régions arides et semi-arides, ainsi que pour organiser la lutte contre la désertification par la voie du développement intégré.

Chapitre XVII

LE PROBLEME DE LA DESERTIFICATION AUX ETATS-UNIS

D. Sheridan (USA)

Les terres arides aux Etats-Unis ont connu une extraordinaire évolution économique et sociale. Le présent chapitre se propose de considérer cette évolution du point de vue critique pour en tirer des leçons qui puissent s'appliquer à la mise en valeur des terres arides dans les autres régions du monde.

Les terres arides, où la moyenne des pluies est au-dessous de 500 mm, occupent la majeure partie du territoire des Etats-Unis à l'ouest du 98^e méridien. Dans les limites de cette vaste région, on distingue trois principaux déserts: Sonoran, Mojave et Great Basin; les bassins de six grands fleuves: San Joaquin, Sacramento, Columbia, Snake, Rio Grande et Colorado, et un grand espace steppique connu sous le nom de Grandes Plaines. Les livres de géographie édités dans la première moitié du XIX^e s. qualifient toute la région à l'ouest des Etats-Unis «d'impropre à la vie civilisée».

En 1880, la population de cette région des Etats-Unis n'était que de 1,5 millions d'habitants. Elle en comptait 30 en 1980, et augmente à un rythme très rapide, d'après le dernier recensement. L'accroissement de la production agricole, (de l'horticulture et de l'élevage, réalisée sur le marché) durant la même période a été encore plus considérable. Exprimée en dollars, elle est passée de 3 millions en 1880, à plus de 27 milliards en 1980 dans la région désertique.

A l'heure actuelle, cette région produit 66% du coton, 55% des pommes de terre, 39% de l'orge et 21% du blé cultivés aux Etats-Unis. C'est également ici qu'on élève et engraisse le gros bétail, et cette zone produit également plus de la moitié de la viande de bœuf vendue sur le marché américain. Au total, cette région donne 20—25% de la production

brute de l'agriculture des Etats-Unis. C'est précisément la mise en valeur et le développement intenses de la zone aride qui ont porté à 55% la part des Etats-Unis dans les exportations mondiales de produits alimentaires.

Mais le développement économique et social de la région aride a eu des aspects négatifs. Le volume de ce chapitre ne permet pas de décrire par le menu ce que la mise en valeur de ces territoires a coûté à l'homme. Beaucoup de gens l'ont payé très cher; il s'agit plus particulièrement des Indiens américains qui s'opposaient à l'annexion de leurs terres et ont été cruellement réprimés; des pionniers qui ont dû lutter contre les vents violents, les sécheresses et les invasions de sauterelles pour mettre en valeur les pâturages des Grandes Plaines; des ouvriers agricoles — Mexicains et Américains — qui rentraient les récoltes dans les vallées des fleuves par une chaleur accablante. Les souffrances humaines ne peuvent pas être mesurées quantitativement; mais ce n'est pas une raison pour les vouer à l'oubli.

La terre elle-même a payé un lourd tribut pour le développement. Le docteur H. Dregne, un des meilleurs spécialistes américains des problèmes des terres arides, a calculé que près de 583 millions de km² des terres arides aux Etats-Unis ont subi une désertification forte et très forte [Dregne, 1977]. Voici les principales causes de la désertification:

- surpâturage (bovins et moutons);
- agriculture à sec sur les territoires arides très exposés à l'érosion;
- drainage insuffisant des terres irriguées;
- surexploitation des eaux souterraines;
- déforestation au XIX^e s. [Sheridan, 1981].

Principaux facteurs du développement des terri-

toires arides aux Etats-Unis. De nombreux facteurs économiques et sociaux interviennent dans le développement d'une région à faible densité de population et aux structures économiques primitives. Quant à la région aride des Etats-Unis, on peut signaler deux éléments essentiels:

1. Construction de réservoirs et du réseau de ravitaillement en eau;

2. Mise en place d'un système hautement efficace de transfert de technologies et d'échange d'expériences.

De même que pour quelques autres régions arides du monde, c'est la fonte des neiges dans les montagnes qui alimente en humidité la zone aride des Etats-Unis. C'est la raison pour laquelle on peut voir à peu près partout des digues, et autres ouvrages analogues, servant à accumuler les eaux de fonte et à les utiliser pendant toute l'année sans se soucier des sécheresses [Water ... 1981]. Ainsi, il existe sur le Colorado tout un chapelet de digues et barrages contrôlant entièrement son écoulement. Les barrages permettent d'accumuler les réserves d'eau pour quatre années consécutives. De ces réservoirs rayonne tout un système de canaux et conduites d'eau qui alimente les champs, entreprises et habitations. Pratiquement, tout le Colorado sur ses 2720 km est transformé en système de canalisations, conçu (ou programmé) pour fournir strictement la quantité d'eau nécessaire à l'homme, et pas une seule goutte de plus. Le Colorado n'a plus de crues, il ne porte plus ses eaux à l'Océan. Un écologiste a récemment fait remarquer que «ce n'est plus un fleuve».

De nombreux systèmes de stockage et de transport de l'eau dans l'Ouest aride ont été conçus, réalisés et sont entretenus aux frais du Bureau des Projets de bonification, dépendant du gouvernement fédéral. En 1978, les ouvrages hydrauliques du Bureau ont approvisionné en eau 4,6 millions d'hectares de terres irriguées, qui ont produit une récolte de 5 milliards de dollars, et ont assuré les besoins industriels et ménagers en eau pour 16,6 millions d'habitants. Ils ont, en outre, produit 40,6 milliards de kWh d'énergie, qui ont suffi à couvrir les besoins en énergie de 14 millions d'utilisateurs [Water..., 1981].

On avait prévu ces ouvrages comme polyvalents, en ce sens qu'ils devaient contrôler les crues, procurer l'eau nécessaire à l'irrigation et produire de l'énergie bon marché, et c'est leur grand avantage. Leur inconvénient, lui, réside dans le fait qu'on n'a jamais tenu compte de la nécessité d'évacuer les eaux d'irrigation fortement minéralisées. Des installations hydrauliques de ce genre exigent absolument des systèmes de collecte et de récupération des eaux de drainage, ce qui entraîne des dépenses considérables.

Le système de transfert de technologie pratiqué dans l'agriculture des Etats-Unis dans son ensemble, et les régions arides en particulier, est caractérisé par les liens très étroits existant entre les diverses organisations et institutions (fédérales, organismes au niveau des Etats et régions, collèges agricoles, universités et sociétés privées faisant le commerce des moyens de production comme graines, matériel agricole et engrais). Ce système a plus d'une fois prouvé sa grande efficacité lorsqu'il s'agissait de promouvoir une technologie de production. Par

exemple, une nouvelle variété de culture agricole quelconque, un nouvel insecticide ou un nouveau modèle de moissonneuse-batteuse, passent très rapidement du laboratoire au champ où ils commencent à apporter un avantage pratique. Mais pour la protection des ressources naturelles, le système de diffusion des technologies avancées s'avère beaucoup moins efficace. Cette situation tient incontestablement au fait que la production agricole aux Etats-Unis étant orientée sur le marché, les producteurs gagnent beaucoup plus à accroître la production qu'à réaliser la protection des ressources naturelles. Nous démontrerons plus loin que ceci se répercutera très gravement sur l'avenir de l'agriculture dans la région aride des Etats-Unis, et sur les disponibilités en terre et en eau.

L'agriculture pratiquée dans les Grandes Plaines peut servir d'exemple classique illustrant l'imperfection du système de diffusion des technologies en matière de protection des ressources naturelles. Le défrichage des Grandes Plaines à tapis végétal, composé d'herbes à tige courte et longue, a commencé pour de bon pendant la Première Guerre Mondiale, lorsque le prix d'un bushel de blé est passé de 87 cents en 1915 à 2,10 dollars en 1917. Comme l'a fait remarquer un historien: «Les fermiers américains ont eu une possibilité exceptionnelle de s'enrichir ou, du moins, d'enrichir leurs banquiers, en exportant en quantités prodigieuses la fertilité de leur sol aux Européens trop occupés à s'égorger ... Pour ravitailler les alliés en blé, on a défriché et ensemencé 16,2 millions d'hectares de terres vierges» [Hyams, 1952]. Du point de vue de l'économie, les fermiers réagissaient vite et exactement aux signaux du marché, c'est-à-dire à la hausse des prix du blé.

Après la Première Guerre Mondiale, le prix du blé est tombé brusquement; mais le défrichage des Grandes Plaines pour semer le blé et le coton au Sud ne s'est pas arrêté pour autant. Entre 1925 et 1930, le nombre de tracteurs dans cette région est passé de 65594 à 143000. C'était, d'après l'historien Russell Lord, «le plus grandiose et le plus rapide défrichage des herbages naturels de l'histoire» [Lord, 1938]. Tous ces faits sont à l'origine d'une des plus grandes catastrophes écologiques en Amérique du Nord.

En 1930, a éclaté une très grave crise économique. Le blé sur le marché mondial ne coûtait plus que 22 cents le bushel. La situation s'est encore aggravée à la suite de sécheresses et de vents violents. Les vents emportaient le sol dénudé. Le 10 mai 1934, un terrible ouragan s'est abattu sur les Grandes Plaines. Voici la description d'un des témoins: «Le soleil, telle une boule bleue incandescente était suspendu dans le ciel saturé de particules de terre». Un énorme voile de poussière se déplaçait de l'ouest à l'est. Chicago et la vallée de l'Ohio ont été plongés dans les ténèbres bien avant le coucher du soleil. Vers le 11 mai, le ciel au-dessus de New York et Washington a pris une sinistre couleur jaunâtre. Les congressmen réunis au Capitole pour discuter de l'institution du service national de protection du sol, sentaient la poussière qui emplissait l'air se déposer sur le visage et les lèvres.

Le gouvernement fédéral a donc lancé un programme urgent de protection des sols dans les Grandes Plaines. Les régions les plus affectées par la déflation et les dunes de sable ont été ensemencées

d'herbes. On a aménagé, en outre, des bandes forestières protectrices, et les fermiers ont reçu des directives concernant l'emploi de certains procédés préservant le sol (plantations en coulisses, labour profond, maintien des chaumes, champs laissés au repos pendant l'été, et protégés par de larges bandes épousant le relief ou formant angle droit par rapport à la direction des vents dominants, inclusion du mélilot dans les rotations de cultures sur les sols sableux, etc., [Johnson, 1947]). De nombreux fermiers ont expérimenté un de ces procédés ou plusieurs à la fois. Mais c'est la perspective du passage à l'agriculture irriguée qui les a vraiment intéressés. La principale difficulté était que les éoliennes d'alors n'étaient pas suffisamment puissantes pour pomper l'eau de la nappe aquifère d'Ogallala qui gîte sous la plus grande partie des Grandes Plaines. Cette couche de sable et de graviers contient de prodigieuses quantités d'eau (dépôts formés au cours du Miocène et du Pliocène supérieurs). Les fermiers ont donc commencé à expérimenter à leurs propres risques et périls. Ils raccordaient les moteurs à combustion interne des camions et autos hors d'usage aux pompes centrifuges conçues initialement pour l'exploitation des champs de pétrole. Les résultats ont été encourageants. Lors du retour de la sécheresse, dans les années 50, l'irrigation était déjà largement pratiquée. A cette époque l'industrie a commencé à fabriquer de grandes installations d'arrosage par aspersion avec charnière centrale pivotante. Des millions d'hectares de terres ont pu être irrigués en un temps record. Mais de tels systèmes d'irrigation sont relativement onéreux; c'est pourquoi, l'agriculture à sec était également pratiquée dans les Grandes Plaines, bien qu'à une moindre échelle.

Au début des années 70, les Etats-Unis ont signé avec l'Union Soviétique un contrat d'importantes fournitures de blé. La demande accrue a fait monter les prix jusqu'à 5 dollars le bushel. Les fermiers ont cherché à accroître au maximum la production en coupant les bandes forestières protectrices et défrichant les surfaces ensemencées d'herbes dans les années 30. En 1977, a eu lieu une nouvelle sécheresse accompagnée de vents violents. Les tempêtes de poussière n'ont pas été aussi dévastatrices que dans les années 30, mais ont néanmoins suffi à emporter sur certains champs non irrigués jusqu'à 1 m d'épaisseur de sol fertile [McCauley et al., 1981].

A la suite de l'extension de l'irrigation dans les Grandes Plaines, le niveau de la nappe aquifère d'Ogallala baisse rapidement. En effet, on prélève beaucoup plus d'eau qu'il ne s'en renouvelle naturellement. En d'autres termes, les eaux souterraines sont actuellement «extraites». Vers le milieu des années 80, les réserves en eaux souterraines s'épuiseront à tel point que cela se répercutera sur le rendement des récoltes. Il est parfaitement possible qu'on revienne en masse à l'agriculture à sec.

Quelques enseignements. L'expérience de la mise en valeur des territoires arides aux Etats-Unis permet de tirer quelques enseignements. Premièrement, les ouvrages d'irrigation doivent être conçus pour assurer le drainage des terres et éviter par là-même des dépenses supplémentaires. Il faut accorder une attention particulière aux champs qui nécessitent le drainage des eaux d'irrigation minéralisées,

afin de minimiser les dépenses et le préjudice causé à l'environnement.

Deuxièmement, la bonification des terres arides dégradées (dégradation due à l'agriculture à sec, surpâturage ou exploitation de gisements minéraux) revient très cher. Les dépenses peuvent s'élever jusqu'à 60 dollars et même 3000 à l'hectare, suivant la moyenne des pluies, le relief, la composition mécanique du sol. Sur les terres très arides, où la moyenne des pluies est au-dessous de 250 mm, l'utilité et le succès de la bonification sont aléatoires, même si les dépenses s'élèvent à 3000 dollars à l'hectare. Malgré des recherches intensives, on ne sait pas jusqu'à présent s'il est possible de régénérer le tapis végétal sur les terres très arides, soumises en plus à une forte dégradation. Les sols des terres arides sont renouvelables seulement à l'échelle du temps géologique, mais non pas au cours de la vie d'une ou de plusieurs générations d'hommes.

Troisièmement, nous ne pouvons plus sous-estimer le vent comme facteur d'érosion des sols. L'étude des conséquences de la tempête qui s'est abattue, le 20 décembre 1977, sur 2000 km² dans la vallée de San-Joaquin (Californie) a révélé que cette unique tempête avait suffi à déplacer environ 50 millions de t. de sol [Wilshire et al. 1981]. Cette érosion a été facilitée par toute une série de facteurs, et plus particulièrement par la sécheresse qui l'avait précédée. En outre, les pâturages de cette région ont été particulièrement exposés à l'érosion éolienne du fait du surpâturage. Quant aux terres sous cultures agricoles, elles avaient été labourées, en prévision de semailles, à la veille de la tempête. A cette occasion le géologue Howard Wilshire fait la remarque suivante:

«Les observations faites sur les tempêtes de poussière aboutissent à la conclusion suprenante que dans les limites des continents le vent transporte autant de particules de terre que l'eau. Ainsi, d'après les estimations d'ailleurs très modestes de Pimental et autres (1976), sur les 5 milliards de t. de sol perdus annuellement aux Etats-Unis à la suite de l'érosion, un milliard au moins est emporté par le vent. Dans certaines régions du monde la quantité de terre emportée par le vent dépasse de beaucoup celle que charrie l'eau» [Wilshire, 1980].

Quatrièmement, à la suite de la pratique continue de l'agriculture à sec sur les terres soumises à une forte érosion éolienne, on observe une baisse de la fertilité. On a notamment analysé les données relatives à la pluviométrie et aux rendements du coton, sorgho et kafir (culture à sec) dans les 30 à 40 dernières années. L'analyse avait pour but de déterminer les tendances dans le domaine du rendement, sans tenir compte de la moyenne des pluies [Fryrear, 1981]. Elle a montré que le rendement du sorgho et du kafir a baissé de 67% et 59% respectivement. Les rendements des récoltes de coton ont également diminué, mais à un degré moindre. Voici ce qu'en pense l'auteur de cette étude: «Durant les périodes pour lesquelles on dispose de données, l'amélioration des variétés des cultures agricoles et le perfectionnement de l'agrotechnique devraient normalement compenser, ne serait-ce que partiellement, la baisse de fertilité du sol, épuisé par la monoculture, mais ... ce perfectionnement n'a pas été assez rapide pour compenser l'action accrue des facteurs responsables de la baisse du rendement

des cultures». L'auteur rappelle que l'érosion éolienne emporte les petites particules de sol, ce qui entraîne une baisse de fertilité, parce que ce sont ces particules qui procurent aux plantes les plus importantes substances nutritives. La perte de ces particules affecte également la capacité du sol de retenir l'humidité dans la rhizosphère.

Cinquièmement, certains pâturages arides ne doivent jamais être donnés aux labours, et ceux qui l'ont été doivent être à nouveauensemencés d'herbes. C'est particulièrement vrai pour les sols de composition mécanique légère, soumis en plus aux vents violents. Le problème est que, du point de vue de la protection de l'environnement, il est hautement souhaitable de préserver le tapis herbacé sur ces terres, mais que les considérations économiques amènent souvent à faire le contraire. A court terme, la mise en culture des pâturages de la zone aride apporte toujours plus de profit que l'élevage, à l'exception des cas de fortes sécheresses. A long terme, les revenus de l'agriculture baisseront en même temps que la fertilité du sol. Les producteurs agricoles dans les pays capitalistes réagissent aux stimulants de courte durée qu'ils soient positifs (augmentation des prix) ou négatifs (nécessité de répondre aux échéances, afin que la barque ne retire pas au fermier le droit de racheter les biens mis en gage).

Il est évident que la préservation de l'intégrité écologique de la terre nécessite l'intervention du secteur public. Malheureusement, les organismes publics n'interviennent souvent que pour obtenir des avantages économiques immédiats en améliorant la balance des paiements du pays par l'accroissement de l'exportation des produits agricoles et la réduction de l'importation.

Problèmes en suspens. Certains problèmes en suspens compliquent la prévision du développement économique et social de la région aride des Etats-Unis.

Les ouvrages hydrotechniques ont une très grande importance pour la mise en valeur des terres arides, mais leur coût peut être exceptionnellement élevé. De plus, les frais de construction sont en accroissement constant, du fait de l'enchérissement des matériaux, de l'énergie et de la main-d'œuvre. De la fin des années 20 au début des années 30, les Etats-Unis ont érigé le barrage de Hoover sur le Colorado; c'était à l'époque le plus grand barrage de béton de l'hémisphère occidental (2,5 millions de m³ de béton). Sa construction est revenue à 175 millions de dollars. Or, actuellement la construction d'un tel ouvrage demanderait au moins dix fois plus.

La construction de nouveaux ouvrages hydrotechniques s'impose pour le développement continu de la région aride des Etats-Unis. Ceci exige d'énormes investissements, alors que même un pays aussi riche que les Etats-Unis ne possède pas des réserves inépuisables et doit de ce fait rechercher la répartition la plus rationnelle et efficace de ces investissements. Quels seront donc le revenu et la rentabilité des fonds investis dans la construction des ouvrages hydrotechniques par rapport à d'autres secteurs? Si regrettable que cela soit, nous ne sommes pas en mesure de répondre à de telles questions. Il va sans dire que certaines dépenses et avantages attendus de tel ou tel projet peuvent être évalués approximativement, mais d'autres ne peuvent être

quantifiés. Comment peut-on évaluer quantitativement le préjudice qui risque d'être causé à l'environnement? Par exemple, la construction d'un barrage réduit l'apport des substances nutritives dans l'embouchure des fleuves où les poissons se reproduisent et croissent. Cela affecte la rentabilité de la pêche. Comment évaluer quantitativement le préjudice avant qu'il ne se produise? Il est tout aussi difficile d'évaluer quantitativement les avantages que peut procurer la réalisation du projet, si ces avantages ne peuvent pas être présentés sous forme de catégories économiques comme revenu, profit, etc. En outre, on peut se demander qui assumera les frais de construction; la société dans son ensemble ou les individus, firmes et organisations qui en profiteront directement (contrôle des crues et inondations, approvisionnement en eau, énergie électrique)? Si ce sont les consommateurs qui paient, comment calculer le montant des paiements? Comment estimer, par exemple, le taux d'intérêt si les consommateurs assument pendant longtemps tous les frais occasionnés par la réalisation du projet? Le taux d'intérêt doit-il être proportionné à la somme que les usagers verseront aux agences financières en paiement du crédit consenti? Aux Etats-Unis, les frais de construction des ouvrages hydrotechniques financés par l'Etat sont calculés sur la base d'un taux d'intérêt inférieur à celui pratiqué sur le marché. Ceci met automatiquement à l'ordre du jour une autre question: pourquoi l'Etat doit-il prendre en charge les dépenses faites par les usagers d'eau et d'énergie dans une partie du pays, c'est-à-dire dans la région aride, sans agir de même sur tout le territoire national?

Les projets proposés doivent donc au préalable être évalués au point de vue des dépenses et revenus éventuels, quelles qu'en puissent être les difficultés. Mais il faut toujours se rappeler que l'erreur est d'autant plus grande que le projet est d'une plus grande envergure. Cette analyse sera plus d'une fois reconsidérée critiquement avant que soit prise la décision d'investir des millions ou des milliards de dollars. Les agences d'Etat chargées de la construction de ces ouvrages (Bureau de bonification et Corps du génie militaire en l'occurrence) présentent rarement des analyses où les dépenses seraient supérieures aux bénéfices.

La répartition des ressources limitées en eau entre les usagers concurrents, dans des régions comme l'Arizona central, est un autre problème en suspens. La plupart des économistes estiment qu'on doit prioritairement approvisionner en eau les branches où elle est nécessaire pour «fabriquer les produits les plus précieux». Mais dans ce contexte l'agriculture perd presque toujours par rapport à l'industrie, où la consommation d'eau par unité de production est presque toujours moins élevée. Dans l'Arizona central, par exemple, les fermiers sont en compétition pour l'eau avec les entreprises d'extraction du cuivre et certaines branches d'industrie légère, ils sont de ce fait obligés de réduire les volumes de la production agricole. Ceci a lieu également dans d'autres régions arides des Etats-Unis. Les droits d'utilisation des ressources en eau pour l'agriculture sont acquis par diverses branches de l'énergétique (extraction du charbon, industrie du pétrole et du gaz, extraction des schistes bitumineux, et centrales thermoelectriques au charbon). Est-ce une politique raison-

nale, à long terme, dans un monde dont la population atteindra 6 milliards vers l'an 2000, et qu'il faudra nourrir, et dans un pays dont la balance commerciale est dans une grande mesure alimentée par l'exportation des produits agricoles?

Reste également en suspens le problème d'utilisation des eaux souterraines sur les territoires arides. Est-il raisonnable de lancer une production agricole à grande échelle sur la base des eaux souterraines. Certains experts affirment que c'est tout à fait normal, pour la bonne raison que les eaux souterraines peuvent être assimilées aux minerais dont les gisements sont exploités tant que c'est intéressant du point de vue économique. D'autres experts (ils sont en minorité aux Etats-Unis) se déclarent partisans du vieux concept d'extraction dit de «sécurité», qui consiste à pomper strictement la quantité renouvelable naturellement. Les partisans du prélèvement illimité des eaux souterraines sont plus optimistes quant au progrès scientifique et technique et comptent que les perfectionnements technologiques permettront de régler le problème d'approvisionnement en eau. Ils placent notamment leurs espoirs dans les nouvelles technologies moins coûteuses de dessalement de l'eau de mer, de stimulation des précipitations atmosphériques par le bombardement des cumulus nimbus à l'iodide d'argent (AgJ) et même dans le remorquage des icebergs. Les adversaires de cette politique sont plus réticents en la matière, estimant que les réserves en eaux souterraines peuvent tarir avant que les nouvelles technologies d'extraction de l'eau deviennent pratiquement réalisables.

Paradoxalement le dernier problème en suspens est de savoir ce qu'on peut considérer comme surpâturage. Paradoxalement, parce que le problème du surpâturage a déjà fait couler beaucoup d'encre. Les livres et les divers rapports concernant le surpâturage auraient suffi à constituer une importante bibliothèque, et pourtant les spécialistes des pâturages sont toujours divisés sur ce chapitre. Il s'ensuit que les recommandations qu'ils donnent aux fermiers sont souvent contradictoires. Cela tient probablement au fait que ce problème dans les ouvrages scientifiques a trop souvent été considéré partiellement: on n'étudiait que l'état des plantes fourragères sans prendre en compte les conditions hydrologiques et pédologiques. Le spécialiste de l'exploitation des pâturages doit être en mesure d'indiquer précisément au fermier éleveur quel cheptel de moutons et de bovins on peut faire paître sur le pâturage donné sans craindre de dépasser sa capacité. Les recommandations aux éleveurs doivent se fonder sur l'étude de l'état du sol, des eaux souterraines, des cours d'eaux, de la flore et de la faune. Il est tout à fait évident qu'une approche complexe s'impose dans ce domaine. Reste à savoir si les éleveurs suivront ces recommandations. Jusqu'ici, au moins aux Etats-Unis, les fermiers ont toujours surestimé les capacités des pâturages arides, en particulier pendant les sécheresses, c'est-à-dire dans les périodes de stress écologique.

Conclusions. Beaucoup de mots ont été employés lorsqu'il s'agissait de la mise en valeur des territoires arides aux Etats-Unis dont les plus usités étaient: «audacieuse», «ingénieuse», «énergique», «spontanée»... Mais les mots «multilatérale» ou «planifiée» conviennent peu à l'histoire de la mise en

valeur de la région aride. Très rarement cette mise en valeur était planifiée à l'avance et réalisée suivant les plans préétablis. Sous ce rapport, l'expérience des Etats-Unis ne peut guère servir de modèle. Le problème consiste aujourd'hui à conférer aux plans de mise en valeur et de développement des terres arides la souplesse technique et l'ingéniosité.

En effet, une mise en valeur planifiée et bien conçue aurait pu permettre d'éviter de nombreux frais et le grand préjudice subis par l'homme et l'environnement. La plus grande tentative de conférer au développement un caractère planifié et intégré, entreprise à la fin des années 30 par la Commission fédérale de mise en valeur des territoires arides des Grandes Plaines, a totalement échoué. Elle a échoué parce qu'elle ne prévoyait pas le progrès technologique, notamment l'apparition des grands systèmes d'irrigation avec montée mécanique de l'eau et n'envisageait pas de stimulants économiques suffisants pour inciter les fermiers à préserver les ressources en terre et en eau. La mise en valeur de nouvelles terres et le développement de la région aride des Etats-Unis se poursuivent sans stratégie d'ensemble. Pour les plus graves problèmes d'épuisement des ressources naturelles les solutions proposées sont plutôt techniques que sociales ou politiques.

En conclusion, il faut spécialement mentionner la génétique comme un des domaines de la recherche appliquée, lié au thème de ce chapitre. On assiste à l'intensification des recherches visant à obtenir une plus grande résistance des cultures agricoles aux sécheresses, salinisation, mauvaises herbes et parasites. En suivant les principes découverts par Mendel, et vérifiés par le temps, les chercheurs d'une dizaine de centres de recherche persévèrent dans le croisement de diverses espèces pour obtenir des hybrides de maïs, de blé, de coton, d'orge, de tomates etc., possédant les qualités susmentionnées. A l'heure actuelle, l'intérêt des chercheurs se porte également sur les cultures céréalières vivaces résistant bien à l'aridité du climat, qui seraient susceptibles de remplacer les cultures annuelles cultivées actuellement. L'intérêt pour les cultures vivaces tient à leur capacité de mieux préserver le sol.

En outre, les chercheurs utilisent actuellement la méthode d'ADN-recombinaison pour modifier le code génétique des cultures agricoles dans les zones arides et obtenir génétiquement une plus grande résistance au manque d'humidité, à la salinisation, aux mauvaises herbes et parasites, pour accroître des indices aussi utiles que le haut rendement et le pouvoir de lier l'azote. A l'heure qu'il est, ce travail est à son début et de nouveaux efforts sont nécessaires avant qu'il puisse porter ses fruits. Jusqu'ici la méthode d'ADN-recombinaison n'est utilisée pratiquement que dans la génétique des micro-organismes, mais c'est une tâche infiniment plus facile que les manipulations avec le matériel génétique d'origine végétale.

Tous les travaux de génétique (génétique traditionnelle et de pointe) font apparaître l'importance des espèces sauvages peuplant les territoires arides. Jusqu'à présent, on a généralement sous-estimé l'importance des parents sauvages des cultures agricoles. Or, les biologistes reconnaissent actuellement que les plantes sauvages sont un véritable dépôt d'information génétique, héritage précieux et irrem-

plaçable de leur évolution naturelle. Nous ne pouvons plus tolérer que la mise en valeur des territoires arides aboutisse à la destruction des espèces sauvages. Il faut par contre les préserver pour toute

une série de considérations pratiques. L'information génétique, les gènes contenus dans les espèces sauvages sont nécessaires à la fois pour la génétique traditionnelle et la méthode d'ADN-recombinaison.

Chapitre XVIII

LA DESERTIFICATION EN AUSTRALIE

J. Mabbutt (Australie)

La zone aride occupe plus de 75% du continent australien, soit plus de 5 millions de km². Près de la moitié de cette zone, en particulier dans les parties centrale et occidentale, est un désert de sable impropre à l'élevage. Le reste de la zone aride est recouvert d'une végétation propre au fourrage.

Le pâturage de moutons et de bovins y est réalisé à partir d'un système extensif de fermage [Perry, 1968].

La dégradation des pâturages. En comparaison avec les autres pays arides, ces terres ont commencé à être utilisées en qualité de pâturages il y a seulement 100 ans, lorsque les Européens avec leurs troupeaux de moutons et de bovins, et leur élevage de lapins, ont provoqué leur désertification accélérée. Celle-ci a conduit à la disparition quasi-totale des plantes vivaces bien acceptées par le bétail, qui ont cédé la place à une végétation annuelle moins nutritive. A son tour, cela s'est répercuté sur la productivité des pâturages, en particulier dans les périodes sèches. La dégradation du tapis végétal, accentuée par le piétinement, a accéléré l'érosion éolienne et hydrique en conduisant à la perte de la couche arable. L'aridité du climat s'est accrue.

L'aspect quantitatif de cette dégradation n'est pas bien documenté, et la mise en évidence des tendances à long terme de l'évolution des pâturages pose encore certains problèmes. Il s'agit en l'occurrence des variations saisonnières et de l'accroissement du rôle des plantes annuelles qui compliquent l'établissement de critères de comparaison.

L'aggravation de la situation se manifeste par la réduction du cheptel dans la plupart des régions d'élevage en Australie (fig. 11). Dans les premiers temps, après la création de nouvelles agglomérations, le cheptel s'accroît généralement de façon très rapide, pour baisser tout aussi rapidement (surtout pendant la sécheresse) et ne plus représenter qu'un quart de sa quantité initiale. Plus tard, suivant les variations saisonnières et la conjoncture économique, le nombre du cheptel varie généralement d'un tiers par rapport au maximum. Seul l'aménagement de points d'eau supplémentaires, permettant d'étendre les pâturages, est susceptible de stabiliser quelque peu la situation.

Mais ce témoignage de désertification n'est pas suffisant en lui-même. Le fait est que la quantité du cheptel n'est pas le seul critère de l'état des pâturages. On ne peut pas affirmer non plus que la dégradation soit le résultat unique du surpâturage, bien qu'on avance souvent cet argument. Les études sousmentionnées ont été effectuées pendant

plus de 50 ans et ont permis d'aboutir à la conclusion que la productivité du pâturage dépendait de son exploitation correcte plutôt que de l'importance du cheptel qu'on y fait paître. Elles ont, en outre, permis de confirmer la nécessité d'un contrôle rigoureux du pâturage suivant les conditions saisonnières et l'état de tous les écosystèmes pastoraux (état du sol, présence et qualité de l'état du tapis végétal). Le problème consiste à assurer une reproduction rentable du cheptel, malgré la quantité de précipitations très faible et irrégulière, sans nuire aux écosystèmes naturels.

Outre les caprices du climat, les éleveurs australiens se heurtent aux fluctuations des prix sur le marché mondial. Cette situation imprime donc sa marque sur le caractère d'utilisation des ressources naturelles, qui va souvent à l'encontre des considérations d'ordre écologique. Du point de vue des succès à court terme, on doit obtenir un certain bénéfice financier mais il y a de plus en plus de gens qui commencent à comprendre que pour obtenir ce bénéfice il faut souvent sacrifier les perspectives à long terme d'exploitation des pâturages. Il est important aujourd'hui de savoir si le processus de dégradation est devenu irréversible ou si l'on peut encore tenter quelque chose.

La régénération des pâturages dégradés dans les conditions arides est un processus très lent, alors que les fermiers subissant des pressions de toute nature, ne peuvent attendre longtemps de tirer un bénéfice. Du point de vue économique il est, par exemple, désavantageux de faucher l'herbe quand elle est encore courte (ce qu'il faut faire dans les années sèches). Mais, quant aux suites possibles pour l'environnement, il est tout aussi dangereux de maintenir le cheptel à un niveau constant, même dans les années défavorables.

Le plus délicat consiste à appliquer une politique assez souple pour assurer un profit maximal sans porter préjudice aux principales ressources naturelles des pâturages. Ces dernières années, l'Etat jouant le rôle d'affermataire, intervient de plus en plus énergiquement pour préserver les ressources naturelles. Il a notamment déterminé les conditions d'entretien du bétail et l'importance des troupeaux, augmenté les investissements et fixé la superficie des pâturages en vue d'assurer la rentabilité de l'exploitation. On a considérablement amélioré la technologie et augmenté la productivité par l'introduction de la sélection. Grâce aux contacts plus étroits entre les exploitations, il est devenu possible de transférer les troupeaux vers d'autres régions

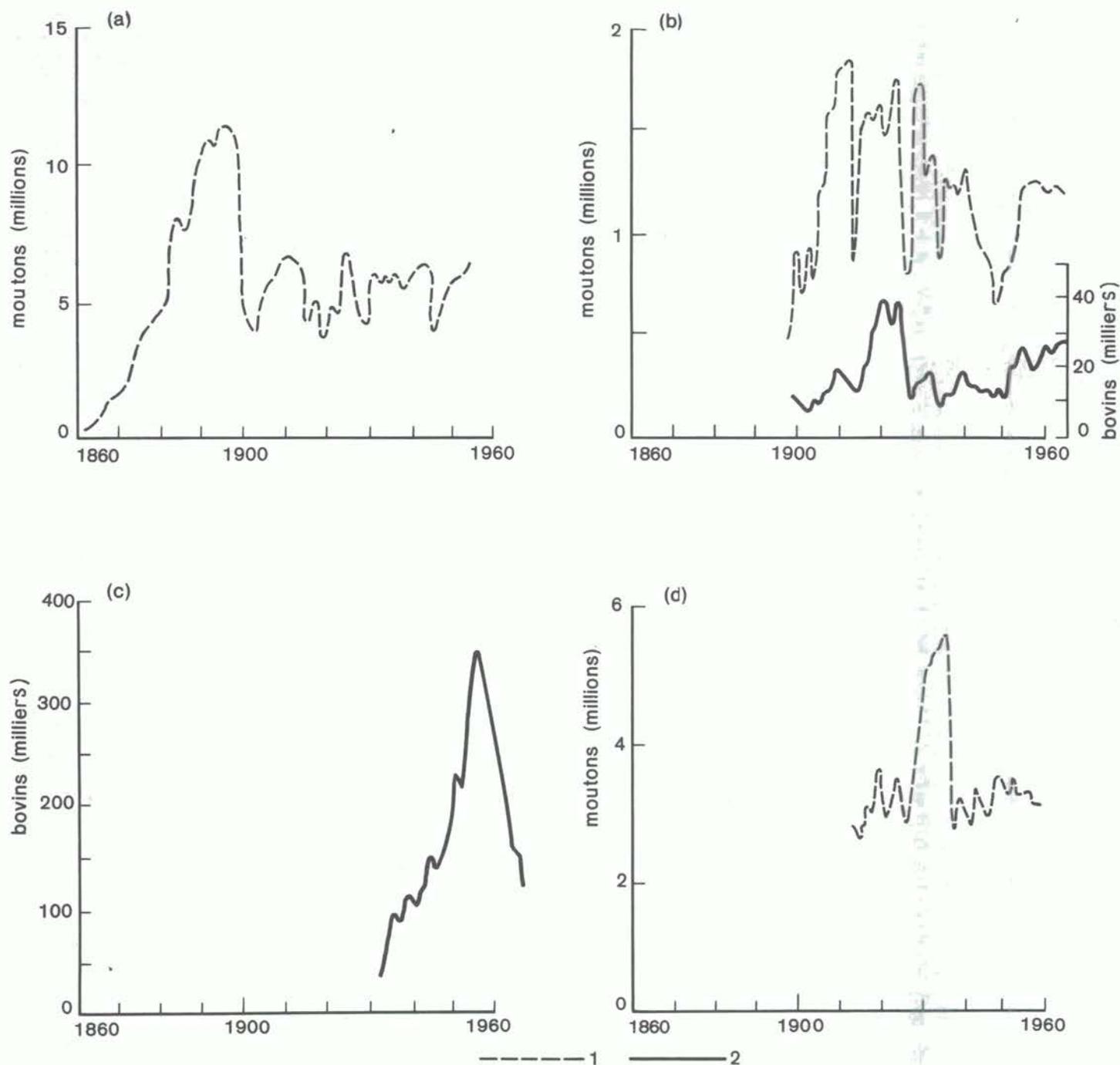


Fig. 11. Variations du cheptel dans les différentes régions pastorales d'Australie (d'après Perry, 1968, Mabbutt et al., 1963):

(a) Région ouest, Queensland; (b) Longreach Shire, Qld; (c) Australie Centrale; (d) Australie Occidentale
1 — moutons; 2 — bovins

pendant les saisons sèches, ou de vendre le surplus du cheptel. Le contrôle du pâturage est devenu si sévère que la dégradation très forte de certains pâturages, qui avait lieu dans le passé, ne peut guère se reproduire. Néanmoins, comme le montre l'analyse de la situation dans le bassin du Gascogne (en Australie), les éleveurs se heurtent à l'accroissement démesuré des frais [Williams et al., 1977]. Pour y remédier, on a accru la productivité du travail.

L'Australie occupe actuellement un des premiers rangs dans le monde pour le cheptel par unité

d'exploitation. Et pourtant, il faut invoquer l'exemple du Gascogne pour dire que les exploitations ayant de grands frais de production et un faible rendement, devront bientôt cesser d'exister. Sous ce rapport, les forces économiques sont elles-mêmes capables de protéger l'environnement d'un grand préjudice.

À l'heure actuelle, en Australie, les opinions divergent quant aux tendances d'évolution des pâturages. Les courbes du cheptel (v. fig. 11) font apparaître un équilibre dynamique instable là où le niveau critique est déjà atteint et le passage à un autre état moins productif mais provisoirement

plus stable. Un débat est également en cours sur le caractère éventuellement réversible (du point de vue économique) de ces changements. L'incapacité à se régénérer de certains pâturages exploitables tout au long de l'année surtout dans les régions soumises à l'invasion des lapins, constitue également une source de préoccupation permanente. Si l'on ne restreint pas le nombre des lapins, toutes les mesures de mise au repos ou l'utilisation alternante des pâturages, et même le transfert de tout le bétail sur des terres moins épuisées, peuvent ne pas donner les résultats désirés.

La dégradation des terres et ses conséquences pour les régions d'agriculture à sec. Dans les régions tempérées semi-arides de l'Australie, la désertification se manifeste essentiellement sous forme de dénudation des terres exploitées à sec. Ce mode d'exploitation des terres entraîne une baisse de fertilité, porte atteinte à la structure du sol, accentue l'influence de l'érosion, en particulier de l'érosion éolienne, et prélude à l'avancée des sables. Ces phénomènes sont liés à l'extension des surfaces agricoles et au défrichage de nouvelles terres, surtout dans les régions marginales, sous l'influence de conditions climatiques favorables et des prix élevés du blé. L'optimisme initial a été partout soutenu par le souvenir des années plus humides, et même par l'espoir que la mise en culture des terres provoquerait l'accroissement de la pluviosité. Mais la stagnation, et même un certain recul, succède toujours à une période d'euphorie. Dans les années sèches suivantes, et pendant la récession économique, c'est exactement ce qui s'est produit. Les colons venus en Australie ignoraient les particularités climatiques et ne pouvaient pas prévoir les dangers associés à la culture continue de la terre. Dans les premiers temps, on pratiqua l'exploitation à outrance. Plus tard, les fermiers souffrirent souvent du partage peu équitable des terres, des imperfections du régime d'exploitation et de financement, puis de l'endettement. Finalement, l'agriculture a acquis de la stabilité grâce aux innovations technologiques et autres, en sacrifiant toutefois le facteur humain. De nombreuses régions agricoles ont été abandonnées, et de grandes masses de population rurale se sont ruées vers les villes. Les facteurs sociaux et économiques se sont étroitement imbriqués en période de la désertification et de la régénération de l'environnement.

La salinisation secondaire des sols dans les régions d'agriculture à sec. La salinisation secondaire et l'emmarécagement des sols résultent des changements hydrologiques provoqués par l'homme dans les régions d'agriculture à sec. Ce problème se présente sous deux aspects, à savoir la salinisation des sols et des réservoirs superficiels [Mulcahy, 1978; Peck, 1978].

Les manifestations extérieures de la salinisation des sols. Les sols salinisés se signalent généralement par l'absence de végétation sur de grandes superficies et la prédominance de plantes halophytes. On peut souvent voir à leur surface des cristaux de sel; le sol est gercé ou recouvert d'une croûte de sel. Sur les photos aériennes ces régions ont une couleur blanchâtre.

La surface du sol est souvent humide, mais elle sèche en été et on voit apparaître les cristaux de sel en général de chlorure de sodium, parfois de

potassium ou de manganèse. La salinisation affecte directement le tapis végétal et la productivité par l'accroissement de la toxicité ou de la pression osmotique. Elle peut également modifier la structure du sol de façon à empêcher l'accès de l'eau aux racines des plantes, qui se trouvent alors dans des conditions d'aridité, même si le sol est humide. Certaines conséquences attribuées à la salinisation sont en réalité provoquées par l'emmarécagement.

On dit généralement de ces régions qu'elles sont recouvertes de «croûte de sel». Les régions à sol salinisé se rencontrent le plus souvent dans les zones d'infiltration au pied des collines. Sur les pentes plus raides peuvent apparaître des ravins, car la croûte formée à la surface favorise le ruissellement, qui accentue l'érosion hydrique d'un côté, et rend le sol plus vulnérable à l'érosion éolienne de l'autre. Dans certaines régions le pâturage du bétail (plus particulièrement des moutons) sur les terrains soumis à la salinisation a entraîné la destruction de la végétation et l'érosion de la couche superficielle piétinée.

Les eaux de nappe salées portent également le préjudice aux fondations des édifices, tandis que l'érosion par ruissellement en filets et l'affouillement des terres salées peuvent saper les digues en terre et les berges.

Les régions affectées. C'est la zone de culture du blé en Australie occidentale [Teakle, 1938] qui souffre depuis longtemps de ces phénomènes. Selon [Malcolm, Stoneman, 1976], quelque 167000 ha de terres, naguère fertiles, ont été salées au point qu'on ne peut y cultiver que certaines cultures céréalières et fourragères; de plus, cette superficie s'étend constamment. Bien que les terres salées ne représentent que 1,5 à 2,5% des terres arables, il s'y trouve beaucoup d'exploitations privées menacées de désastre. La région de Mally, au nord-ouest de l'Etat de Victoria, constitue une autre zone semi-aride d'agriculture à sec. Cette région est également bien étudiée. Selon certaines estimations, la salinisation y affecte de 3600 ha [Rowan, 1971] à 5000 ha [Northcote, Skene, 1972]. Le même problème se pose également en Australie du Sud, où la salinisation s'étend, selon certaines estimations, sur 14000 ha [Matheson, 1968] au Queensland [Pauli, 1971], en Nouvelles-Galles du Sud [Van Dijk, 1969; Hamilton, Lang, 1978], et en Tasmanie [Colclough, 1973]. Quant à l'Australie dans son ensemble, Northcote et Skene affirment que la salinisation y affecte 197000 ha, qui fournissaient antérieurement de bonnes récoltes de cultures céréalières et fourragères. Il faut noter cependant que l'utilisation des différents critères conduit à des résultats souvent divergents.

Les causes de la salinisation secondaire. C'est le défrichage des terres sous labours qui est la cause directe de la salinisation secondaire dans les régions d'agriculture à sec. Les arbres et arbustes à feuilles persistantes y ont cédé la place aux cultures céréalières et fourragères, aux racines peu profondes. Les arbres et arbustes pouvaient pousser avec le début des pluies d'hiver à partir de semences tombées sur le sol. Leur cycle de croissance et de fructification se terminait avant le dessèchement du sol. De la sorte, l'évaporation et la transpiration diminuaient, et le sol recevait plus d'humidité. Le même effet a été réalisé par le défrichage et le sur-

pâturage. Ils aboutissent à l'infiltration au pied des collines, les fonds des vallées contiguës commencent à s'emmarécager, parce que l'accroissement de l'évaporation conduit à la concentration des sels à la surface du sol et à l'élévation du niveau des eaux souterraines.

Les facteurs qui agissent indirectement sur la salinisation secondaire dans les régions d'agriculture à sec en Australie sont les suivants:

a) extension des sols salés et sodés, en particulier dans les régions sud semi-humides et semi-arides, à production agricole bien développée [Northcote, Skene, 1972]. Non seulement cela conduit à la minéralisation des eaux souterraines, mais modifie encore le profil de la couche sous-jacente. Le niveau des eaux de nappe monte, l'infiltration sur les parties en pente s'accroît, et les sols s'emmarécagent dans les dépressions. La dispersion de l'argile dans la couche superficielle du sol conduit à la formation à la surface d'une croûte solide. Le ruissellement s'en trouve augmenté, et l'eau s'accumule dans les dépressions en les inondant. Le processus s'accélère encore du fait que l'érosion s'accroît et que les horizons sous-jacents compactés se dénudent. La «croûte» qui couvre la terre empêche la croissance des herbes et des arbres, augmente les pertes par évaporation et favorise la salinisation des sols;

b) terres basses au drainage insuffisant. Cela conduit à la formation de dépôts de sels solubles et à leur concentration dans les alluvions; dans les dépressions, le niveau des eaux de nappe est élevé. C'est ainsi que les conditions deviennent favorables à la salinisation, car par suite du changement de la balance hydrologique, les eaux souterraines atteignent facilement la surface par les capillaires;

c) accroissement considérable de la salinisation des régions sud du continent, baignées par l'Océan. L'humidité, qui tombe sous forme de précipitations, même à 100 km de la côte, peut néanmoins exercer une forte influence sur la salinité des sols [Hingston, Gailitis, 1976]. Dans les conditions plus arides du pléistocène tardif et de la période postglaciaire, ces processus avaient sans doute plus d'importance qu'aujourd'hui;

d) précipitations saisonnières du type méditerranéen, propres aux régions arides et semi-arides, qui font qu'en hiver le sel se dépose sur le sol et se cristallise à sa surface en été. Ces tendances s'accroissent sensiblement dans les années à automne et hiver humides auxquels succède un été très sec.

La salinisation fait apparaître les faits suivants:

a) la dénudation accrue de la surface du sol provoque l'augmentation du ruissellement superficiel et l'accumulation des eaux dans les dépressions, où s'accroissent l'emmarécagement, les pertes par évaporation et l'agglomération des sels;

b) la salinisation des sols accentue l'envasement superficiel et l'imperméabilité et accroît le ruissellement;

c) l'emmarécagement accru des horizons du sol situés au-dessus des eaux de nappe fait monter les sels à la surface par les capillaires, surtout au fond des vallées.

Emmarécagement et salinisation des terres de la vallée du Murrey. La désertification des terres irriguées est principalement associée à l'emmarécagement et à la salinisation secondaire des sols du

fait de la modification radicale du régime hydrologique provoquée par l'irrigation. La désertification peut avoir de graves répercussions économiques et sociales puisque l'agriculture irriguée est la principale forme d'exploitation des terres dans les régions arides. C'est de l'irrigation que dépend l'approvisionnement de la population en produits alimentaires. Pour le succès de l'entreprise, il faut réaliser d'importants investissements, introduire des perfectionnements techniques et appliquer une bonne gestion.

Dans la vallée du Murrey où sont situés 80% des 1,2 millions d'hectares de terres irriguées d'Australie (fig. 12), ces problèmes sont très graves. Dans la région de Kerang au nord-ouest de l'Etat de Victoria, l'irrigation est appliquée depuis les années 80 du XIX^e s., et depuis les années 90 dans la vallée du Golberrn. Déjà vers le milieu du XIX^e s., dans certaines parties de la région de Kerang, le niveau des eaux souterraines est monté à tel point que l'eau a commencé à arriver à la surface. De nombreux champs ont dû être abandonnés plus tard à la suite de la salinisation. Aux Nouvelles-Galles du Sud où l'irrigation a commencé en 1912 dans la vallée du Marrambidgi, les premiers signes de montée des eaux souterraines apparaissent dès 1915, mais c'est surtout après les fortes pluies de 1930—1931 que le problème a pris une grande importance. La situation s'est encore aggravée après les hivers humides de 1939, 1942 et 1956. Dans les régions situées plus à l'ouest, le problème de la minéralisation accrue des eaux du Murrey, utilisées à des fins d'irrigation, a une signification particulière. En effet, ces deux problèmes sont étroitement liés entre eux, car en amont du fleuve, où les eaux souterraines affleurent pratiquement à la surface, l'eau salée pénètre dans le drainage naturel ou artificiel, ou directement dans le Murrey qui représente une sorte de collecteur.

Une récente étude sur la salinisation de la vallée du Murrey [Gutteridge, Haskins, Davey, 1970] a montré que dans les régions de plaine les eaux souterraines salées affleuraient souvent à la surface. De nos jours, la salinisation se fait particulièrement sentir dans la région de Kerang, alors qu'elle est relativement faible dans la région de Denilikin. Néanmoins, les prévisions fondées sur la vitesse de montée des eaux souterraines confirmées par des observations montrent que les superficies soumises à la salinisation constituent actuellement 640000 ha et peuvent augmenter de 150% d'ici à la fin du siècle en s'étendant sur 40% de la région de Danilikin. Si l'on ne prend pas de mesures appropriées, les pertes annuelles (24 millions de dollars australiens) subies actuellement par l'agriculture australienne seront multipliées par 5 d'ici l'an 2000.

La désertification résultant de l'exploitation non agricole des terres. La désertification menace non seulement les régions où l'agriculture est mal organisée. Elle ne peut pas être déterminée seulement sur les indices rendant compte de la réduction de la production agricole. D'autres formes d'utilisation des terres, comme le tourisme et l'industrie minière qui occupent la majeure partie de la population des régions arides et semi-arides d'Australie, peuvent dans une égale mesure provoquer la destruction du tapis végétal, destabiliser les sols, accélérer l'érosion et avoir de graves répercussions sur la productivité biologique, l'environnement et l'aridisation [Freer, 1978]. Le tourisme et les activités récréatives, l'in-

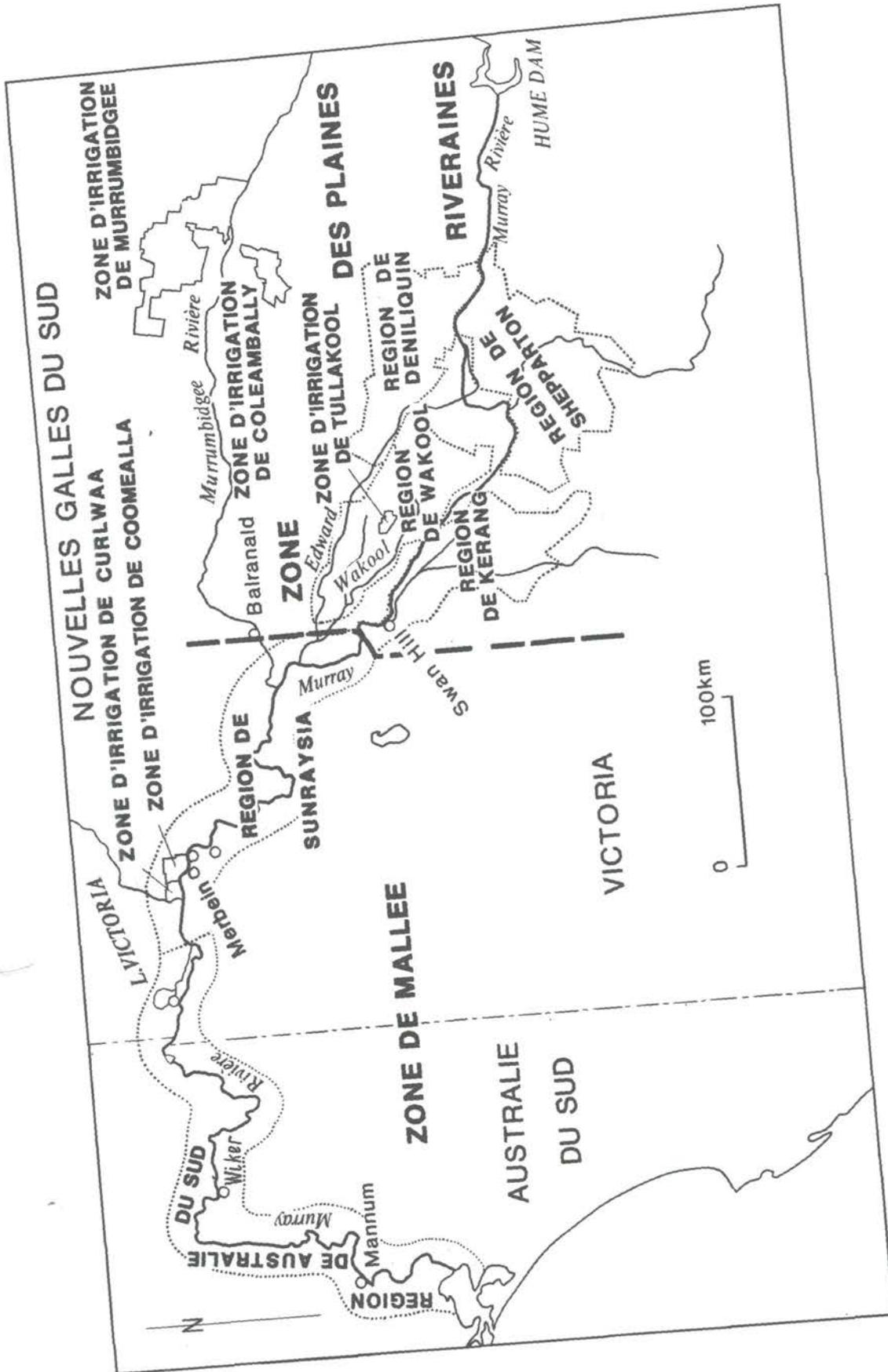


Fig. 12. Régions d'agriculture irriguée dans la vallée de la Murrey

dustrie minière et l'urbanisation, tous ces secteurs sont dans une certaine mesure liés les uns aux autres. Par exemple, la majorité des petites villes et même des grandes villes à l'intérieur du continent australien vivent de l'industrie minière. En même temps, beaucoup de ces villes sont devenues des centres touristiques.

Toutes les formes d'utilisation des terres à des fins non agricoles se distinguent par le fait qu'à un moment donné leur action sur l'environnement a un caractère local, quoiqu'à la suite des tempêtes de poussière, par exemple, cette action puisse être sentie à grande distance. Une telle localisation ajoutée aux possibilités en capitaux de ces types d'activité permet matériellement et justifie économiquement l'adoption de mesures préventives ou correctives bien conçues pour la protection de l'environnement.

Le tourisme et les activités récréatives. L'utilisation accrue des terres arides et semi-arides à des fins touristiques et récréatives reflète l'intérêt que leur porte la population. En effet, le climat sec, le temps ensoleillé, la possibilité de s'initier à la vie des aborigènes et surtout l'appel des grands espaces désertiques attirent les citadins. L'amélioration des communications avec l'arrière pays et la commercialisation du tourisme ont provoqué une affluence notable de touristes dans les régions «sèches» de l'Australie ces 20 dernières années. Par exemple, le nombre de touristes qui ont visité entre 1968 et 1971 Elis-Spring et Ayers-Rock a augmenté de 32% et 22% respectivement, soit 2 à 3 fois plus que la moyenne nationale [McMichael, 1972; Chisholm, 1973]. Le revenu du tourisme dans le territoire du Nord a dépassé pendant quelques années les recettes procurées par l'élevage. De plus, le tourisme n'a rien à craindre de la sécheresse.

Et pourtant le danger de désertification des contrées touristiques subsiste et est dû à la charge accrue sur l'environnement dans les centres touristiques et à l'accroissement des moyens de transport.

Le tourisme est un important élément pour assurer l'emploi et une grande source de revenus dans les régions arides. D'un autre côté, c'est un des composants du système d'utilisation de la terre qui peut exercer une influence négative sur les autres composants. Dans les régions où se développe l'élevage, les conditions normales de pâturage et d'abreuvement (perturbation des communications, dommages causés aux clôtures etc.) peuvent être perturbés. Les centres touristiques peuvent se livrer à une concurrence pour les ressources naturelles déficitaires comme l'eau ou le combustible. Le succès du tourisme est parfois atteint au préjudice des autres formes d'utilisation des terres. L'action du tourisme s'étend également à d'autres sphères. Ainsi, dans les régions arides d'Australie, le développement du tourisme est susceptible de perturber les conditions de vie des aborigènes (pour atténuer cette action, le plan de développement de la région d'Ayers-Rock prévoit d'employer les aborigènes en qualité de guides et forestiers). En outre, le développement du tourisme peut être préjudiciable aux réserves écologiques et scientifiques, aux Parcs Nationaux.

L'influence des villes. Il faut faire une nette distinction entre les vieilles villes isolées de la zone aride, qui ont longtemps exercé une grande influence sur l'environnement en utilisant ses richesses, et

les villes nouvelles qui dépendent moins des ressources locales et, par conséquent, les affectent dans une moindre mesure. Les vieilles villes, comme Brokenhills ou Calgurli, ont tout d'abord été des corons. Dans le passé, où les gisements étaient exploités manuellement et à une grande échelle, ces villes étaient plus peuplées qu'actuellement. On distingue trois zones concentriques de leur influence sur l'environnement [Perry, McAlpine, 1976]:

1) La zone proprement urbaine, où l'environnement est devenu une zone de construction; dans les vieilles villes, il s'agit surtout d'entreprises ou de mines.

2) La zone directement liée aux besoins urbains: a) approvisionnement en bois, matériaux de construction, eau industrielle, décharge des déchets industriels, etc.; b) besoins de la population en eau potable et combustible; décharge des déchets ménagers et terrains de pâturage du bétail appartenant aux citadins; c) voirie et construction de routes, organisation du trafic; d) organisation des loisirs (chasse ou course cycliste); e) affectation de lots pour la construction d'agglomérations spontanées se composant parfois de taudis.

Dans les régions arides les conséquences écologiques de cette action peuvent être catastrophiques et se font sentir pendant très longtemps, alors que la régénération de la qualité de l'environnement exige beaucoup d'argent et de temps. Aux conséquences éventuelles se rapporte la dégradation à des degrés divers du tapis végétal (coupe des arbres, destruction de la végétation appétante par le bétail au pâturage, apparition de mauvaises herbes et plantes exotiques, ou destruction totale de la végétation). Ces phénomènes sont généralement associés à une intense érosion éolienne qui entraîne la déflation de la couche fertile, la migration des sables et la multiplication des tempêtes de poussière. Il faut y ajouter la dénudation de grands espaces autour des villes, provoquée par le mouvement des transports et des piétons. En outre, l'érosion gagne en intensité sur les chantiers de construction (pose de rails et autres travaux).

Dans les régions attenantes aux entreprises industrielles et minières, on constate la pollution du sol, des eaux souterraines et de surface. Ces actions se rencontrent dans toutes les régions voisines des villes isolées, mais se font particulièrement sentir dans les régions arides où la végétation sur les terres endommagées se rétablit lentement. Les couches supérieures des sols de ces régions sont généralement friables et le drainage des déchets, leur dilution et élimination par le ruissellement superficiel et souterrain sont en général insuffisants. Dans ces régions les vents secs sont très fréquents.

3) La troisième zone (30—100 km) est caractérisée par la coupe des arbres (combustible et bois de soutènement).

La détérioration brutale de la qualité de l'environnement, en particulier dans la première zone, dans plus d'un cas, conduit à la dégradation de la qualité de la vie dans les villes et à la multiplication des tempêtes de poussière. De très grands efforts et moyens financiers sont nécessaires pour redresser la situation.

Le problème des villes. Les défauts de planification et de conception des vieilles villes, construites d'après des projets élaborés pour une zone plus

humide et moins tropicale, ont favorisé la pénétration du désert au cœur des villes [Saini, 1970, 1971]. Beaucoup de vieilles agglomérations dans cette zone se sont transformées d'oasis en véritables foyers de désertification. La vulnérabilité des villes s'accroît encore davantage en raison de la disposition des rues quadrillage, sans prendre en considération des facteurs climatiques aussi importants que la direction des vents dominants, l'alternance des zones d'ombre et de lumière, etc. Cela conduit à l'apparition entre les bâtiments de grands espaces où la poussière s'accumule, tandis que les larges rues non pavées ne font plus aucun obstacle aux tempêtes de poussière et de sable. La croissance de la végétation est retardée par la faible pluviosité. Les bâtiments sont souvent situés loin les uns des autres et ne forment plus écran contre le vent.

Dans plus d'une ville provinciale les habitants souffrent d'isolement, du sentiment d'aliénation et de l'uniformité de la vie sociale.

Les vieux immeubles sont mal adaptés au climat australien. La conception traditionnelle des maisons australiennes, où seuls les murs extérieurs protègent l'habitation du climat désertique, ne convient plus et on ne construit guère de verandas assez profondes pour donner de l'ombre. Il est pratiquement impossible de vivre et dormir en plein air. D'un autre côté, les matériaux de construction traditionnels ont un pouvoir isolant et de réflexion médiocre.

Tous ces défauts ont été éliminés dans certaines agglomérations surgies récemment dans la zone aride de l'Australie, où l'on a entrepris de s'adapter aux particularités de l'environnement, sans recourir aux projets destinés à d'autres conditions. On peut citer à titre d'exemple Shy Gap, agglomération située dans la région de Pillbar en Australie Occidentale, à 96 km du vieux village de Marble-Bar [Ellson, 1976; Howroyd, 1977]. Sa population se compose de 650 habitants occupés essentiellement dans les mines. Dans cette localité on a prévu:

a) une protection contre la chaleur torride en été et les vents brûlants soufflant de l'est et chargés de poussière, par la disposition de l'agglomération à l'ombre des petites collines voisines;

b) une clôture circulaire interdisant l'accès au bétail, kangourous, etc. qui permet de préserver la végétation;

c) la circulation des transports automobiles uniquement sur l'autoroute de ceinture, avec des aires de stationnement;

d) la division de la localité en 11 îlots, chacun ayant une petite cour intérieure, mais les habitations ne sont pas séparées. Cela permet de réduire l'action défavorable des conditions extérieures, tout en conservant une belle vue sur les collines environnantes;

e) les déplacements à l'intérieur de l'agglomération se font par des voies bien aérées et ombragées;

f) le travail en commun de la terre avec emploi d'eau de circulation pour l'arrosage de nuit. Les habitants ont lancé une large campagne d'aménagement d'espaces verts qui couvrent tous les espaces non bâtis;

g) des maisons à deux niveaux réalisées en panneaux stratifiés de polyuréthane, couvertes de dalles épaisses, avec de larges corniches et de petites fenêtres.

Mais malheureusement toutes les agglomérations nouvelles de type urbain ne sont pas conçues et réalisées d'après ce principe.

Influence de l'industrie minière. L'industrie d'extraction a toujours été la base de l'expansion des villes dans les régions arides de l'Australie. Cependant cette branche a des effets indésirables (physiques, esthétiques et économiques) sur l'environnement. Nous en citerons quelques-uns qui conduisent à la désertification:

a) la destruction de la végétation et la détérioration du sol lors des travaux (extraction à ciel ouvert, construction de conduites, de voies d'accès, etc.). Tout cela accroît l'empoussiérage et l'érosion hydrique;

b) la coupe des arbres et arbustes (bois de chauffage et de soutènement) qui conduit à la réduction des pâturages et à l'érosion du sol;

c) l'apparition de terrils peu esthétiques, favorisant en plus la migration du sable et de la poussière. C'est un problème particulièrement grave. Cette poussière se compose de particules minérales à arêtes vives. Soulevées par le vent elles présentent un grand danger pour la santé;

d) la présence des rejets toxiques des mines et entreprises d'enrichissement, ainsi que des eaux usées sur terrils. Dans les conditions d'aridité les substances toxiques ne peuvent être dissoutes et emportées, mais elles sont en état de tuer la végétation et de provoquer la pollution du sol, des eaux de surface et souterraines;

e) l'existence des fumées toxiques rejetées par les entreprises de traitement des minerais;

f) la pollution du système de drainage et des réservoirs par les rejets industriels;

g) les ouvrages et constructions abandonnés après l'épuisement des gisements. Ceci porte le préjudice à l'environnement et est une manifestation matérielle des suites socio-économiques de la cessation de l'extraction.

Antérieurement, l'absence de transports accentuait l'impact des entreprises minières sur l'environnement et se répercutait sur les conditions de vie des hommes, parce que les agglomérations étaient généralement situées à proximité des mines et terrils. Il fallait s'en accommoder, du moment qu'on estimait que les exploitations avaient un caractère provisoire. La réalisation des mesures de protection et de régénération était associée à de multiples difficultés techniques et autres. De nos jours, les entreprises minières et les quartiers résidentiels sont généralement assez éloignés, mais l'opinion publique n'en exige pas moins des mesures supplémentaires de préservation et de régénération de l'environnement. Cette tendance se manifeste même dans les décisions des organes législatifs.

C'est bien avant la mise en exploitation des entreprises que la direction est obligée de prévoir leur action éventuelle sur l'environnement. Les questions relatives à la protection des droits de la population, en particulier des aborigènes, prennent une importance croissante. De nombreuses conséquences négatives pour l'environnement, dues aux industries minières sont à peu près les mêmes que celles résultant du développement du tourisme et de l'expansion des villes. On s'attachera surtout à résoudre des problèmes aussi graves, pour cette branche de l'industrie, que la stabilisation et le traitement des terrils.

La stabilisation des terrils. Les premières tentatives de stabilisation des terrils ont été entreprises à Broken Hills parallèlement à l'aménagement de la zone récréative. Les terrils augmentaient le danger de migration des sables et des poussières [Harris, Leigh, 1976] et leur élimination devait permettre d'améliorer les conditions de vie des citadins. On a d'abord décidé de se limiter à la stabilisation, mais quand on a eu découvert de l'eau, a surgi la question de les recouvrir de végétation.

La stabilisation des terrils est nécessaire pour lutter contre l'empoussièrement et pour empêcher la dissémination des substances toxiques sur un grand espace. En outre, la stabilisation précède l'organisation de la vie végétale. Dans les terrils les déchets sont «triés» de telle sorte que les petits éléments constituent le fond de l'amoncellement tandis que les gros sont déposés plus près des extrémités du crassier et forment le talus.

Le haut du remblai est compacté par le passage des moyens de transport, alors que les matériaux, formant les talus, ne sont pas du tout consolidés.

Les premiers pas dans les travaux de stabilisation des terrils consistent à leur donner une forme s'harmonisant avec le relief naturel de l'endroit [Black, Trudinger, 1976]. Ensuite, on étale d'en haut sur les déblais une couche de matériau non érodable, composé par exemple de stérile. Sur les talus où peuvent se former des ravines, cette couche aura une épaisseur d'environ 15 cm. Les pentes peuvent être renforcées par l'aménagement de terrasses, par épandage de pétrole, de bitume et de liants chimiques.

Les pentes des terrils en activité sont aussi souvent recouvertes de matériaux non érodables; il est conseillé de les compacter de temps en temps pour diminuer la formation des poussières. Dans le même but il faut arroser régulièrement le haut du terril.

La végétation finit toujours par apparaître sur les terrils traités, alors que les crassiers non traités resteront vraisemblablement dénudés. Dans les conditions d'un climat aride, la nature est particulièrement récalcitrante à l'apparition de la végétation, car il n'y a pas assez d'eau pour faire disparaître les substances toxiques de la surface du sol. En outre, par suite d'une forte évaporation, il s'y forme une croûte, résistant à l'action physique et chimique. La crête compactée du terril est peu propice à la végétation, tandis que les talus lui sont plus favorables du fait que les substances toxiques sont plus rapidement emportées par l'eau. Dans les régions très empoussiérées, et là où les terrasses sont instables, où il y a un danger d'érosion et de dissémination des déchets toxiques, la nécessité d'aménager les espaces verts devient un besoin pressant.

Dans les régions arides le succès de la campagne de stabilisation des sols dépend, dans une grande mesure, de la présence de l'eau. Dans ce cas, on devra prendre les mesures suivantes [Black, Trudinger, 1976]:

a) ameublissement de la couche supérieure du remblai, afin que l'eau puisse y pénétrer plus facilement (chaulage si nécessaire);

b) étalement à la surface d'un mélange de poussière et de couche fertile. Pour réduire l'acidité et améliorer la structure du sol il est conseillé d'utiliser des blocs calcaires;

c) traitement du sol avant le semis (mulching)

ou par des eaux vannes limoneuses, renforcement hydrique des talus en employant un mélange de graines, d'engrais, de substances organiques et chimiques;

d) semis de graines d'herbes. Cela demande généralement l'apport de grandes quantités d'engrais. Leur choix pose souvent des difficultés, du fait que certains d'entre eux tendent à former un dépôt dans le sol. A Broken Hills, où on utilise pour l'irrigation des eaux usées traitées, les engrais n'ont pas été employés.

Les expériences d'addition d'engrais à l'eau ont été sans résultat. Dans la région de Pillbar, on préfère le semis spontané d'herbes;

e) plantations d'essences appropriées d'arbres et arbustes, de préférence indigènes, résistant à la sécheresse et à la salinisation. Sur la crête du remblai, les plantations peuvent se faire dans des tranchées, remplies de terre.

A toutes les étapes des vastes programmes de création d'espaces verts dans les régions arides, l'irrigation est indispensable. A Broken Hills un tel programme a pu être réalisé, après 1970, grâce à l'utilisation des eaux usées traitées. Pour créer des espaces verts sur les terrasses des pentes raides, on utilise avec succès l'irrigation par égouttement.

Conclusions et généralisations. La désertification des régions arides de l'Australie provient en partie des conditions naturelles propres aux régions arides et semi-arides en général: faible pluviosité et instabilité des précipitations; sensibilité des écosystèmes naturels aux changements des formes d'utilisation des terres; mauvaise exploitation du milieu naturel, et notamment tentatives de mettre en œuvre des formes d'utilisation des terres efficaces dans des régions plus humides. Il faut également prendre en considération l'orientation commerciale de l'agriculture. Tous ces facteurs pris ensemble expliquent les «hauts et les bas», l'alternance d'étapes de développement fulgurant, de stagnation ou de recul de la production. Les fluctuations des prix sur le marché mondial ne font qu'aggraver les difficultés. Les succès étaient jugés en fonction de considérations économiques, et non pas du facteur de survie. C'est peu de temps après la colonisation du continent par les Européens qu'on a vu apparaître un grave danger de désertification (locale, il est vrai), qui n'a jamais eu l'ampleur qu'il avait connue dans les régions arides du Vieux Monde, où la densité de population est beaucoup plus élevée et où les terres sont exploitées depuis bien plus longtemps.

Grâce à la faible densité de population et à un bon équipement technique, l'Australie a pu s'adapter aux conditions nouvelles. Durant les 50 dernières années, la location des terres s'est généralisée dans les régions d'élevage; les exploitations emploient beaucoup moins de main-d'œuvre. La productivité de chaque unité de bétail a grandi, ce qui a permis de réduire la charge dont souffrait la terre. Simultanément, le régime d'exploitation s'est amélioré, car la science s'est substituée aux tâtonnements pratiques. Les difficultés économiques, en particulier l'accroissement des frais de production, demeurent toujours, mais elles ont l'avantage d'empêcher la dégradation totale de l'environnement, en forçant les hommes à abandonner la terre tandis que l'économie de subsistance, dont le résultat est la famine,

peut conduire à une grave dégradation des ressources naturelles.

L'expérience économique, acquise dans les régions d'agriculture à sec, correspond à ce qui précède, à ceci près qu'il reste encore des mesures à prendre pour protéger l'environnement et assurer la survie économique. Certains terrains non irrigués à vocation agricole ont été entièrement abandonnés et sont revenus à l'état de pâturages; mais dans la plupart des régions la production du fourrage a servi de base à l'élevage commercial. Dans ces régions, de vastes prairies alternent avec des champs sous cultures fourragères. Tous ces changements sont devenus possibles grâce au développement de l'agrotechnique et notamment à l'introduction des cultures légumineuses.

Par suite de ces transformations, les mesures de protection des terres, appliquées à la fin des années 1930, ont été très efficaces et ont favorisé dans une grande mesure la stabilisation de la situation. Les réformes socio-économiques, commencées durant la Seconde guerre mondiale, sont appliquées jusqu'à présent et ont abouti à la fusion de nombreuses exploitations, par conséquent à la baisse de la population rurale. Comme cela arrive souvent en Australie, la protection de l'environnement se fait au prix d'une diminution de la population. Néanmoins, les frais de production continuent de croître et peuvent (dans des conditions moins favorables) exercer une influence négative sur l'environnement vulnérable.

Les problèmes liés à l'emmarécagement et à la salinisation des terres irriguées dans la vallée du Murrey, sont beaucoup moins graves que dans les régions irriguées plus anciennes des autres pays. Cela est dû à la bonne qualité et aux grandes quantités d'eau d'irrigation. Dans les régions les plus propices à l'agriculture, à l'est du continent, le niveau des eaux de nappe n'est pas encore très élevé. L'étude des sols et la réalisation de prospections hydrologiques, visant à résoudre certains problèmes surgis précédemment, ont permis de rapprocher les points de vue des techniciens et agronomes. Désormais, tous s'accordent à reconnaître l'importance de la bonification des terres.

Cependant les opinions divergent quant aux moyens de sa réalisation et notamment quant à la priorité des mesures d'irrigation et d'assèchement, destinées à conserver la haute qualité des eaux du

Murrey. Par suite des conflits qui ont eu lieu jadis entre trois Etats recherchant leurs propres intérêts, les problèmes sont devenus encore plus aigus; mais le fait que la Commission du Murrey a récemment repris son activité inspire l'optimisme, tant du point de vue de la possibilité d'efforts conjoints, que de la perspective d'une approche complexe des problèmes de bonification (eaux souterraines, hydrologie, qualité de l'eau fluviale et utilisation des terres irriguées). De même que dans le reste du continent, les problèmes de cette région sont surtout économiques, mais ils sont inévitablement gros de conséquences pour le régime d'exploitation et, par conséquent, pour la balance hydrologique de la région.

La mobilité accrue de la population conduit à étendre l'utilisation des terres à des fins non agricoles. Cela s'effectue dans l'atmosphère d'inquiétude accrue qu'éprouve l'opinion à l'égard de l'environnement. Les prescriptions visant à garantir la protection de l'environnement deviennent de plus en plus rigoureuses. On parle de la nécessité d'étudier les conséquences possibles sur l'environnement de telles ou telles mesures. Ce problème n'est plus rattaché seulement à la variabilité du climat. On signale toutefois la sensibilité de l'écosystème des régions désertiques à toute action extérieure. Il faut se rappeler que les tentatives d'appliquer à ces régions les méthodes, empruntées à des zones climatiques plus humides, ont échoué.

D'une façon générale, la situation n'est pas sans issue. L'opinion est suffisamment sensibilisée et répond volontiers à toute proposition visant à combattre la dégradation de l'environnement. Le niveau de la direction de la plupart des entreprises industrielles est assez compétent et répond aux exigences modernes. Entre les fermiers et les administrateurs se sont établis des rapports de coopération plus étroite qu'auparavant. Il est possible qu'on doive actuellement faire de plus grand effort en ce qui concerne les gens de passage ou les résidents provisoires.

Il est évident qu'étant donné tous les faits cités, la lutte contre la désertification doit être menée à la fois sur le plan social et du point de vue de la protection de l'environnement. Ceci suppose l'introduction d'un système d'indices concertés et la fixation des étapes à atteindre.

Bibliographie

- Aboubacar L.* Les problèmes de la désertification dans les pays arides.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 23—24.
- Acharya R. N., Patnayak R. C., Ahuja L. D.* Livestock production — problems and prospects.— In: *Desertification and its Control*, ICAR, New Delhi, 1977, pp. 275—280.
- Achtnich W., Homeher B.* Protective measures against desertification in oasis farming, as demonstrated by the example of the oasis Al Hassa, Saudi Arabia.— In: *Desertification in extremely arid environments*.— Ed. by Meckelein W. Stuttgarter Geographische Studien, Stuttgart, 1980, pp. 93—105.
- Akhmed F. H.* Programme de lutte contre la désertification au Soudan.— Lutte contre la désertification par le développement

- intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 86—88.
- Alaev E. B.* Conception du développement intégré des régions arides.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 137—139.
- The American experience.— *Mosaïc*. Jan./Feb. 1977, No 1, pp. 36—43.
- Arid lands, a geographical appraisal. UNESCO, Paris, 1966, 461 p.
- Atkinson K., Beaumont P.* 1971. The forests of Jordan.— *Economic Botany*, v. 25, pp. 305—311.
- Aubreville A.* Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Paris, 1949.
- Barkov A. S.* Sur la propagation du désert dans la savane et la

- forêt tropicale. Izvestia de l'Académie des sciences de l'URSS. Série géographique, 1951, No 5.
- Barres J. F.* Analytical bibliography of the Sahel. FAO, Rome, 1974.
- Bassols Batalla A.* Mexico: formación de regiones económicas. Mexico, 1979.
- Bassols Batalla A.* Recursos naturales de Mexico. Mexico, 1981.
- Beaumont P.* River regimes in Iran.— Department of Geography, University of Durham, Occasional Publications New series, No 2, 1973, 29 p.
- Beaumont P.* Water and development in Saudi Arabia.— Geographical Journal, 1977, v. 143, part 1, pp. 42—60.
- Beaumont P.* The River Euphrates — an international problem of water resource development.— Environmental Conservation, v. V, 1978, pp. 35—43.
- Beaumont P.* Changing patterns of land and water use in the Isfahan oasis, Iran.— In: — Desertification in extremely arid environments. Ed. by Meckelein W. Stuttgarter Geographische Studien, Stuttgart, 1980, pp. 29—63.
- Beaumont P.* Water resources and their management in the Middle East.— In: Change and development in the Middle East. Ed. by Clarke J. K. and Bowen-Jones H. Methuen, London, 1981, pp. 40—72.
- Beaumont P., Atkinson K.* Soil erosion and conservation in northern Jordan.— Journal of Soil and Water Conservation, v. 24, 1969, pp. 144—147.
- Beck L.* Government policy and pastoral land use in south — west Iran.— Journal of Arid Environments, 1981, vol. 4, No 3, pp. 253—267.
- Berry L., Townshend J.* Soil conservation policies in the semi-arid regions of Tanzania, a historical perspective. In: ed. Rapp, Berry and Temple. 1973, pp. 241—254.
- Birks J. S.* The impact of economic development on pastoral nomadism in the Middle East: an inevitable eclipse? — in: Change and development in the Middle East. Ed. by Clarke J. K. and Bowen — Jones H., Methuen, London, 1981, pp. 82—94.
- Biswas A. K.* Management of traditional resource systems in marginal areas.— Environmental Conservation, vol. 6, No 4, 1979, pp. 257—264.
- Black R. F., Trudinger J. P.* Revegetation of mine wastes and disturbed areas in an arid environment.— In: Landscaping Seminar Papers, Aust. Inst. Min. Metall., Adelaide, 1976, pp. 167—176.
- Chisholm A. H.* Conservation and recreation in arid Australia: an economic perspective.— In: Arid Shrublands. Ed. by D. N. Hyder, Proc 3rd Workshop, U. S./Aust. Rangeland Panel, Arizona. Society for Range Management, Denver, 1973, pp. 124—130.
- Christiansson C.* Notes on morphology and soil erosion in Kondoa and Singida District: — In Rapp, Berry and Temple, ed. 1973, pp. 319—324.
- Les civilisations préhistoriques de l'Afrique du Nord et du Sahara. Ed. Doin, Paris, 1974.
- Claeson C. F., Moore J. E. (ed.).* Mwanza integrated regional planning project S.D.A. Stockholm, 1976.
- Cliffe L.* Nationalism and the reaction to agricultural improvement in Tanganyika during the enforced colonial period. Makerere University Kampala (Mimeo). 1964.
- Colclough J. D.* Salt.— Tasmanian J. Agric., 1973, 44; pp. 171—180.
- Cook A.* The use of photo-interpretation in the assesment of physical and biological resources in Tanzania.— BRALUP Research Paper No 31, University of Dar es Salaam, 1974.
- Cook A.* Assessment of soil erosion in Dodoma region by the interpretation of photo mosaics. BRALUP Research Report No 16 (New Series) University of Dar es Salaam, 1975.
- Costello F.* The desert world. New York: Thomas J. Crowell Co., 1972.
- Czerna Z. de, Mozino P. A., Benassini O.* El escenario geografico. Introduccion ecologica. Mexico, 1974.
- Daily News (Tanzania). Use of Charcoal Rise Five Times, 21st. Dept. 1979, p. 4.
- Dalby D., Harrison Church R. J., Bezzaz F. (eds).* Drought in Africa.— International African Institute, London, 1977.
- Darkoh M. B. K.* The Sahel drifting to East Africa.— Daily News (Tanzania), Nov. 8th 1979, p. 4.
- Darkoh M. B. K.* Désertification en Tanzanie.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M. 1981.
- Davy E. G.*— An evaluation of climate and water resources for development of agriculture in the Sudano-Sahelian zone of West Africa. WMO, 1978.
- Denevan W. M.* Tipologia de configuraciones agricolas prehispanicas.— In: America indigena, Mexico. 1980, No. 4, pp. 619—652.
- Department of the Environment, Iran. The Turan programme.— In: Desertification — Ed. by Biswas M. R. & Biswas A. K., Pergamon Press Oxford, 1980, pp. 181—251.
- Development of arid and semi-arid lands: obstacles and prospects, MAB Technical notes, 6, UNESCO, Paris, 1977.
- Dhir R. P.* Saline water — their potential as source of irrigation. In: Desertification and its Control. ICAR, New Delhi, 1977, pp. 130—148.
- Dorst J.* Avant que nature meure. Switzerland, 1965.
- Dregne H. E.* Desertification of arid land.— Economic Geography, 1977. No. 4, vol. 53, p. 329.
- Dregne H. E.* Magnitude and characteristics of desertification of world's arid lands, 1980, pp. 49, Manuscript.
- Dregne H. E.* Dimensions et caractéristiques de la désertification dans les régions arides.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 19—20.
- Dresch J.* Reflections on the future of the semi-arid regions. African Environment, Special report I, Dakar, 1976.
- Drip directory and test plot location.— Irrigation Age, June 1973, v. 7, No. 11.
- Eckholm E.* Desertification: a world problem.— Ambio. vol. IV, 1975, No. 4, pp. 137—145.
- Eckholm E.* Losing ground.— Environment, 1976, vol. 18, No. 3, pp. 6—11.
- Economic and socio-cultural dimensions of regionalisation. An Indo-Soviet collaborative Study. Census Centenary Monograph No. 7, New Delhi, 1972.
- Ehlers E.* The dying oases of Central Iran — a few remarks on causes and consequences. In: Desertification in extremely arid environment. Ed. by Meckelein W., Stuttgarter Geographische Studien Stuttgart, 1980, pp. 65—72.
- Ellson I. G.* Shay Gap: a case study.— In: New Towns in Isolated Settings Aust. Nat. Comm. for UNESCO Seminar, Kambalda, W. A., 1973, Aust. Govt. Publ. Serv., Canberra, 1976, pp. 263—76.
- Field M.* Agro-businesses and agricultural planning in Iran.— World Crops, 1972, v. 24, pp. 68—72.
- Freer P.* Non-agricultural land use and desertification. Search, 1978; 9(7); pp. 276—280.
- Fryrear D. W.* Long-term effects of erosion and cropping on soil productivity.— In: Desert dust: origin, characteristics, and effect on man. Boulder, Colorado. The Geological Society of America, 1981, pp. 253—259.
- Fuggles-Couchman N.* Agricultural change in Tanganyika 1945—60, Food Research Institute Stanford University, 1964.
- Fukuda H.* Irrigation water comparative development, Tokyo, 1976. The future of the Great Plains, The Great Plains Drought Area Committee Washington, D.C. US Government Printing Office, 1936.
- Garg H. P.* Solar energy utilisation research. Monogr. No. 3: 1—48. CAZRI, Jodhpur, 1975.
- Gorchkov S. P., Kondratiev T. I.* Ressources de terre des Etats-Unis, leur changement anthropogénique et la protection.— Dans le livre. Bilan de la science et de la technique. Protection de la nature et reproduction des ressources naturelles. t. 10, VINITI 1981, pp. 83—102.
- Gornung M. B.* Sur les possibilités et les perspectives des approches scientifiques pour l'organisation de la lutte contre la désertification en Afrique par le développement intégré.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 83—86.
- Ghonaim O. A., Gabriel B.* Desertification in Siwa Oasis, Egypt-symptoms and causes.— In: Desertification in extremely arid environments. Ed. by Meckelein W. Stuttgarter Geographische Studien, Stuttgart, 1980, pp. 157—172.

- Gillman C. Notes on soil erosion in east Africa. Gillman Papers, Hans Cory Collection, University of Dar es Salaam, 1930.
- Gutteridge, Haskins, Davey. Murray Valley salinity investigation. River Murray Commission, Canberra, 1970.
- Hamdan G. Evolution of irrigation agriculture in Egypt.— In: A History of land use in arid regions. Ed. L. D. Stamp. Arid Zone Research, vol. 17, UNESCO, 1961, pp. 119—142.
- Hamilton G. J., Lang R. D. Reclamation and control of dryland salt-affected soils.— J. Soil Cons. N.S.W., 1978, 34; pp. 28—36.
- Harris D. R. Agricultural systems, ecosystems and the origins of agriculture.— In: The domestication and exploitation of plants and animals, Ed. by Ucko R.T. & Dimbleby G.W. Duckworth & Co. Ltd., London, 1969, pp. 3—15.
- Harris J. A. Leigh J. H. Stabilization of mine residues in Broken Hill, New South Wales.— In: Landscaping Seminar Papers, Aust. Inst. Min and Metall., Adelaide, 1976, pp. 151—166.
- Harroy J. P. Afrique terre qui meurt. Brussels, 1949.
- Heathcote R. L. Perception of desertification of the southern Great Plains: a preliminary inquiry.— In: Perception of Desertification. Edited by R. L. Heathcote. UNU, 1980, pp. 34—59.
- Higbee E. American agriculture, geography, resources, conservation. New York, 1958.
- Hingston F. J., Gailitis V. The geographic variation of salt precipitated over Western Australia.— Aust. J. Soil Res., 1976, 14, pp. 319—35.
- Hovanitz E., Thompson S., Hovanitz K., Stull R., Shiple S. Effects of off-road vehicles in Ballinger Canyon, California Geology, 1979, vol. 7, No. 1, pp. 19—21.
- Howroyd L. Community and society in the outback — and architects view.— B.H.P.J. 1977, 1, 77; pp. 50—57.
- Hyams E. Soil and civilization. London, England. Thames & Hudson, 1952, p. 149.
- ICAR, Desertification and its Control. Indian Council of Agric. Res., New Delhi, 1977, pp. 1—358.
- India. A Reference Annual, 1980.
- Irving C. Desert dilemma: a conservation conflict. Dune buggy seeks its spot in the sands.— Environment Times, 1979, v. 4, No. 5, pp. 4, 7, 9.
- Johnson J. D. Desertification in the United States. Office of Arid Land Studies. Feb. 1977, pp. 1—14.
- Johnson V. Heaven's tableland. New York, N.Y. Farrar, Straus and Company, 1947, pp. 190—206.
- Johnston W. P. Problème de drainage et solution supposée pour un gros massif d'irrigation dans la plaine San-Joaquin, Californie.— Ouvrages du VII Congrès pour l'irrigation et le drainage. Minvodkhoz SSSR, Moscou, 1971.
- Kanwar J. S., Manchanda H. R. Quality rating of well waters of Gurgaon district.— Proc. Natl. Inst. Sci., India, 26, 1964, pp. 198—208.
- Kaul R. N. Indo-Pakistan.— In: Afforestation in Arid Zones. Edited by R. N. Kaul. Dr. W. Junk Publishers, The Hague, 1970, pp. 155—209.
- Kovda V. A. Aridisation du continent et la lutte contre la sécheresse. M., Naouka, 1977.
- Kovda V. A. Le sol, sa bonification, exploitation et protection. M., Naouka, 1981, pp. 38—54.
- Krishnan A. A climatic analysis of the arid zone of north western India.— In: Desertification and its Control. Indian Council of Agril. Res., New Delhi, 1977, pp. 42—57.
- Kus J. S. La agricultura estatal en la costa norte del Peru.— In: America indigena, Mexico, 1980, No. 4, pp. 713—729.
- Kushwaha K. S., Pal S. K. Insect pests and their control.— In: Desertification and its Control. ICAR, New Delhi, 1977, pp. 269—274.
- Lambton A. K. S. Reflections on the role of agriculture in Medieval Persia.— In: The Islamic Middle East. Ed. by Udovitch A. L. Princeton University Press, 1981, pp. 283—312.
- Legris P., Viart M. Study of xerothermic index in India, Burma, Pakistan and Ceylon. Institute Français de Pondichery, Tome I, 1959.
- Levintanous A. Y. Problème d'approvisionnement en eau dans les régions arides et semi-arides en Inde.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981.
- Lord R. Behold our land. Boston, Mass., Houghton. Mifflin Company, 1938, p. 206.
- Lundgren B., Lundgren L. Comparison of soil properties in one forest and two grassland eco-systems on Mt. Mery, Tanzania. In: Rapp, Berry and Temple ed., 1973, pp. 227—240.
- Mabbutt J. A. Caractère cyclique du climat et l'inconstance des paysages en tant que facteurs de l'environnement dans le développement de la désertification.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 20—22.
- Malcolm C. V., Stoneman T. C. Salt encroachment — the 1974 saltland survey.— J. Agric. West. Aust. 1976, 17, pp. 42—9.
- Malhotra S. P. Nomads of Indian arid zone.— Proc. 21st Intl. Geogr. Congress, 1971, pp. 117—124.
- Malhotra S. P. Socio-demographic factors and nomadism in the arid zone.— In: Desertification and its control. ICAR, New Delhi, 1977, pp. 310—323.
- Mann H. S. Desert eco-system and its improvement. Monogr. No. 1: 1—387. CAZRI, Jodhpur, 1974.
- Mann H. S. Function, use and design of shelterbelts.— Proc. FAO/DANIDA Training Course on Sand dune stabilisation, Shelterbelt and Afforestation in Dry zones. CAZRI, Jodhpur (In press), 1980.
- Mann H. S., Prakash I. Desertification problems of the Thar desert.— UNEP Report (In press), 1981.
- Mashalla S. K. Charcoal production and its impact on vegetation in Tanzania.— Journal of Geographical Association of Tanzania No. 17, 1979.
- Matheson W. E. When salt takes over.— J. Agric. South Aust., 1968, 71, pp. 226—72.
- McCauley J. F., Breed C. S., Grolier M. J., MacKinnon D. J. The US dust storm of February 1977.— In: Desert dust: origin, characteristics, and effect on man. Boulder, Colorado. The Geological Society of America, 1981, p. 123.
- McDonald A. Early American soil conservationists. Miscellaneous Publication. No. 1449, Washington D. C., VSDA, 1941.
- McMichael D. F. Society's demand for open-air recreation, wilderness and scientific reference areas.— Proc. Inst. Foresters Aust. 6th Cond., Caloundra, May 1972.
- Mensching H., Ibrahim F. The problem of desertification in and around arid lands.— In: Applied sciences and development, Tübingen, 1977, pp. 7—43.
- Mensching H. Aspects écologiques du problème de la désertification et de l'activité de l'homme sur l'exemple de la zone du Sahel en Afrique.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, M., 1981, pp. 80—82.
- Mikesell M. W. The deforestation of Mount Lebanon.— Geographical Review, 1969, v. 58, pp. 1—28.
- Mnzava F. M. Village afforestation: lessons of experience in Tanzania. Dar es Salaam, 1979.
- Monod T. (ed.) Pastoralism in tropical Africa. Oxf. Univ. Press, 1975.
- Morris A. S. Spatial and sectorial bias in regional development: Ecuador.— Tijdschrift voor Econ. en. Soc. Geografic, 1981, No. 5.
- Mulcahy M. J. Salinization in the southwest of Western Australia.— Search, 1978, 9(7), pp. 269—72.
- Murray-Rust D. H. Soil erosion and reservoir sedimentation in grazing areas west of Arusha, Northern Tanzania. In Rapp, Berry and Temple ed., 1973, pp. 325—344.
- Mushalla H. M. Soil erosion and control: lessons from Kondoa. Dept. of Geography University of Dar es Salaam (mimeo), 1980.
- Muthana K. D. Improved techniques for tree plantation in the arid zone.— Techn. Bull. No. 2. CAZRI, Jodhpur, 1977, pp. 1—22.
- The Nation's water resources. The First additional assesment of the Eater Resources Council, Washington, 1968.
- Nikolaïev V. A., Riabtchikov A. M. Structure de relief du trapp de la région de Deccan.— Vestnik de l'Université de Moscou, série géographique, 1967, No. 4.
- Northcote K. H., Skene J. K. M. Australian soils with saline and sodic properties.— CSIRO Aust. Soil Publ. No. 27, 1972.
- Owen O. S. Natural resource conservation. An ecological approach. The Macmillan Co. New York, 1971.

- Pal S. K. White grubs and their management. Monogr. No. 5. CAZRI, Jodhpur, 1977, pp. 1—30.
- Paliwal K. V., Maliwal G. L. Some relationship between constituents of irrigation water and properties of irrigated soils of the western Rajasthan.— J. Indian Soc. Soil Sci., 1971, 19. pp. 299—304.
- Parcek O. P. Arid horticulture.— In: Desertification and its Control. ICAR, New Delhi, 1977, pp. 256, 262.
- Paroda R. S., Mann H. S., Verma C. M. Management of Indian arid rangelands.— Techn. Bull. No. 4: 1—38, CAZRI, Jodhpur, 1980.
- Parson R. Conserving American resources. New York, 1964.
- Pauli H. W. Relationships between land use and water pollution.— In: Water Pollution.— Water Research Foundation of Australia, Report No. 38; 1972, 5.1—5.13.
- Peck A. J. Salinization of non-irrigated soils and associated streams: a review.— Aust. J. Soil Res., 1978, 15. pp. 157—168.
- Perry R. A. Australia's arid rangelands.— Ann. Arid Zone, 1968, 7(2), pp. 243—249.
- Perry R. A., McAlpine J. R. Impact of isolated towns on the environment.— In: New Towns in Isolated Settings. Aust. Nat. Comm. for UNESCO Seminar, 1976.
- Prakash I. Rodent pest management — principles and practices. Monogr. No. 4. CAZRI, Jodhpur, 1976, pp. 1—28.
- Rapp A., Berry L., Temple P. H. (ed.) Studies of soil erosion and sedimentation in Tanzania, BRALUP Research Monograph Dar es Salaam, 1973.
- Rapp A., Le Houérou H. N., Lundholm B. (ed.) Can desert encroachment be stopped? A study with emphasis on Africa. Ecological bulletin No. 24. Stockholm, 1976.
- Revista economica de Nordeste. Fortaleza, 1981, No. 2.
- Rigby P. Cattle and kingships among the Gogo. Cornell University Press, London and Ithaca, 1969.
- Roubet C. Economie pastorale pré-agricole en Algérie orientale. Le Néolithique de tradition caspienne.— Editions du C. N. R. S., Paris, 1980, 595 p.
- Rounce N. V. The agriculture of the cultivation steppe. Longmans, London, 1949.
- Rowan J. N. Salting on dryland farms in North-Western Victoria. Soil Conservation Authority of Victoria, Melbourne, 1971.
- Sahel: ecological approaches to land use.— MAB Technical notes. UNESCO, Paris, 1975.
- Saines M. Dramatic decrease in subsidence in Santa Clara Valley, California.— Ground Water, 1971, v. 9, No. 4.
- Saini B. S. Architecture in Tropical Australia. Melb. Univ. Press. 1970.
- Saini B. S. Building design and planning for self-sustaining communities in remote localities of Australia's arid zone. In: Food, Fiber and the Arid Lands (ed. W. G. McGinnies et al.). Univ. Arizona Press, 1971, pp. 103—122.
- Sandberg A. Human implications of environment: the Rufiji delta agricultural system. Kendeu Papers, No. 27. 1974.
- Schechter Y., Galai C. The Negev — a desert reclaimed.— In: Desertification — ed. by Biswas M. R. and Biswas A. K. Pergamon Press, Oxford, 1980, pp. 255—308.
- Sen Gupta P., Sdassiouk G. Economic regionalization of India: problems and approaches.— Census of India 1961, Monograph Series, vol. I, No. 8, New Delhi, 1968.
- Sheridan D. The desert blooms — at a price.— Environment, 1981, vol. 23, No. 3, pp. 6—20, 38—41.
- Sheridan D. Desertification of the United States.— Council on Environmental Quality. Washington, D. C. US Government Printing Office, 1981.
- Sheridan D. The underwatered West overdrawn at the wall.— Environment, 1981, vol. 23, No. 2, pp. 6—13, 30—33.
- Singh D., Mann H. S. Optimization of water use and crop production in arid region.— Res. Bull. No. 1, CAZRI, Jodhpur, 1979, pp. 1—88.
- Sixth Five Year Plan, 1980—85, New Delhi, 1981.
- Staples P. R. Run-off and soil erosion experiments. Ann. Rept. Dept. of vet. sci. and An. Husb., Dar es Salaam, 1935, pp. 95—99.
- Stebbing E. P. The creeping desert in the Sudan and elsewhere in Africa. Khartoum, 1953.
- Steward G. History of range use. The Western Range. Senate Document No. 199. Washington D. C. 1936, pp. 119—133.
- Stratégie anti-sécheresse dans le Sahel de l'Afrique de l'Ouest, Paris, 1975.
- Study on Wastelands. New Delhi, 1963.
- Teakle L. J. H. Soil salinity in Western Australia.— J. Agric. West. Aust., 1938, 15, pp. 434—452.
- Temple P. H. and Rapp A. Landslides in the Mgeta area, Western Uluguru Mountains, Tanzania. In: Rapp, Berry & Temple ed., 1973, pp. 157—194.
- Temple P. H., Sundborg A. The Rufiji river, Tanzania: hydrology and sediment transport. In: Rapp, Berry and Temple ed., 1973, pp. 345—368.
- Transnational green belt in North Africa (Morocco — Algeria — Tunisia — Lybia — Egypt). Background document. UN Conference on desertification, Nairobi, 1977.
- Tropical grazing land ecosystems.— A state of knowledge report prepared by UNESCO/UNEP/FAO (Natural resources research, XVI), UNESCO, Paris, 1979, 655 p.
- Ucko P. J., Dumbleby G. W. (eds.) The domestication and exploitation of plants and animals. Gerald Duckworth & Co. Ltd., London, 1969, 581 pages.
- United Republic of Tanzania. Desertification in Tanzania Position Paper, Dar es Salaam, 1977 (mimeo).
- United Republic of Tanzania. The threat of desertification in Central Tanzania. A Technical Paper Prepared for the UN Conference on Desertification, Dar es Salaam, 1977.
- Urbanization in developing countries. Indo-Soviet Collaborative Volume. Osmania University, Hyderabad, A. P. India, 1976.
- U.S. Senate Subcommittee on western water development of the Committee on public works. Western Water Development, 1964.
- Van Dijk D. C. Relict salt, a major cause of recent land damage in the Yass valley, Southern Tablelands, N.S.W.— Aust. Geogr., 1969, 11, pp. 13—21.
- Van Rensburg H. J. Run-off and soil erosion tests, Mpwapwa, Central Tanganyika.— East African Agricultural Journal, 1955, 20, pp. 228—231.
- Water and power resources service. Project data. Denver, Colorado. U.S. Government Printing Office, 1981.
- Voieikov A. I. Œuvres choisies. t. 1. M., 1948, pp. 457—476.
- Watson J. R. Conservation problems, policies and the origins of the Mlalo Basin Rehabilitation Scheme, Usambara Mountains. Tanzania, 1973.
- White G. F. Strategies of American water management. Ann Arbor, 1969.
- Williams O. B., Suijdenorp H., Wilcox D. G. Gascoyne Basin — an associated case study on desertification. Presented by the Australian Government to the U.N. Conference on Desertification, Nairobi, Kenya 1977: A/CONF.74/15, 1977.
- Wilshire H. G. Human causes of accelerated wind erosion in California's deserts.— In: Thresholds in geomorphology. London, England: George Allen & Unwin, Ltd., 1980, p. 415.
- Wilshire H. G., Nakata J. K., Hallet B. Field observations of the December 1977 wind storm, San Joaquin Valley, California.— In: Desert dust: origin, characteristics, and effect on man. Boulder, Colorado. The Geological Society of America, 1981, pp. 233—251.
- Wollman A. The metabolism of cities.— Scientific American, 1965, v. 213, No. 3.
- Wood A. The Groundnut affair. In: Rapp, Berry and Temple, ed. Bodley Head, London, 1950, pp. 221—226.
- Zeist W. Van. Reflections on prehistoric environments in the Near East.— In: The domestication and exploitation of plants and animals. Ed. by Ucko P.J. and Dumbleby G.W. Duckworth & Co. Ltd., London, 1969, pp. 35—46.
- Zeist W. Van, Wright H. E. Jr. Preliminary pollen studies at Lake Zeribar, Zagros Mountains, South-western Iran.— Science, 1963, v. 140, New York, pp. 165—69.
- Zamora C. J. Désertification au Pérou.— Lutte contre la désertification par le développement intégré. Résumés des communications du Symposium International. Tachkent, 1981, m., 1981, pp. 121—123.

Troisième partie

EXPERIENCE SOVIETIQUE DE MISE EN VALEUR DES TERRITOIRES ARIDES PAR LE DEVELOPPEMENT INTEGRE

LES TERRITOIRES ARIDES DE L'URSS ET LEURS FORCES PRODUCTIVES

A. Babaïev (URSS)

Tableau 28

Le climat des déserts de l'Asie Centrale

Stations météorologiques	Altitude au-dessus du niveau de la mer	Température de l'air ambiant en °C			Précipitations par an en mm
		janvier	juillet	moyenne annuelle	
Achkhabad	219	1,4	30,7	16,3	230
Zeagli	142	-1,6	31,3	15,2	93
Kizyl-Atrek	22	-5,2	28,5	17,1	188
Répétek	185	1,1	31,2	16,1	113
Tamdy	220	-4,1	30,0	13,4	108
Tourtkul	85	-4,9	28,2	12,4	97
Aralsk	56	-13,4	26,1	7,0	123
Betpak-Dala	328	-13,9	25,6	7,0	140
Balkhach	423	-15,2	24,2	5,3	127
Ksyl-Orda	131	-9,3	25,7	9,0	114

Les déserts et les semi-déserts occupent en Union Soviétique 300 millions d'hectares environ, soit 14% du territoire [Babaïev, Freikin, 1977]. Presque tous se trouvent dans la RSS du Kazakhstan, dans la RSS d'Ouzbékistan et dans la RSS de Turkménistan (94%). La ceinture désertique est située entre le 51° degré et le 80° degré de longitude. Ici on trouve des territoires désertiques différant sous des rapports physico-géographique et économique: l'Oustiourt pierreux, la plaine sablonneuse et argileuse de la Caspienne, le Kara-Koum transcaspian sableux, le Kizyl-Koum, le Mouiun-Koum, le Kara-Koum aralien, le Sary-Ichikotraou, le désert de Betpak-Dala pierreux, la steppe Golodnaia (de la Faim) argileuse, la steppe Kara-Kalpak, les sables Soundoukli, et autres territoires plus petits (fig. 13).

La nature. L'immense superficie des déserts et des semi-déserts de l'Union Soviétique est caractérisée par des conditions naturelles fort différentes. Le trait commun qui unit tous ces territoires est d'avoir de faibles quantités d'eau. Dans les déserts de l'Asie Centrale, les précipitations sont de 100 mm en moyenne et par an (dans les régions centrales du Kara-Koum et du Kizyl-Koum), allant de 80 mm à 250 mm (dans les piedmonts).

L'une des particularités du climat de l'Asie Centrale, c'est la variation saisonnière des précipitations. Une moitié tombe au printemps, le reste, tard en automne et en hiver; en été, les pluies sont rares.

Cela permet de distinguer dans les déserts, comme d'ailleurs dans l'ensemble des plaines de l'Asie Centrale et du Kazakhstan méridional, deux saisons, à savoir: une saison sèche, allant de la mi-mai jusqu'à la mi-octobre, et une saison humide le reste de l'année.

Les moyennes de température s'élèvent, au fur et à mesure qu'on progresse vers le sud, de 5,0 à 16,6°C. Le minimum de température de l'air tombe en janvier, le maximum, en juillet (tableau 28).

La faible quantité des précipitations tombant dans des saisons déterminées, est la cause de la grande sécheresse de l'air, notamment en été et au début de l'automne. Les hautes températures et la grande sécheresse de l'air durant cinq mois et plus, provoquent la forte évaporation du sol et de la surface des eaux. Dans les déserts l'évaporation dépasse de 20 à 25 fois la somme des précipitations et est de 1 400 à 2 300 mm. Ceci entraîne la sécheresse pédologique, c'est-à-dire le manque d'humidité dans le sol dessèche la couche supérieure du sable et élève la transpiration des plantes.

Le climat de la plaine de l'Asie Centrale, c'est-à-dire des déserts et des oasis, est caractérisé par une végétation prolongée de 160 à 250 jours. Au cours de cette période, la somme des températures de l'air au-dessus de 10°C va de 2 000 à 5 000°C. Les hivers sont en général pauvres en neige et froids. Cependant, il y a des hivers où la couche nivale se maintient 30

ou 40 jours et atteint parfois 70 cm. La neige, recouvrant pour une période prolongée la végétation des pâturages, rendant difficile le pâturage du bétail, causant la famine, voire la mort du bétail présente un danger. La neige est surtout dangereuse avec des vents de 4 à 9 m/s et avec des froids de -20 à -30°C.

Les territoires désertiques se distinguent par un afflux élevé de la chaleur solaire (50—75 kcal/cm²) de radiations solaires.

Le vent est constant dans le désert. Dans les plaines de l'Asie Centrale, en hiver, dominent les vents nord-est. La vitesse moyenne va de 2,5 à 5 m/s. Les vents plus violents soufflent au printemps. Un vent d'une force supérieure à 15 m/s est observé dix jours par an au Kara-Koum Central, 11 jours au Kizyl-Koum et jusqu'à 50 jours au Kara-Koum du Sud-Est.

Les tempêtes de poussière accompagnent toujours les vents violents. Elles ont lieu surtout en été, avec un vent d'une vitesse de 7 à 10 m/s et plus, et elles durent de 2 à 6 heures. Au Kizyl-Koum et dans le nord du Kara-Koum ces tempêtes ont lieu 20 à 30 jours par an, au Kara-Koum du Sud-Est 40 à 50, (60 jours même dans la région de Répétek), dans la partie occidentale du Kara-Koum elles durent de 50 à 60 jours.

Comme dans toutes les régions arides du monde, les ressources hydrauliques constituent la base de l'exploitation économique des déserts et semi-déserts de l'Union Soviétique. Ce sont les précipitations atmosphériques, les eaux de l'écoulement superficiel, les eaux fluviales et les eaux souterraines.

Le réseau fluvial de l'Asie Centrale est très pauvre. De nombreuses rivières se perdent dans les sables, et leur existence n'est attestée que par des lits et des deltas desséchés. Dans les déserts de l'URSS les plus grands fleuves dits de transit sont l'Amou-Daria et le Syr-Daria, qui traversent les étendues

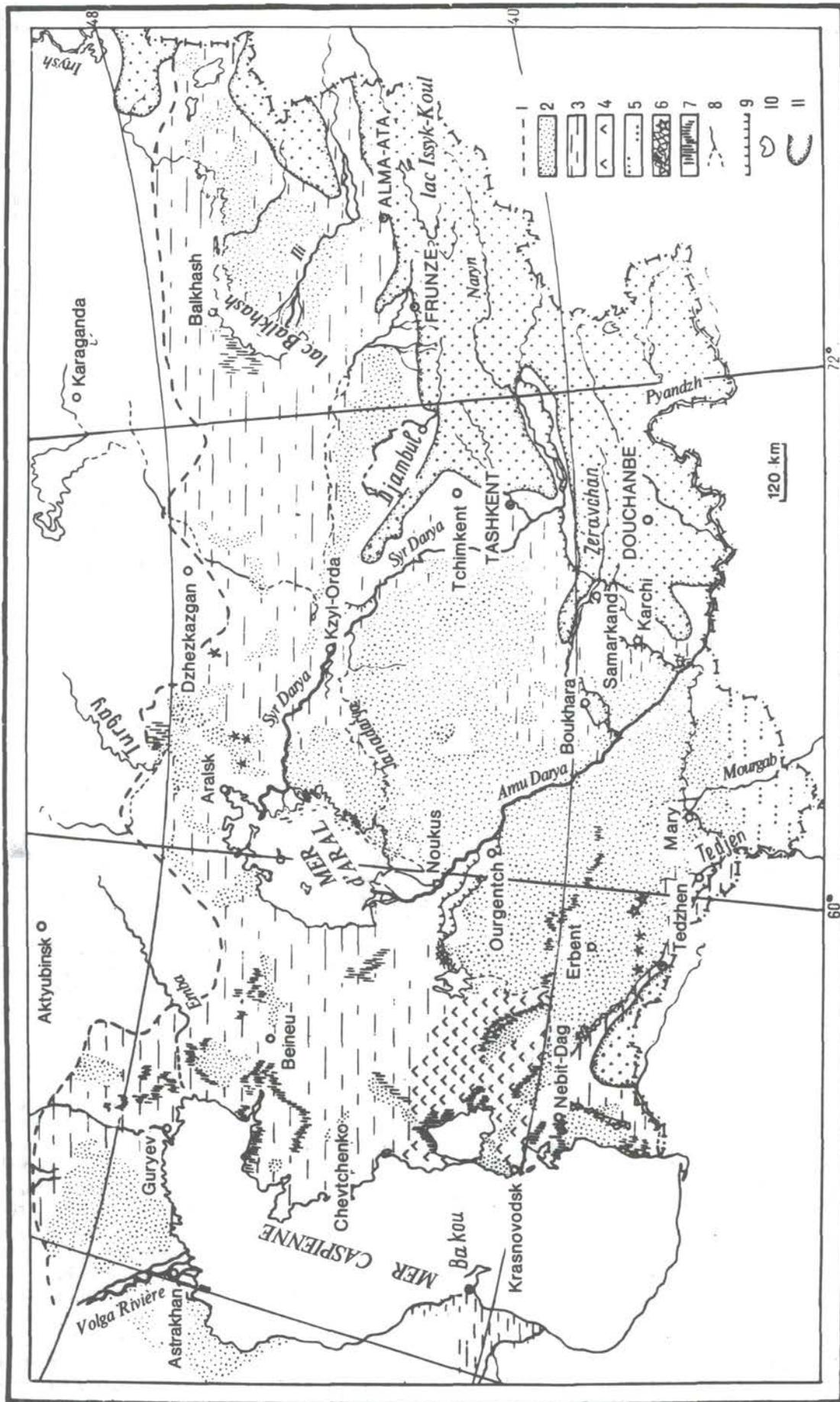


Fig. 13. Répartition des déserts de différents types en URSS:

1 — limite nord des déserts; 2 — désert de sable; 3 — désert argileux; 4 — déserts à sols gypseux; 5 — désert à loess; 6 — takyr individuel et spatiaux; 7 — solonchak; 8 — rivières intermittentes et lits secs; 9 — grands canaux; 10 — réservoirs; 11 — régions montagneuses

sableuses et apportent leurs eaux à la mer d'Aral. Leur débit annuel est respectivement de près de 60 m³ et 31 m³. Ces fleuves, avec les rivières Zaravchan, Mourgab et Tedjen, sont à l'origine de la formation des sables du Kara-Koum et du Kyzyl-Koum. A l'heure actuelle, leur écoulement sert essentiellement à des fins d'irrigation. Au sud-ouest, le fleuve côtier Atrek se jette dans la Caspienne, alors que l'Ili et le Karakol, coulant au nord-est, se précipitent dans le lac Balkach.

Ce cours d'eau joue un rôle important dans le renouvellement des réserves d'eaux souterraines, alimentées par le cours se trouvant au dessous du lit. Ces eaux, douces au voisinage des deltas et dont la minéralisation augmente au fur et à mesure qu'on s'éloigne du delta, alimentent des puits, déterminent la végétation désertique, qui varie en fonction des sources d'alimentation.

Les eaux souterraines sont renouvelées également par l'écoulement temporaire, venu des hautes chaînes du Kopet-Dag, de Nouratinsk, de Zéraboulak et autres. Elles reçoivent les eaux de filtration des canaux principaux, celles venant des champs irrigués, ainsi que l'écoulement temporaire filtrant dans l'épaisseur du sol.

Les déserts ne concourent pas à la formation d'un superficiel. Ceci est dû à la haute capacité d'infiltration du sol, à la faible quantité des précipitations atmosphériques et à la température élevée de l'air. Cependant, les terrains imperméables artificiels ou les zones de capteurs naturels («takyr») fournissent en moyenne 5 000 à 35 000 m³ d'eau de pluie par km², suivant les régions [Lethchinski, 1974].

Rien qu'au Kara-Koum, où les surfaces occupées par les «takyr» atteignent 3,1 millions de km², le total de l'eau collectée atteint près de 35 km³ d'eau douce, ce qui équivaut à l'écoulement du Syr-Daria.

Les eaux souterraines du désert sont en grande partie salées. La minéralisation atteint dans certaines régions des valeurs de l'ordre de 50 à 100 grammes et plus de résidu sec par litre d'eau. La salinité des eaux souterraines des déserts n'est pas la même sur tout le territoire. En Turkménie occidentale, elle va de 0,1 à 3 g/l, et jusqu'à 15—50 g/l, au Kyzyl-Koum la salinité est de 3 à 15 g/l, et au Kara-Koum de 1,5 à 3 g/l, pour atteindre parfois 30 g/l.

Les eaux salées de mer, souterraines et de drainage constituent la plus grande réserve — pratiquement inépuisable — d'eau dans le monde. C'est pourquoi, les efforts de ces dernières années tendent en URSS à élaborer et à perfectionner des méthodes sûres de dessalement des eaux. De grandes installations produisent des dizaines de milliers de m³ d'eau douce par jour, dont le coût est acceptable pour l'alimentation en eau de l'industrie et des services communaux. Cependant, cela implique le recours à des sources d'énergie thermique bon marché: le soleil, le vent, le gaz naturel, en même temps qu'à des installations de dessalement d'eau assez importantes.

Sur ce plan, les conditions des déserts de l'Asie Centrale et du Kazakhstan sont très favorables, car les ressources de la Caspienne et des eaux souterraines salées sont pratiquement illimitées dans cette contrée. Voilà pourquoi, plusieurs entreprises, à Krasnovodsk et à Chevchenko, par exemple, sont approvisionnées en eau douce grâce au dessalement des eaux de la Caspienne dans de grandes installations industrielles.

Par suite d'un climat aride, les processus biologiques et pédologiques sont latents. Les sols des déserts sont caractérisés par une teneur en humus peu élevée, des structures faiblement accusées et une salinité élevée. Les terres se composent principalement de sols gris-bruns, de sols désertiques sablonneux, de sols aréno-argileux et argileux gris, de solontchaks et de takyr. Les zones à humidité excessive du sol dans les vallées et le long des deltas, comportent des sols de type hydromorphe, à savoir des sols alluviaux marécageux, et de takyr pouvant tous être couverts de prairies. Dans les plaines de piémont plus humides sont répandus les «serozems» clairs formés sur les dépôts de loess.

La différence dans la composition mécanique et les propriétés agro-hydrologiques de ces types de sols se répercute sur les particularités de leurs régimes hydrauliques. Cela à son tour, ensemble aux conditions climatiques, influence la couche végétale, les rythmes de son développement et sa productivité. La végétation se compose essentiellement de psammophytes, de buissons bas xérophiles et d'hallophites.

Les différences dans le régime hydrothermique de la zone désertique, liées à la latitude, se manifestent dans l'aspect général des sols et de la végétation. La partie septentrionale de la zone se distingue par la prédominance de sols gris-bruns, fortement minéralisés et alcalisés. Le régime hydrothermique modéré (un été pas très chaud et sec) ne favorise pas l'accumulation des carbonates dans le sol. Les précipitations faibles, mais régulières, au cours de tout l'été permettent le développement de buissons bas vivaces, à végétation tardive, tels l'absinthe et la salsola. Par conséquent, la partie nord de la zone est occupée surtout par des déserts couverts d'absinthe. La végétation y est très raréfiée.

La végétation de la partie sud de la zone, dans les déserts de sable de Sam, Mouyunkoum, du Grand et du Petit Barsouks, est nettement plus riche [Kourotchkina, 1978]. Ici la végétation est représentée par des espèces caractéristiques pour la flore mésophile et xérophite.

Les sols de la partie méridionale des déserts sont fortement carbonatés, gris bruns et gris. La période estivale, très chaude et sèche, favorise l'accumulation des carbonates dans les horizons pédologiques et la couche sous-jacente.

Le maximum printanier des précipitations y permet une végétation beaucoup plus abondante que dans la partie nord, où la saison pluviale fait défaut. Des printemps humides et chauds contribuent au développement d'un type spécifique de végétation éphémères et éphéméroïdes. Avec la venue de la période chaude et sèche d'été, la végétation d'éphémères dépérit. Alors que dans la partie nord les conditions sont favorables à la végétation des plantes dans la période chaude de l'année, ici dans la partie méridionale, elles le sont dans la période froide. Dans la première zone, la végétation est impossible en hiver à cause des basses températures, avec une couche nivale trop mince; dans la partie sud à ce moment-là les conditions climatiques favorisent le développement des éphémères et des éphéméroïdes. En été, au sud, la végétation n'est pas possible pour les xérophites du fait de l'absence de précipitations et des très hautes températures; dans la partie nord,

en été, la végétation des xérophites désertiques à végétation tardive est seule possible.

Les pâturages. Dans la zone désertique, on distingue trois principaux types de pâturages: des déserts sableux, gypseux et argileux.

Les pâturages des déserts sableux sont concentrés dans la partie sud de la zone; leur superficie totale dépasse 44,8 millions d'hectares.

Dans la végétation, y dominent les herbages, les buissons et les éphémères annuelles. Par la composition de la végétation, tous les pâturages du désert sableux sont aptes à l'alimentation des ovins et des chameaux, durant toute l'année. Les réserves moyennes annuelles de fourrage consommé constituent ici 1,01 quintal/ha, tenant compte qu'il faut annuellement par tête d'ovins 9,4 ha.

Les pâturages du désert gypseux sont largement répandus; sur le plateau d'Oustiourt; ils constituent des groupes isolés au Zaoungouz et occupent les restes des plateaux du Terriaire et du Crétacé dans le Kyzyl-Koum sud-ouest. Leur superficie totale s'élève à 38,0 millions d'hectares. Les sols sont essentiellement gris-bruns peu carbonatés, avec accroissement de la teneur en carbonate vers le sud. Des groupements absinthe-salsola caractérisent la végétation de ces pâturages. Leur avantage est qu'on peut «les utiliser» toute l'année; mais le rendement y est bas, allant de 0,6 à 2,8 quintaux/ha. Les réserves fourragères varient d'année en année, et ces variations y sont plus accusées que dans le désert sableux.

Les pâturages du désert argileux s'étendent sur 18,6 millions d'hectares; ils occupent le sud-ouest de la RSS du Turkménistan, les anciens deltas de l'Amou-Daria et du Syr-Daria, l'interfluve Tadjen-Mourgab, etc. Dans ces pâturages dominent les absinthes, les salsolas vivaces et annuelles, parfois des céréales. Par la composition des plantes fourragères, les pâturages conviennent mieux aux chameaux, l'automne et l'hiver étant principalement destinés aux ovins. Le volume du fourrage brouté varie entre 0,8 et 2,2 quintaux/ha en moyenne et par an.

La mise en valeur. Les peuples de l'Asie Centrale et du Kazakhstan méridional dès les temps les plus reculés ont utilisé les ressources des déserts. Cependant, durant des siècles ces ressources ont été exploitées par des procédés primitifs et à un rythme très lent. Souvent l'homme était impuissant dans le combat à armes inégales contre les conditions rigoureuses du désert.

En Union Soviétique, les terres arides sont situées dans les zones périphériques, jadis annexes de matières premières pour les industries et l'agriculture de la Russie tsariste. A la période soviétique, surtout dans les années de l'industrialisation du pays, la mise en valeur des déserts est devenue une tâche de portée nationale, une partie intégrante de la politique économique; elle a été soumise aux principes de la politique léniniste et à l'objectif d'élever le bien-être matériel des travailleurs, à la nécessité de faire rattraper aux régions économiquement en retard le niveau de celles qui étaient développées, en s'appuyant sur les réalisations de la science et de la technique.

Les particularités des zones désertiques ont justifié l'utilisation d'une grande partie du territoire pour le pâturage du bétail; celle des terres pourvues d'eau pour l'agriculture irriguée; le développement des industries d'extraction dans le désert, de celles de traitement dans les oasis. Ceci, à son tour, a rendu

nécessaire de faire valoir les déserts, en y introduisant des branches économiques occupant peu de main-d'œuvre et parfaitement équipées sur le plan technologique.

L'essor scientifico-technique continu permet d'accroître d'année en année les rythmes de mise en valeur des territoires désertiques et semi-désertiques. Cette exploitation suit les orientations suivantes: agriculture irriguée et construction d'ouvrages hydrauliques; pâturages; amélioration des terres par l'afforestation; industries d'extraction.

L'agriculture irriguée et la construction d'ouvrages hydrauliques passent au premier plan lors de la mise en valeur des déserts. Toutes les ressources naturelles sont réunies là pour l'agriculture, à l'exception d'une seule extrêmement limitée: l'humidité. En Asie Centrale, l'irrigation a des traditions millénaires. La surface globale des terres d'ancienne irrigation s'élève à 8—10 millions d'hectares [Andrianov et al., 1975]. Sa longue histoire et son développement stable s'expliquent par les énormes avantages qu'assurent les conditions climatiques du territoire. Sur les terres irriguées, il est possible de cultiver le coton, le riz, la vigne; on fait deux, trois récoltes de cultures fourragères et maraîchères par an.

Durant des siècles, la population des déserts de l'Union Soviétique a élaboré les plus divers procédés d'accumulation et d'utilisation des eaux. Certains sont uniques, comme l'aménagement d'aqueducs souterrains («kyariz») pour capter les eaux souterraines coulant de la montagne, ou encore la formation artificielle de lentilles souterraines d'eau douce (flottant sur l'eau phréatique salée) grâce à des puits spécialement aménagés pour recueillir les précipitations atmosphériques stagnant dans les dépressions argileuses («takyr»). Cependant, le matériel rudimentaire et les conditions sociales et économiques d'avant la Révolution n'ont pas permis d'utiliser sur une grande échelle les écoulements locaux et de transit, fluviaux et souterrains, pour l'irrigation des labours et l'alimentation en eau des pâturages.

Sous le pouvoir soviétique, le système d'irrigation des terres arides a subi de profonds changements; il s'agit avant tout de la modernisation technique radicale de l'ancien réseau d'irrigation (ce qui a permis d'accroître considérablement le rendement des terres irriguées), de l'utilisation complexe du cours des grands fleuves et rivières de l'Asie Centrale et du Kazakhstan,— le Syr-Daria, l'Amou-Daria, l'Ili, le Mourgab, le Tedjen, le Zaravchan, le Vakch, de la mise en valeur totale des terres bonifiées. Dans les bassins des fleuves cités ont surgi des centrales hydrauliques de Takhiatash et Tuiamiun sur l'Amou-Daria, des réservoirs de Farkhad, Kara-Koum, Tchardarine, Kzyl-Orda sur le Syr-Daria, du complexe hydraulique de Kazalyn.

On a construit les canaux d'Amou-Boukhara, de Karchi, du Grand Andijan et du Grand Namangan, le canal Lenine du Kara-Koum, etc.

Sous le pouvoir soviétique, la surface des terres irriguées dans la zone désertique de l'Union Soviétique a plus que quadruplé, passant de 3 à 15 millions d'hectares. Ceci a permis notamment d'augmenter considérablement la production de coton brut. L'accroissement de la surface des terres irriguées dans deux républiques d'Asie Centrale, au cours de la dernière décennie est montré dans le tableau 29.

Tableau 29

Accroissement des terres irriguées (en millions d'ha)
et production du coton (en millions de tonnes) *

Position	1940	1965	1970	1975	1979
<i>RSS d'Ouzbékistan</i>					
Surface irriguée y compris celle réservée au coton	2,28**	2,64	2,70	3,01	3,39
Production de coton brut	0,92	1,56	1,71	1,77	1,83
<i>RSS du Turkménistan</i>					
Surface irriguée y compris celle réservée au coton	0,45**	0,51	0,64	0,72	0,90
Production de coton brut	0,15	0,26	0,40	0,49	0,51
Production de coton brut	0,21	0,55	0,87	1,08	1,22

* «L'économie nationale de l'URSS en 1980», Moscou, éd. «Statistique», 1980 (en russe)

** Données pour 1950.

Les systèmes d'irrigation perfectionnés ont déterminé la spécialisation régionale des territoires irrigués et les combinaisons régionales de cultures avec arrosage. Sur les terres pourvues d'eau, le coton est accompagné de cultures maraîchères et de cucurbitacées, de vergers et de vignobles, de céréales et de cultures fourragères, d'herbes vivaces (luzerne). En dehors des oasis l'agriculture irriguée s'accompagne de l'élevage des vaches laitières.

L'emploi de revêtements antifiltrations et les tuyauteries sur le réseau d'irrigation, le drainage horizontal et vertical couvert, les dispositifs de régulation et le passage universel aux procédés modernes d'irrigation (à aspersion, souterraine et par gouttes) permet à présent d'économiser une grande quantité d'eau.

Comme exemple, on peut citer la mise en valeur des terres vierges désertiques et semi-désertiques dans la steppe de la Faim (RSS d'Ouzbékistan). Actuellement, dans ce désert, autrefois dépourvu d'eau, on est parvenu à irriguer 500 000 ha dont plus de 250 000 ha rien que dans une nouvelle zone. Sur ce territoire, on a créé plus de 30 sovkhoses cotonniers, édifié des ouvrages du génie civil; on a construit 180 km de voies ferrées, 1 600 km environ de routes, 235 km de lignes électriques, 250 km de conduites d'eau, 290 km environ de gazoducs. On a édifié un complexe d'entreprises modernes pour l'industrie du bâtiment et les matériaux de construction, permettant de construire avec des méthodes industrielles. En même temps, on développait la construction de nombreux ouvrages d'intérêt agricole, culturel et public. La description détaillée des travaux universellement connus dans la steppe de la Faim a été présentée comme document de base, à la Conférence des Nations Unies sur la désertification. Les travaux de mise en valeur de la steppe de la Faim sont terminés. L'expérience acquise s'est avérée utile pour d'autres ouvrages importants de la zone semi-désertique des steppes de Karchi et de Djizak.

La steppe de Karchi s'étend sur 1 million d'hectares environ. Le principal cours d'eau, la rivière Kachka-Daria pourra, si l'on régularise totalement son cours, irriguer 150 000 ha destinés essentiellement à la culture du coton à fibre fine. Cependant, ces me-

sures n'ont pas permis de résoudre définitivement le problème de l'irrigation des terres de la steppe de Karchi, ce qui ne peut être fait qu'en utilisant les ressources hydrauliques de l'Amou-Daria.

A l'heure actuelle, d'importants travaux sont entrepris; la première tranche des travaux prévoit une retenue d'eau sans barrage, pour irriguer et mettre en valeur 200 000 ha de la steppe de Karchi. L'eau de l'Amou-Daria y arrive par le canal principal de Karchi, long de 200 km et l'eau est élevée à la hauteur de 132 m, par 6 installations. La puissance réunie de 35 générateurs électriques est de 450 MW, le rendement de chacune des pompes étant de 40 m³/s. Le débit de l'eau dans le canal est de 200 m³/s (première tranche).

Au 80^e kilomètre du canal principal de Karchi est aménagé le réservoir d'eau de Talimardjan, d'une capacité d'un milliard de m³ d'eau environ. Il permettra d'acheminer pendant les douze mois de l'année l'eau de l'Amou-Daria, en utilisant l'eau accumulée en hiver pour l'irrigation estivale. Cela permettra de diminuer de moitié le débit de la section d'aménée du canal et la puissance des pompes.

Le canal Lénine du Kara-Koum est l'ouvrage hydraulique le plus important dans les déserts de l'Union Soviétique. Dans le chapitre XX un passage est entièrement consacré à cet ouvrage; nous nous bornerons donc ici à rappeler qu'il est alimenté par les eaux de l'Amou-Daria. Conformément au projet, le canal s'étendra sur 1 400 km (jusqu'à la rivière Atrak), le débit en amont sera de 800 m³/s, le déversement de l'Amou-Daria dépassera 18 km³. On se propose d'irriguer dans la zone du canal 1 million d'hectares. Actuellement, le canal s'étend déjà sur 1 100 km. Pour régulariser l'écoulement libre d'automne et d'hiver, on y a aménagé plusieurs réservoirs; d'autres sont en voie de construction. Leur capacité globale devra atteindre à l'avenir 1,8 km³. Sont déjà en exploitation les réservoirs de Khaus-Khan (875 millions de m³), d'Achkhabad (48 millions de m³), du Kopet-Dag (190 millions de m³). En outre, à la tête du canal du Kara-Koum on aura construit l'important réservoir d'eau de Zeid (3,5 km³), destiné à régulariser les eaux de l'Amou-Daria.

La construction du canal du Kara-Koum a résolu tout un ensemble de problèmes: irrigation, amenée d'eau sur les pâturages, alimentation en eau des villes et des villages, alimentation en eau des entreprises, pisciculture, navigation. Une utilisation énergétique est envisageable également avec construction de centrales hydroélectriques — centrales hydroélectriques à accumulation.

Dans la mise en valeur des zones désertiques de l'URSS, on attache une grande importance à l'irrigation des terres sablonneuses attenantes aux oasis; en les aménageant convenablement et en appliquant un arrosage approprié, ces terres sont parfaitement utilisables. Ces sables s'étendent sur de grands espaces, leur superficie s'élève à 2 millions d'hectares environ. Comme ils sont situés à proximité de terres déjà exploitées et de systèmes d'irrigation en service, leur mise en valeur s'avère nettement meilleur marché que les dépenses de transfert d'eau à de grandes distances.

Si variés que soient les procédés d'alimentation en eau dans le désert, l'eau souterraine en constitue la source principale. Par endroit, surtout dans les zones des «takyr», au Kyzyl-Koum, au Turkmé-

nistan occidental, dans le Kara-Koum central, on fait appel aux eaux atmosphériques déversées dans des puits, des fosses à pluie, «sardoby», etc. De tous les procédés de conservation des précipitations atmosphériques dans le désert, le plus grand effet est obtenu en emmagasinant les eaux dans des fossés collecteurs souterrains où l'eau atmosphérique douce forme une sorte de lentille, nageant sur l'eau souterraine salée. Cette technique est bien élaborée au Kara-Koum dans des conditions proches de l'exploitation industrielle, où les zones d'aération et de roches-magasins sont représentées par des dépôts sablonneux.

Ces réservoirs souterrains (du type lentille sous le sable) garantissent l'abreuvement du bétail pendant les douze mois de l'année dans les pâturages les plus éloignés et à des conditions économiques acceptables. Cependant, les collecteurs d'eau des «takyr» n'existent pas partout, c'est pourquoi, on y aménage des terrains collecteurs de petite dimension, en asphalte et ciment. Un hectare de «takyr» servant à collecter l'eau donne environ 300 m³ d'eau douce en moyenne par an; un hectare de collecteur artificiel, n'assure pas moins de 700—800 m³ d'eau. Cette quantité d'eau douce mélangée à de l'eau minéralisée peut pourvoir aux besoins d'un troupeau de 800 têtes d'ovins durant toute l'année. Si l'on possède les matériaux nécessaires, dans toute région du désert on peut aménager des terrains collecteurs, en tirer la quantité nécessaire de précipitations atmosphériques, et les accumuler sous terre, dans la zone d'aération, créant ainsi des réservoirs souterrains vastes et sûrs [Babaïev, 1976].

La grande majorité des puits dans les déserts du Kazakhstan et de l'Asie Centrale ne sont pas profonds: 90% sont creusés jusqu'à 30 m; 1,5%, de 31 à 99 m; les autres à 100 m et plus [Kounine, 1959]. Les puits les plus profonds se trouvent dans le sud-est du Kara-Koum et peuvent atteindre, dans certains cas, 270 m.

On fournit de plus en plus d'eau par tubes au Kazakhstan: sur 180 millions d'hectares de pâturages désertiques et semi-désertiques 100 millions d'hectares environ sont alimentés en eau. Ici sont apparues les conduites d'eau d'Ichim et de Boulaev, les plus importantes au monde, longues de 1 700 km avec amenée de 50 000 m³/jour chacune. On prévoit de construire 30 conduites d'eau groupées, à vocation agricole, dont la longueur totale atteindra 20 000 km et le rendement 360 millions de m³ d'eau par an.

Ces dernières décennies, aux sources d'eau existantes se sont ajoutées des eaux souterraines desalées. A Krasnovodsk (RSS de Turkménie) et Chevtchenko (RSS du Kazakhstan) ont été construites des installations à distiller l'eau d'évaporation et adiabatiques, réunissant plusieurs bâtiments et produisant respectivement 13,2 mille et 15 mille m³/jour. En 1973, est entré en service à Chevtchenko le premier dessaleur nucléaire du monde, produisant 120 mille m³/jour. On est en train d'élaborer de petits dessaleurs, mis en mouvement par l'énergie solaire et éolienne.

Les territoires désertiques d'Asie Centrale et du Kazakhstan totalisent un tiers environ des pâturages naturels en URSS, soit près de 122 millions d'ha.

L'élevage. Le cheptel dans les déserts et semi-déserts de l'URSS s'élève à 50 millions de têtes,

dont 17 millions d'ovins environ; sur ce nombre 13,5 millions de têtes sont de race astrakan [Nikolaïev et al., 1977].

Avant la révolution, dans les pâturages désertiques de la Russie, les éleveurs menaient une vie nomade; durant toute l'année, le bétail était laissé au pâturage, ce qui, souvent, durant les hivers rigoureux et les années de grande disette, le décimait en masse. Le principe et le caractère de l'exploitation des pâturages désertiques changèrent de fond en comble dans les années du pouvoir soviétique. Les kolkhozes et les sovkhazes, qui ont groupé les petites exploitations individuelles des nomades, ont permis de passer de l'élevage nomade à la transhumance. Avec ce dernier mode d'élevage, le bétail appartient aux kolkhozes et aux sovkhazes; des quantités strictement limitées d'animaux sont en jouissance individuelle. Les pâturages sont répartis entre les exploitations selon le cheptel. Ce dernier est transhumé à différentes saisons de l'année dans les limites de territoires assignés à tel ou tel kolkhoze ou sovkhaze. La possession en commun du bétail rend plus facile l'organisation des services vétérinaires, les épizoties massives ont disparu.

Des organisations scientifiques d'Etat procèdent à la sélection du bétail; les entreprises de construction creusent des puits, ensuite pris en charge par les kolkhozes et les sovkhazes. Dans le système de transhumance, se déplacent avec le bétail seulement les bergers, accompagnés parfois de leurs femmes et de leurs enfants en bas âge. Par contre, la plus grande partie des éleveurs vivent constamment près de la ferme dans des agglomérations kolkhoziennes ou sovkhaziennes, bien aménagées.

Les pâturages cloturés, bien approvisionnés en eau et aménagés, qu'organisent les grandes fermes d'élevage des moutons d'astrakan, sont destinés à l'entretien de 4 à 5 mille ovins par une équipe de 6 à 7 bergers. Plusieurs équipes forment un complexe d'élevage mécanisé (15 à 20 mille ovins). Cette technologie d'élevage est pratiquée, par exemple, dans la ferme de moutons de race «Karnab» (région de Samarkand) sur une superficie de 32 000 ha. Elle a permis d'augmenter de 50% la capacité des pâturages, de doubler le rendement du travail des bergers et plus que doubler le produit brut par travailleur.

Les grandes fermes d'élevage d'ovins et de chameaux ont permis de procéder à l'exploitation scientifiquement fondée et planifiée de pâturages sur un territoire fixe, ce qui exclut les surpâturages nuisibles à la végétation et aux sols. Ce système est fondé sur l'exploitation des terres pour une ferme donnée, avec un plan pluriannuel d'exploitation des pâturages prévoyant leur rotation, compte tenu de la balance fourragère par saisons, en cherchant à éviter le déficit en protéines et à trouver les moyens d'y remédier.

La construction de bâtiments économiques, culturels et sociaux s'effectue sur une grande échelle dans les pâturages désertiques; en plus, ces territoires sont assurés totalement et régulièrement en eau, et on modernise le réseau d'irrigation existant; la base fourragère de l'élevage des ovins s'améliore avec la meilleure composition de la végétation désertique et l'élévation de la productivité biologique; sur les terres irriguées apparaissent des exploitations fourragères spécialisées; les fermes d'élevage des ovins

se développent, en vue d'une spécialisation et concentration continues de la production.

L'amélioration des pâturages. Il faut particulièrement souligner que l'amélioration radicale des pâturages désertiques sans irrigation est l'une des plus importantes réalisations de la science et de la pratique soviétiques. L'amélioration radicale des pâturages s'effectue en labourant le sol, bien que les conditions des déserts ne permettent pas d'éliminer entièrement la végétation naturelle. Même un labour léger permet d'accumuler l'humidité et d'éliminer la concurrence de la couche herbeuse pour les jeunes pousses des buissons et sous-arbrisseaux.

L'amélioration superficielle des pâturages consiste à semer des plantes en plus des herbages existants, sans labourer la terre. Cette méthode s'applique aux sables attendant aux puits et aux terres sableuses meubles à végétation raréfiée. L'enfouissement des graines est assuré par le piétinement d'un troupeau d'ovins. Les graines à semer subissent une préparation spéciale. Elles sont prolongées dans une épaisse solution de sable et d'argile, ensuite elles sont séchées. On voit se former des granules lourds qui après l'ensemencement ne sont pas emportés par le vent ni enfouis dans le sable à une grande profondeur; les particules argileuses, attachées aux graines, contribuent à la bonne alimentation des jeunes pousses pendant les premiers jours de leur existence.

En s'appuyant sur les données expérimentales, obtenues en divers points de la zone désertique des RSS du Turkménistan et d'Ouzbékistan et, compte tenu de l'expérience de l'amélioration des pâturages labourés, on a établi les normes suivantes d'ensemencement des graines: *Haloxylon aphyllum* — 5—8,9 kg/ha; *Artemisia* — 0,5 kg/ha; *Kochia prostrata* — 3 kg/ha; *Salsola orientalis* — 6 kg/ha; *Aellenia aubaphylla* — 10 kg/ha; *Calligonum* — 15 kg/ha; *Salsola richteri* — 10 kg/ha; *Salsola annuelle* — 5—10 kg/ha [Nétchaïéva et al., 1978]. La première année, la production de la masse végétale au dessus du sol n'est pas très importante, les herbages faisant absolument défaut. Ils sont freinés par les labours; mais à la troisième ou quatrième année, la réserve de graines enfouies dans le sol fait pousser une couche d'herbes. La masse végétale, au dessus et au dessous du sol, composée de buissons, de sous-arbrisseaux et d'herbes, atteint 200 quintaux par hectare, soit de 6 à 30 fois plus que la phytomasse naturelle de ces territoires.

Les pâturages artificiels sont utilisables à partir de la deuxième ou troisième année, ils sont durables, et peuvent servir de 8 à 15 ans, sans entretien supplémentaire, s'ils sont composés d'espèces précoces à court cycle de vie, et de 14 à 30 ans avec des espèces à long cycle de vie. La création de pâturages durables permet de remédier aux limitations imposées par les cycles saisonniers des terres à fourrages naturels, de les enrichir par des pacages d'automne et d'hiver ou durant toute l'année en accroissant le rendement de 3 à 8 fois [Nétchaïéva et al., 1978].

Cette nouvelle exploitation des pâturages prévient le risque de désertification, de dégradation des couches végétale et pédologique.

Les sables mouvants et la mise en valeur par boisement. Les sables mouvants en Asie Centrale occupent de 5 à 7% de la superficie globale du désert [Pétrov, 1950]. Sur l'ensemble des déserts, ils représentent des taches isolées.

Les sables mouvants dans les déserts sablonneux sont, de l'avis général, la manifestation des processus éoliens, déterminés par de grandes vitesses du vent, une faible quantité de précipitations atmosphériques, une pauvre végétation et la présence fréquente de terrains meubles quaternaires.

Le mouvement des sables sous l'action du vent aboutit à l'ensablement des bâtiments, des terres irriguées, des chemins de fer et des routes, ou à l'ablation des fondements des lignes de transfert d'énergie, des gazoducs et des pipe-lines. Dans l'oasis de l'Amou-Daria, au cours des années 1920 et 1930, les sables de barkhanes ensablaient des dizaines d'hectares de terres irriguées. La ville de Tourtkoul, sur l'Amou-Daria, était menacée d'ensablement total. Une situation critique se créait dans l'oasis de Boukhara, où le sable engloutissait des milliers d'hectares de terres irriguées [Pétrov, 1950]; les sables mouvants éprouvaient durement l'agriculture dans l'estuaire de l'Amou-Daria, etc. Mais depuis longtemps on a élaboré en URSS des procédés sûrs pour fixer les sables mouvants. Il sont appliqués différemment, en fonction des conditions forestières, de l'intensité du régime éolien et de la nature de l'ouvrage protégé.

Nous recommandons donc les types et les constructions traditionnels suivants pour la protection mécanique:

1. Protections mécaniques verticales compactes, allégées de 0,3—0,7 m de hauteur, exigeant pour leur aménagement des tiges herbacées.

2. Protections mécaniques verticales demi-cachées, hautes de 20 cm, exigeant pour leur aménagement des tiges herbacées.

3. Protections mécaniques horizontales «longitudinales», à largeur de la rangée de 25 à 35 cm exigeant pour leur aménagement de n'importe quel matériel végétal.

Les terres agricoles des régions en question sont protégées par des plantations sur sable; s'étendant respectivement sur 80, 150, 60 mille ha. La superficie des protections établies sur les sables attendant aux oasis de l'Amou-Daria (cours moyen) est de 15 000 ha. La protection du canal du Kara-Koum, cet important ouvrage hydrotechnique, est assurée par des dispositifs mécaniques couvrant 2 000 ha. Le fonctionnement sans à-coups des chemins de fer de l'Asie Centrale (Transcaspiens) a été assuré par la pose de protections mécaniques sur une étendue de 25 à 30 mille ha. Tous les ans, on dispose des protections sur 150 hectares le long des voies ferrées du Turkménistan.

Les travaux de fixation des sables accomplis dans les déserts de l'Asie Centrale avec les méthodes traditionnelles, ont permis, depuis des décennies, d'écartier la menace d'ensablement des villes, des terres irriguées, des canaux et autres ouvrages. Cependant, les grandes étendues de sables mouvants, situées loin des oasis, sont restés intacts. Leur mise en valeur avec la technologie et les procédés agrotechniques d'alors s'est avérée non rentable au point de vue économique.

Le problème de mise en culture de grandes étendues de barkhanes s'est posé avec une acuité particulière au moment de l'intense mise en valeur industrielle et agricole des richesses naturelles du désert. Les études, effectuées à cet effet en Union Soviétique, peuvent être considérées comme la seconde éta-

pe de mise au point des procédés de lutte contre les sables mouvants à un niveau qualitativement nouveau, mécanisant au maximum les processus exigeant beaucoup de travail.

Dans les conditions extra-arides de l'Asie Centrale, la mécanisation des travaux de fixation des sables et de boisement s'est avérée possible en recourant aux produits chimiques pour fixer la surface sableuse. En Union Soviétique, on considère comme pleins d'avenir le kérozène, les déchets pétroliers, les décocqués de sulfite et d'alcool, le goudron de coton, etc. On a élaboré divers procédés technologiques d'emploi des liants. On prévoit de mécaniser entièrement les opérations exigeant beaucoup de travail, de mener parallèlement les travaux de fixation des sables et de boisement.

Des variétés de calligonum se sont avérées efficaces comme phytoaméliorants des barkhanes de l'Asie Centrale. Leur semis prend à 80 à 90%, et se conserve à 60 à 70%, l'haloxylon persicum et l'haloxylon aphyllum sont considérés comme de bonnes cultures de fixation du sable à des étapes ultérieures de boisement.

Les substances chimiques ont permis de fixer, en Union Soviétique, des milliers de kilomètres de tubes, en particulier les gazoducs intercontinentaux «Boukhara-Oural», «Asie Centrale-Centre», et des centaines de kilomètres de routes. Les liants sont largement utilisés pour stabiliser le relief des barkhanes, avec boisement des sables.

Un exemple de mise en valeur rationnelle par les procédés agronomiques et les plantations de forêts est l'expérience du rendement accru des pâturages sablonneux par des écrans de protection, obtenus par différentes méthodes, autour des pacages. Par endroits, on donne la préférence à des écrans de protection rapprochés ou espacés; à d'autres endroits, on procède à une bonification intense pour créer des pacages hivernaux durables.

Le procédé en lignes espacées est recommandé pour les secteurs aux conditions forestières favorables, pour les plaines de piémont avec des sols sableux désertiques fortement développés et à grande quantité de précipitations (180—200 mm). Dans ce cas, les graines de haloxylon aphyllum sont semées sur des bandes labourées de 25 m de large, espacées entre elles de 150 à 200 m.

Les lignes rapprochées sont recommandées dans les conditions-type du désert sableux. Il paraît rationnel de créer des bandes, larges de 25 m, labourées non dans toute leur largeur, mais en 5 bandes étroites de 1,5 m, avec ensemencement en pointillés de graines de haloxylon. La distance de 5 à 8 m est recommandée pour les bandes étroites. Leur utilisation permet de conserver la végétation naturelle sur des secteurs non labourés.

Les protections des pacages augmentent de 14—16% le rendement des plantes fourragères poussant entre les bandes dans les déserts sableux de l'Asie Centrale, la capacité des pâturages augmentant de 30 à 40%.

Le système des bandes de protection des pâturages est un élément d'amélioration, certes; mais il sert également à protéger les ovins pendant les intempéries en hiver comme en été. Le rendement en viande croît de 10 à 18%, la survie et la conservation des agneaux de 8 à 15%, la tonte de 7 à 12% [Vinoogradov, 1977].

Ressources minérales. L'industrie d'extraction est une branche de l'économie nationale caractéristique pour les régions arides de l'URSS. Elle se développe rapidement dans les déserts et les semi-déserts de l'Union Soviétique depuis la Révolution d'Octobre, sur la base des nombreux et très importants gisements dont abonde le pays. Le succès du développement, en Asie Centrale et au Kazakhstan, de l'industrie d'extraction a permis à son tour le progrès d'autres secteurs et a entraîné d'importants changements non seulement dans l'économie, mais dans d'autres domaines de la vie de ces Républiques.

Le sous-sol du Kazakhstan renferme d'importants gisements de cuivre (Djeskasgan, Balkhach, Bozchakoul), du titane, du manganèse, de l'antimoine, des sels en quantités illimitées (autour de la mer Caspienne, de la mer d'Aral et au Kazakhstan central), des réserves abondantes et variées de matériaux de construction.

Parmi tous les gisements connus dans les déserts de l'Asie Centrale, c'est le pétrole et le gaz qui ont le plus de valeur actuellement. Longtemps, l'extraction du pétrole dans le Kara-Koum a été limitée à la zone du Kalkhach. On travaillait également sur les structures de Neftédag, de Koumdag, de Boedag. L'épuisement de la roche des réservoirs secondaires de pétrole, la nécessité d'accroître les volumes de production, ont imposé les méthodes modernes d'élévation de la pression (inondation dans le contour et au-delà, injection de gaz), ainsi que l'exploration de nouvelles structures. On les a trouvées. Ce sont les gisements à haut débit de Kotourdepét, situé entre Nébit-Dag et Tchéléken, celui d'Okarem — de condensat et de pétrole au bord de la Caspienne, le gisement de Barsakelmès à l'ouest de Nébit-Dag, de Kamychldja au sud-ouest de Nébit-Dag, de Komsomol au nord de Kotourdépé.

On a commencé l'extraction du gaz du Kara-Koum et du Kyzyl-Koum beaucoup plus tard que celle du pétrole.

Au Kara-Koum central, le gaz se trouve non loin de Darvaza et de Zéagli. Au Kyzyl-Koum sont connus les gisements de Gazli, de Moubarek, de Djargak, d'Ourtaboulak, satisfaisant les besoins locaux en gaz et alimentant les gazoducs allant vers l'Oural et le Centre, ainsi que dans les Républiques voisines de l'Asie Centrale. La région gazéifère et pétrolifère de Mourgab comprend plusieurs gisements dont le plus important est celui de Chatlyk. Il est le principal fournisseur de gaz au quatrième tronçon du gazoduc Asie Centrale — Centre.

La région pétrolifère et gazéifère de l'Amou-Daria comprend les gisements de Farab, Atchak, Naïp, Saman-Tépé, Bagadja, Gougourtli. Atchak est la tête de ligne du gazoduc Asie Centrale — Centre. Plus tard, on lui a adjoint le gisement de Naïp.

Pour la richesse, les gisements de Chatlyk, d'Atchak, de Naïp, de Saman-Tépé, de Bagadja, sont classés dans la catégorie des «exceptionnels», le gisement de Gougourtline se range parmi les «importants». A son tour, parmi eux le gisement de Chatlyk se distingue nettement, faisant partie des 10 gisements les plus importants du monde. Ses réserves sont évaluées à des milliards de m³.

Le gaz naturel fait fonctionner des usines énergétiques à gaz à Krasnovodsk, Nébit-Dag, Bezmeine, ainsi que la centrale de Mary, la plus puissante du Turkménistan. La population, elle aussi, consomme

beaucoup de gaz, ainsi que les services communaux des villes, localités et de la plupart des agglomérations rurales de la région. Cependant, la production dépasse nettement la consommation locale, et au fur et à mesure qu'on met en exploitation de nouveaux gisements de gaz, on construit des gazoducs d'importance républicaine, interrpublicaine et nationale.

Parmi les premiers gazoducs, mentionnons celui de Koum-dag-Nébit-Dag, Kotourdépé-Krasnovodsk, Maisk-Bezméin. Le gaz du Kyzyl-Koum (Moubarek, Djarkak) arrive à Tachkent, Tchimkent, Frounzé, Alma-Ata, dans d'autres villes de moindre importance se trouvant sur l'itinéraire des gazoducs interrpublicains. Le gaz de Gazli et du Kara-Koum est amené, grâce au gazoduc Gazli-Oural et Asie Centrale — Centre, dans la partie européenne de l'URSS. Les régions centrales du pays, Moscou y compris, sont alimentées par les gisements de Chatlyk, d'Atchak et de Naip.

L'industrie du pétrole et du gaz a fait démarrer la «grande chimie» des Républiques de l'Asie Centrale.

L'Asie Centrale occupe une des premières places en URSS pour les réserves de sels halogénés et sulfatés. Le principal gisement de sels de sulfate est Kara-Bogaz-Gol. L'extraction mécanisée du sel se fait au bord de la mer d'Aral.

Le désert est riche en soufre natif. Un grand gisement se trouve dans les montagnes de Gouardak, RSS du Turkménistan. Il fait fonctionner l'usine de superphosphates, non loin de la ville de Tcharldjoou, produisant des engrais phosphatés (les phosphorites viennent du Kazakhstan). Les matériaux de construction minéraux abondent partout dans le désert. Parmi eux une grande place revient à la matière première pour le ciment, les calcaires. Un riche gisement de calcaires et de graviers est en exploitation à Bezmeine. Le gisement de grès de haute qualité de Bakharden, qui fait fonctionner la verrerie d'Achkhabad, est bien connu. Partout dans la presqu'île de Manghychlak, à Oustiourt et sur le plateau de Krasnovodsk on trouve des horizons de pierre de construction, utilisée dans les villes du Turkménistan pour bâtir les maisons.

Dans les minerais métallisés de Koughintang, on trouve du plomb et du zinc, dans les montagnes de Mourountau, au Kyzyl-Koum, de l'or.

Energétique. Le développement de l'industrie d'extraction et d'autres branches, ainsi que l'essor général du niveau de vie dans les régions arides du pays exigent un accroissement de la production d'énergie électrique. Dès à présent, l'Asie Centrale s'est donnée un réseau d'interconnexion, réunissant les usines thermiques et hydrauliques. Parmi les centrales en fonctionnement, mentionnons celles de Krasnovodsk, de Nébit-Dag, de Mary, de Novoï. Dans l'avenir, la production d'énergie connaîtra un accroissement notable avec l'achèvement de centrales aussi puissantes que celles de Nourek, de Toktogoul, de la cascade sur l'Amou-Daria.

Le soleil et le vent sont de plus en plus utilisés comme sources énergétiques de remplacement.

Transports. Les cadences élevées de la mise en valeur industrielle des richesses naturelles des déserts et de semi-déserts ont entraîné et accéléré le développement du réseau de transports. Outre la reconstruction des vieilles voies ferrées de l'Asie Centrale et du Kazakhstan, on a construit dans le

désert ces dernières années, de nouvelles voies ferrées.

D'excellentes routes asphaltées ont surgi dans le Kara-Koum et le Kyzyl-Koum au Manghychlak, dans plusieurs régions désertiques du Kazakhstan méridional.

Population. Au début de 1979 dans les déserts et les semi-déserts de l'Asie Centrale et du Kazakhstan vivaient 26,2 millions d'habitants. En vingt ans (1959—1979) l'importance numérique de la population s'y est accrue de 83,2% (contre 21% pour l'ensemble de l'URSS). Représentant 10% du total de la population du pays, la zone aride a fourni dans la même période 22% de l'accroissement démographique de l'URSS.

La zone aride se distingue par le fait que le chiffre de la population rurale n'y diminue pas, mais s'accroît; par conséquent, les réserves démographiques d'urbanisation y augmentent également. Dans la période de 20 ans que nous venons de citer, le nombre des ruraux a augmenté de 62,5%.

En même temps, la zone désertique attire un afflux de migrants d'autres régions du pays; cela explique la bigarrure ethnique de la population urbaine de l'Asie Centrale: les principaux carrefours de migration sont les capitales et les villes nouvellement construites.

Villes et urbanisation. Dans le passé, la genèse des villes de la zone aride, c'était leur «mûrissement» dans le milieu rural. Les villes s'étaient formées comme superstructures commerciales, artisanales, religieuses du milieu rural; une grande importance était dévolue aux fonctions non économiques. Actuellement, nous sommes également en présence du «mûrissement» des villes à partir des localités rurales dans les régions d'agriculture intensive; mais avec un autre contenu socio-économique du processus. A l'époque soviétique, les principaux facteurs génétiques sont du domaine des matières premières, de l'organisation de l'économie et de l'industrie.

Une particularité économique non négligeable des villes de la zone aride, c'est le lien plus étroit de l'agriculture avec l'industrie, la part relativement élevée des citadins occupés dans le secteur rural. Un trait nettement visible de l'urbanisation (ici, comme dans tout le pays), c'est la formation de grandes villes multifonctionnelles, servant de centres d'appui à la structure territoriale de l'économie nationale.

Ceci est lié, en premier lieu, aux processus actifs de consolidation politique, culturelle et économique des nations socialistes, aux modifications du mode de vie des populations autochtones, à l'immense ampleur de la mise en valeur des ressources et de la refonte de l'économie. Des centres d'appui de mise en valeur étaient nécessaires à la réalisation de ces tâches de grande portée historique. Un rôle particulièrement important revient aux capitales.

Les réalisations scientifiques et techniques ont permis d'élargir considérablement le nombre des zones d'utilisation intensive des ressources (zones de concentration). Cependant, afin d'aboutir à des solutions économiques efficaces, il faut canaliser le matériel moderne et les ressources matérielles dans les régions où l'on peut obtenir un rendement maximum. En règle générale, le matériel opérationnel est utilisé pour surmonter des handicaps sérieux, pour combler une «lacune» substantielle dans l'ensemble des conditions et des ressources d'une zone quelconque.

Une sorte de «clé» à la solution du problème de la valorisation des ressources du Manghychlak, a été, par exemple, le dessalement de l'eau de mer à l'aide d'une installation nucléaire; le même rôle a été joué par l'amenée mécanique de l'eau dans les champs de la Steppe de la Faim, la construction des grands canaux du Kara-Koum, d'Amou-Boukhara, de Karchi, etc. Le tracé du canal du Kara-Koum, dans le bassin de la rivière Atrek permet d'assurer le développement de cette région subtropicale sèche, unique en Union Soviétique, dans son ensemble.

L'hétérogénéité des territoires sur le plan économique détermine l'importance des «limites», naturelles et anthropogènes de toutes sortes, pour la zone aride. Grande est l'importance des repères linéaires de développement, tels que les grands cours d'eau, les rives des mers et des lacs, les principaux canaux, les voies polyfonctionnelles de transport, les zones de contact entre la montagne et la plaine.

La zone de concentration démographique et économique, formée aux points limitrophes des montagnes et des plaines de l'Asie Centrale et du Kazakhstan méridional, a pris une grande importance dans la structure macroterritoriale de l'économie de la zone aride. Dans la partie des piedmonts s'est manifesté et consolidé le principal axe économique de toute la région sud-est de l'Union Soviétique, qui a pris à l'époque soviétique un développement puissant et multilatéral. C'est là que se concentre la principale culture, le coton. Les voies de transport s'enchevêtrant, forment des voies polyvalentes nettement exprimées; on voit apparaître les chaînons et les nœuds d'agglomérations de villes importantes. L'urbanisation active a accru le niveau de concentration économique, et a fait voir encore plus nettement la bande de peuplement formée le long du principal axe économique.

En dehors de cette zone axiale, à configuration fantaisiste, se développent de multiples foyers d'organisation territoriale des forces productives, ayant parfois déjà atteint un haut niveau de maturité.

Les foyers les plus prometteurs se donnent généralement un centre d'appui sous la forme d'une ville polyfonctionnelle. Il est habituel dans la pratique soviétique, de donner à ce centre-leader des fonctions administratives: de gestion, ce qui exclut une rupture entre les niveaux économique et administratif de la ville, et lui permet d'accomplir toujours mieux et avec encore plus d'efficacité des fonctions économiques et organisationnelles. La création et la consolidation continue des centres constituant la carcasse de la structure territoriale de l'économie nationale, sont le propre de l'urbanisation de la zone aride. S'y rapportent les chefs-lieux des régions formées récemment: de Manghychlak (ville de Chevchenko), de Tourgai (ville d'Arkalyk), de Djezkazgan (ville de Djezkazgan), de Djyzak (ville de Djizak), de Syr-Daria (ville de Goulistan).

Processus de désertification. Comme il ressort de l'exposé ci-dessus, le principe de l'utilisation socialiste de la nature consiste en une attitude réaliste envers le «rendement» naturel du désert et la possibilité de l'élever à l'aide de moyens mélioratifs et technologiques, compte tenu des différences territoriales et de l'efficacité économique. Ceci implique l'appui sur le plan national des mesures préconisées, le financement, ainsi que la participation des

chercheurs et des ingénieurs à la réalisation des projets. De tout temps, l'attitude envers la nature elle-même a été et reste une des conditions essentielles de réussite.

Malgré tout, par endroits on porte atteinte au désert. Dans certains cas il s'agit d'une atteinte consciente, mais inévitable; dans d'autres c'est une connaissance ou une évaluation insuffisante des lois de développement des écosystèmes les plus fragiles des territoires désertiques et semi-désertiques: ce qui peut accélérer ou accroître la désertification. La désertification anthropogène embrasse tous les éléments du milieu naturel.

Les processus de désertification en Union Soviétique sont plus ou moins limités actuellement; ils ne constituent pas un phénomène de grande envergure et n'ont pas un caractère catastrophique. Ils n'ont ni l'ampleur, ni le degré de saturation, ni l'intensité définis dans les recommandations du Plan d'action de la Conférence de l'ONU sur la désertification.

Les phénomènes de désertification ont connu une grande intensité à la période prérévolutionnaire. Ainsi, du fait du pâturage incontrôlé, durant des siècles, sur de vastes étendues du Kara-Koum (Zaoungouzski et oriental), dans les khanats de Khiva et de Boukhara, les sables se sont dégradés, en formant d'importants massifs de barkhanes. Ce qu'on appelle «la langue» des barkhanes de Khiva longeant l'ancienne route des caravanes menant du Khorezm à Merv, s'étendait loin au sud.

En 1955 encore, sa longueur était de 75 kilomètres. En utilisant les pâturages de façon rationnelle, en procédant au boisement, en amenant le gaz dans les agglomérations et en réduisant ainsi la coupe des haloxilons comme combustible, on est parvenu à affaiblir la déflation. Un rôle important revient sur ce plan au collecteur Ozerny, qui évacue les eaux de drainage résultant de l'irrigation dans les champs de coton du Khorezm, et qui longe la lisière des sables. C'est justement dans la zone de déflation intense que la nappe souterraine est montée, ce qui a élevé la résistance de la surface sableuse à l'érosion éolienne, en améliorant les conditions végétales. Par suite, les massifs des barkhanes sont passés ici dans la catégorie des sables faiblement plantés de végétation; d'anciens sables dégradés, maukants, sont devenus des sables à moitié recouverts de végétation.

Sur la rive gauche de l'Amou-Daria, il y avait auparavant ce qu'on appelait la bande de barkhanes de l'Amou-Daria, s'étendant sur 250 km, de la frontière afghane jusqu'à la ville de Tchardjoou. On rattache l'origine de cette bande à l'élevage des moutons astrakan dans le khanat de Boukhara. Après la collectivisation de l'économie rurale, on entreprit de creuser un grand nombre de puits profonds sur de riches pacages au fond du Kara-Koum sud-est, ce qui détourna de la zone d'oasis les troupeaux de moutons. Plus tard, des travaux de phyto-amélioration y ont été effectués; le long de la bordure des sables ont été plantés des écrans de haloxylon, qui ont donné de très bons résultats. Il n'est resté de la bande de barkhanes que des spécimens solitaires ou des groupes, par-ci par-là des chaînes de dunes et des hauteurs, dispersés parmi des sables mamelonnés couverts de buissons. Les secteurs dénudés ne constituent que 10% de la superficie de l'ancienne zone des barkhanes de l'Amou-Daria.

Les véhicules tous-terrains à larges pneus, les engins de construction des routes, ainsi que les travaux de réfection et d'entretien ont amélioré leur état, ils ont cessé d'être des causes de déflation.

Des puits éloignés et abandonnés sont devenus accessibles; les troupeaux de moutons ont pu se disperser et, par conséquent, les surfaces des massifs de barkhanes et de sables dégradés attenants aux puits ont diminué. Un pâturage plus rationnel a amélioré l'état des terres, autrefois surpâturées, de nouveaux territoires ont été mis en exploitation. Au nord-est du Kara-Koum central, dans la région de Zaoungouzié, les moutons ont piétiné de grands espaces couverts de mousse des déserts, ce qui a permis d'accroître considérablement le rendement des herbes et de faire réapparaître les buissons.

Jadis, la concentration de l'élevage au pâturage près de rares points d'abreuvement, du Kara-Koum central contribuait à l'apparition de sables dégradés autour des puits et le long des voies de passage du bétail. L'aménagement de nouveaux puits, d'aqueducs, a eu pour résultat la décentralisation du cheptel; les sables dégradés sont maintenant fixés par la végétation.

La construction de grands ouvrages industriels, qui changent de fond en comble la situation écologique sur de grandes étendues, peut avoir des conséquences négatives temporaires. Ainsi pendant la

construction du canal du Kara-Koum, qui a donné naissance à un chapelet de nouvelles oasis, long de plus de 1 000 km, se sont formés des sables dégradés, ainsi que des étendues de mélange sableux. Par suite de la filtration des eaux du canal et de leur déversement systématique des deux côtés du canal, se sont formés des lacs de filtration, dont une partie des eaux est envahie par des «solontchaks» [Kharine, Kalenov, 1978].

La zone entourant la mer d'Aral est le théâtre des plus grandes manifestations du processus de désertification. La réduction progressive de la mer d'Aral provoquée, d'une part par la régularisation du cours du Syr-Daria et de l'Amou-Daria, d'autre part par l'utilisation accrue de leurs eaux à des fins d'irrigation, a eu pour résultat la désertification d'immenses territoires dans les deltas de ces fleuves. A la surface desséchée du fond de la mer, on voit se former un désert sableux et alcalin, qui commence de plus en plus à influencer le rythme et le caractère des changements de la situation écologique dans le bassin de la mer d'Aral. La superficie de ce désert augmente, on assiste donc à l'extension d'un désert secondaire anthropique, dont l'action sur les complexes naturels et les phénomènes survenant dans les territoires avoisinants, peut avoir des suites à longue portée et encore peu claires [Kouznetsov, 1980].

Chapitre XX

REGIONS ARIDES TYPIQUES DE L'URSS ET LEUR DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE INTEGRE

A. LES «TERRES NOIRES» DE KALMIKIE

S. Zonn (URSS)

Les «terres noires» forment une vaste région dans les limites de la dépression de la mer Caspienne, dans la partie européenne de l'URSS, et ne sont presque pas recouvertes d'une couche de neige persistante en hiver. La surface de ces terres est plus sombre par rapport à celle des territoires situés plus au nord et à l'ouest. C'est pourquoi, elles portent depuis toujours le nom de «terres noires».

L'ensemble des «terres noires» se compose de deux parties distinctes: la partie nord — plaine basse argilo-limoneuse, entre la Volga et la Caspienne, à couche superficielle complexe comprenant des «solontchaks» (terrains salines) brun clair et des terrains limoneux à prairies, — et la partie sud — protodelta du Kouma-Manytch, à rangées de collines et de bandes de terrains plats. Cette région est limitée au sud par la vallée de la Kouma.

La plaine du nord est séparée de la partie sud par la dépression de Sarpinsk-Davansk, ancienne vallée de la Volga. Elle est terminée par une vaste région dite des crêtes de Berovo, qui se sont formées sur l'emplacement du protodelta de la Volga. Ces étonnantes rangées de limon sableux s'étirent de

l'ouest à l'est, séparées par d'étroits vallons composés de sédiments plus lourds. La genèse des «Crêtes de Berovo» est jusqu'à présent peu claire. Toutefois, leur disposition en éventail confirme qu'elles étaient naguère associées au delta. C'était vraisemblablement à l'origine une plaine de sable que les bras du delta ont ensuite transformé en «crêtes» séparées par des vallons.

La partie nord de cette région, ou dépression de Sarpinsk, est plus peuplée et a de tout temps été une aire d'élevage extensif. La partie sud, c'est-à-dire «les terres noires» proprement dites, servait de pâturages d'hiver pour les troupeaux de moutons venant d'une grande partie du Caucase du Nord. En été, le bétail paissait dans les hauts pâturages du Caucase et les steppes de piémonts et de la région de Stavropol. Le pacage incontrôlé qui se doublait de surpâturage, de manque d'eau et de l'aridité du climat (100 à 250 mm de pluviométrie pour des températures moyennes estivales de 27—30°C), entraînaient la destruction des sols limoneux et sableux brun foncé et clair et la formation à leur place de monticules de sable. Tout cela a entraîné la baisse

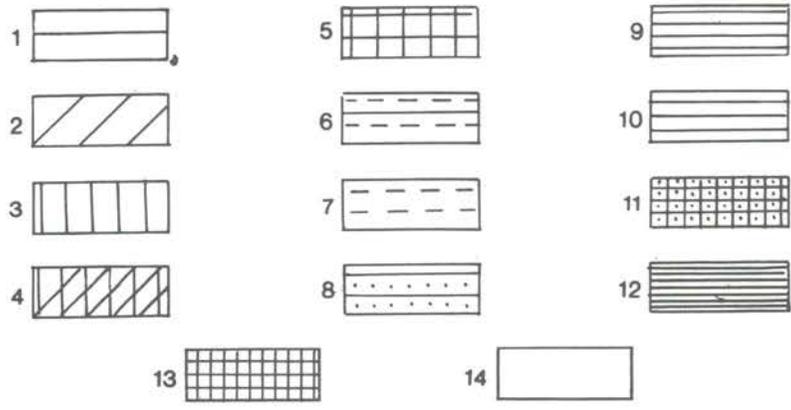
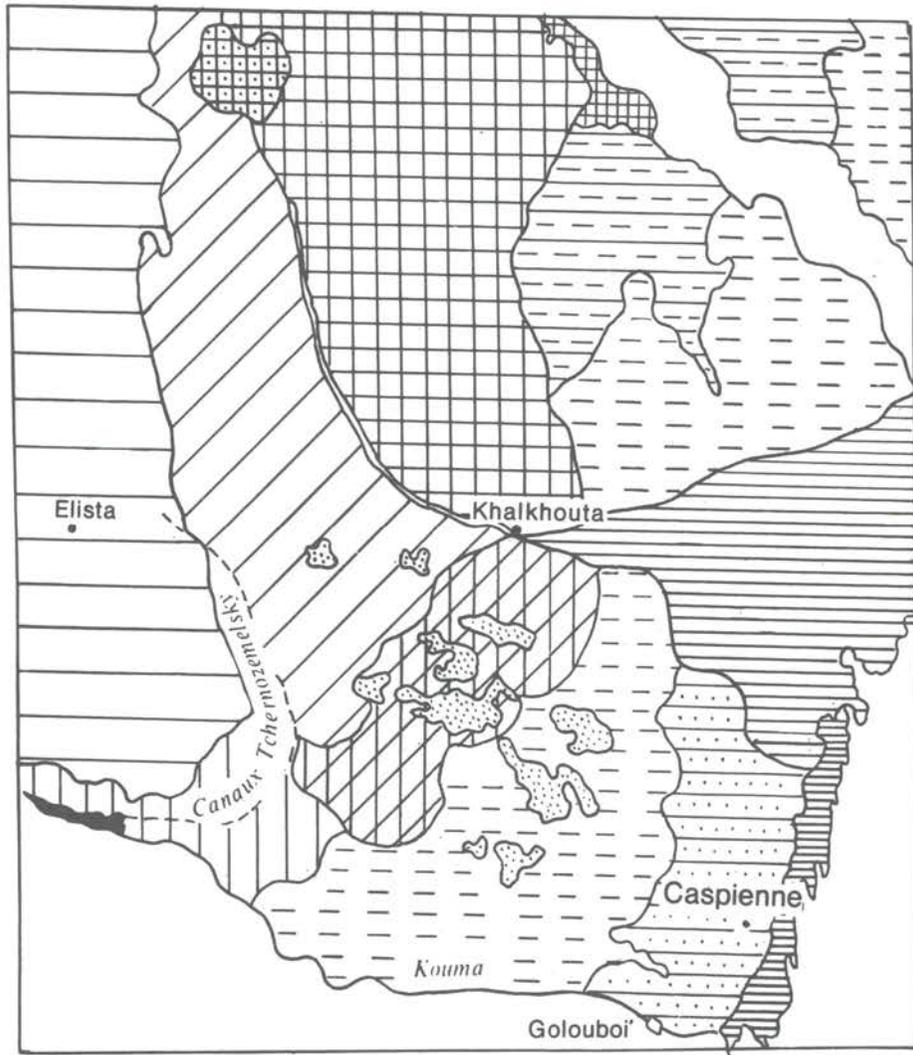


Fig. 14. Principaux types de mise en valeur du territoire de Kalmikie d'après les photos spatiales (S. Zonn, 1982):
 1 — plaine à ravins de Erguenin (agriculture et élevage à sec); 2 — plaine basse de Poderguenine (élevage et foyers d'agriculture irriguée); 3 — lit ancien du Manytch (élevage de moutons et agriculture à sec); 4 — plaine basse à solontchaks (élevage de moutons); 5 — plaine argileuse à solonets avec des foyers de sables et de salines (élevage, quelques foyers d'agriculture irriguée et à sec); 6 — plaine à sols sablonneux et limoneux peu dégradée (élevage); 7 — plaine à limons sableux à crêtes fortement érodée (élevage); 8 — plaine à sols sablonneux à crêtes (érosion la plus forte); 9 — «les crêtes de Berovo» — ancien delta de la Volga (foyers d'agriculture irriguée, élevage de moutons); 10 — dépression de Sarpinsk (ancien lit de la Volga) — collecteur des eaux résiduelles; 11 — rizières de Tsarynsk; 12 — basse plaine du Primorié — fauches, agriculture, culture de légumes; 13 — plaine peu drainée de la Volga (agriculture irriguée, culture de légumes); 14 — vallée de la Volga

du rendement naturel des pâturages et la réduction du cheptel. Les troupeaux étaient littéralement décimés dans les années de sécheresse et d'hivers neigeux et froids.

D'un autre côté, les manifestations de la dégradation du tapis végétal et des sols, principalement par la déflation éolienne et en partie hydrique, diminuaient le potentiel productif naturel de ce territoire.

Pendant la Grande guerre nationale (1941—1945) les hostilités sont venues s'ajouter à la dégradation résultant des activités humaines, créant un méso- et un microrelief artificiel. En effet, les entonnoirs, fosses antichars, tranchées et routes provisoires devenaient autant de foyers de déflation. Tout cela a entraîné l'extension des massifs de sables à déflation intense; la salinisation secondaire du fait des apports éoliens des sels; le développement de foyers de déflation le long des routes provisoires qui allaient en s'élargissant pour aboutir finalement à une évapotranspiration intense et à une perte sous profit de l'humidité atmosphérique.

La lutte contre ces phénomènes, qui avait reçu la désignation générale de lutte contre la sécheresse — et qui est maintenant, selon la terminologie moderne — la lutte contre la désertification — a commencé à être organisée systématiquement après 1948 (bien qu'il ait existé avant cela des plans régionaux de lutte contre la sécheresse). C'est alors qu'on a commencé à appliquer un vaste projet de transformation de la nature de tout le Sud de la partie européenne de l'URSS. Ce projet était dirigé pour lutter essentiellement contre l'érosion, la salinisation, ainsi qu'à améliorer les pâturages par la plantation de bandes protectrices forestières, l'irrigation, la bonification des sols, etc. C'est à peu près dans les années 1960 que commence la deuxième étape de lutte contre la désertification anthropique par d'intenses travaux d'irrigation du territoire et de développement d'une irrigation régulière grâce à l'aménagement de retenues d'eau.

Aujourd'hui, la réalisation de ces projets a permis d'obtenir des succès importants dans la transformation de la nature de cette région. La réussite n'a pas été la même dans tous les domaines, mais cependant d'importants espaces ont changé de caractère passant de l'état de semi-déserts à celui de steppes habitées où ont été créées des oasis agricoles et où se développent la pêche et d'autres activités économiques. Mais cette «offensive» de l'homme dans les conditions du désert et du semi-désert n'a pas toujours conduit à l'accroissement ou à l'amélioration du potentiel biologique des territoires nouvellement mis en valeur. Souvent sa baisse résultait d'une prise en compte insuffisante des perturbations, même légères, de l'équilibre entre la société et l'environnement. Ces perturbations se manifestent le plus autour des centres de districts nouvellement créés, des complexes industriels d'exploitation de gisements, lors de la construction de réseaux d'irrigation, de travaux de bonification, de routes, etc. Elles proviennent surtout d'une connaissance et d'une compréhension insuffisante des particularités naturelles des territoires, ainsi que de l'accumulation inévitable des déchets résultant des activités humaines. C'est précisément la mauvaise adaptation des projets techniques à l'équilibre «fragile» des éléments naturels

qui est responsable des altérations anthropiques des complexes naturels.

Une plus profonde connaissance et le recensement des changements qui ont eu lieu sur les territoires considérés, ont été possibles grâce aux cartes dressées sur la base des photographies spatiales; elles ont mis en évidence de nombreux détails à la fois positifs et négatifs de la transformation des ressources naturelles, et permis d'établir leur dynamique et finalement d'élaborer les projets les plus rationnels de mise en valeur et d'aménagement du territoire axés sur la lutte contre la désertification.

L'état actuel d'utilisation des ressources naturelles dans l'agriculture de la région considérée est schématiquement donné par la fig. 14. Il en ressort avant tout les inégalités de la mise en valeur et ses conséquences négatives résultant de causes différentes. L'agriculture, et plus spécialement l'élevage, sont toujours les plus importants dans la mise en valeur des ressources naturelles d'une région, et notamment les pâturages naturels. A l'heure actuelle, le système de rotation des pâturages se substitue de plus en plus à la transhumance traditionnelle. Ce changement de stratégie accroît souvent la charge sur le pâturage et, par conséquent, une certaine extension des foyers de déflation des sols sableux qui tendent à se muer en sables. Les photos spatiales reproduites schématiquement sur la fig. 14 ont permis de les localiser bien plus nettement qu'auparavant.

Une série de facteurs et de tendances en matière de mise en valeur et d'amélioration des pâturages naturels ont permis d'étendre et de perfectionner les techniques d'élevage. Parmi eux, les principaux sont le retrait progressif de la Caspienne (fig. 14) qui laisse à sa place des terrains à haut potentiel biologique; leur rendement est tel qu'ils peuvent assurer la nourriture d'hiver d'un cheptel d'ovins de plusieurs millions de têtes de petit bétail. Viennent ensuite les grands projets pour remédier à l'absence d'eau en général, et plus particulièrement au manque d'eau pour le bétail, par le forage de puits artésiens ou autres et de réservoirs locaux d'étangs remplis par les eaux de l'écoulement superficiel et aménagés dans des ravins et d'anciens lits fluviaux, etc. Ces réservoirs forment par endroits de petits systèmes d'irrigation. Enfin au sud des «terres noires», a été aménagée la retenue de Tchograi remplie par les eaux du Terek (Caucase du Nord). L'aménagement à la limite du semi-désert et du désert d'un si grand lac artificiel a favorisé le développement de l'agriculture irriguée, surtout après la construction du canal d'irrigation Tchernozemelsky, ainsi que l'utilisation de l'eau pour l'irrigation en aval du barrage. On se propose maintenant d'élever mécaniquement les eaux pour étendre autour de la retenue des zones d'agriculture irriguée, avant tout les herbages.

Des centres de pisciculture ont été implantés sur les retenues d'eau surtout sur celle de Tchograi. Une usine de transformation des produits de l'élevage a été créée dans le village de Kaspiisky et des ateliers de pelleterie à Maly Derbety.

Tout ceci a eu pour résultat que la partie sud-est des «terres noires» — l'unique territoire désertique dans la partie européenne de l'URSS (100 mm de précipitations) — est désormais non seulement spécialisée dans un élevage intense, mais comporte des agglomérations habitées par une population perma-

nente des centres de districts (Kaspiiski, Komso-molski, Khalkhoutinsky) et un grand nombre d'importants sovkhoses. Elle est traversée par la ligne du chemin de fer Astrakhan—Kizliar. Un réseau routier relie entre elles toutes les agglomérations, et assure une liaison constante avec la capitale de la république, la ville d'Elista, de même qu'avec Astrakhan et Volgograd.

Une idée générale de la mise en valeur de ce territoire est donnée par la fig. 14. L'agriculture s'étend de plus en plus, à sec comme irriguée. L'agriculture irriguée est de préférence pratiquée par aspersion. Pas plus de 700 à 1500 m³ d'eau à l'hectare, amenée dans les périodes critiques, procurent des récoltes stables de céréales, cependant que les herbages donnent un fourrage économiquement intéressant. En outre, l'irrigation par aspersion au contraire de l'irrigation par gravité, n'exige pas de drainage, car elle n'entraîne pas de salinisation intense du sol. Alors que l'irrigation par gravité ne peut être sans drainage, et que son emploi en l'absence d'écoulement pose un problème difficile à résoudre. L'irrigation par gravité sur de petites surfaces de terrain peu salé et des «solontchaks» (à partir de réservoirs locaux) permet à son tour la culture de nombreuses plantes céréalières et fourragères. Le succès de cette entreprise est assuré grâce à la création de bandes forestières protectrices le long des canaux et entre les champs de différentes essences à larges feuilles, chênes y compris et arbres fruitiers. A l'âge de 25—30 ans, ces plantations atteignent 10 à 12 m de hauteur et réduisent l'action des vents secs sur les plantations.

L'agriculture à sec occupe actuellement des superficies considérables dans les «terres noires», et sa répartition reflète la tendance à son extension. Elle est impossible dans la partie sud-est, désertique, en raison des facteurs climatiques et surtout pédologiques. Le labourage, pratiqué sur des sols de composition mécanique légère balayés par des vents violents, est la principale cause des «foyers de déflation» qui donnent naissance aux rangées de crêtes de sable.

Dans la partie nord, en plus des causes susmentionnées, vient s'ajouter le sol des «solontchaks» et leur composition mécanique plus lourde, ce qui élève le déficit en humidité.

Avec une moyenne pluviométrique annuelle de 200—250 mm, il y a fréquemment des années sèches où le taux des précipitations descend jusqu'à 130—150 mm; l'agriculture non irriguée devient aléatoire, même si l'on prend toutes les mesures de lutte contre la sécheresse. Son instabilité tient non seulement au déficit en eau et à l'excès de chaleur, mais encore aux vents secs du sud-est qui font tomber l'humidité de l'air à 20—25%, cependant que les bourrasques de vent sec chauffé à 38°—40°C atteignent 20 m/s et plus. Dans ces conditions, les plantes se dessèchent parce que l'évapotranspiration dépasse l'apport d'eau par les racines.

En même temps, l'érosion éolienne casse les plantes et dénude les racines en emportant des particules du sol. Finalement, les champs labourés, surtout ceux à sol de composition mécanique légère deviennent de véritables foyers d'érosion éolienne et hydrique, et d'érosion hydrique pendant les fortes pluies.

Dans la lutte contre tous ces phénomènes, l'aménagement de bandes forestières protectrices acquiert

une importance primordiale. Elles sont principalement constituées d'*Ulmus*, variété d'orme à feuilles menues résistant à la sécheresse et peu exigeant. Bien que la hauteur (4 à 5 m) et la durée de vie (10 à 15 ans) des bandes forestières composées de cette essence soient peu importantes, elles exercent néanmoins une influence appréciable sur l'environnement. A conditions d'être bien placées suffisamment entretenues, ces plantations forment un réseau de bandes rectangulaires de 5 à 10 m de largeur parfois davantage, c'est une nouvelle nature, créée de main d'homme, anthropogène.

Grâce à leur protection, la neige si elle tombe en hiver peut s'accumuler sur les champs, ce qui procure un supplément d'humidité au printemps. Dans les périodes de sécheresses et de vents violents, elles protègent les sols de la déflation et, enfin, dans les années d'humidité suffisante le rendement des cultures céréalières sur les champs protégés dépasse de 5 à 8 quintaux à l'hectare celui que l'on obtient sur les champs non protégés. Souvent on introduit dans ces bandes protectrices diverses variétés d'arbuste à baies, tel le cassis, etc. porteurs de vitamines. En outre, sous la couronne des arbres apparaissent des oiseaux utiles, et même des champignons comestibles.

En plus de bandes protectrices des champs, on procède également à des plantations le long des routes de 10 à 15 m de largeur, qui les protègent des apports de sable, et de neige en hiver, et des bandes contre l'affouillement du sol et la formation de ravins.

Des bandes forestières encadrent également les réservoirs et les étangs artificiels. La combinaison de l'eau et de la verdure offrent de bonnes conditions pour créer des zones de repos pour la population locale.

Le rôle des bandes forestières est moins efficace dans la lutte contre la désertification des pâturages, étant donné qu'elles sont détruites par le bétail. C'est uniquement dans le cas où les pâturages sont dégradés à tel point qu'ils sont devenus inutilisables, qu'il est conseillé d'aménager de telles bandes en pourtour des massifs dégradés. Ces bandes tiennent lieu de barrière protectrice «vivante» empêchant une ultérieure déflation des sols. Mais sur les sables dénudés, les protections mécaniques et les semis d'herbes sont plus efficaces. Les premières visent à créer les meilleures conditions pour la croissance accélérée de plantes herbacées et parfois d'arbrisseaux (*carex physodes*, etc.).

C'est toutefois la régulation rigoureuse de la charge du bétail sur le pâturage qui est le moyen le plus sûr de prévention de l'érosion et de fixation des sols sableux dégradés. Cette charge est fonction de l'état du tapis végétal et des propriétés physiques du sol: sur les sols légers et plus friables, la charge est maintenue au niveau minimal, et augmente à mesure qu'on passe à des sols limoneux et argileux plus lourds.

La lutte contre la désertification pose le plus de problèmes autour des agglomérations. Les sols de cette région supportent mal l'énorme charge industrielle; c'est pourquoi, les abords des agglomérations, et même des abris pour le bétail — où il peut se garantir du froid et passer la nuit — sont souvent entourés de terrains dénudés, souvent légèrement valonnés, à tel point que les conducteurs des véhicules ont parfois des difficultés à pénétrer dans les

agglomérations. La situation s'aggrave encore du fait de l'accumulation des déchets ménagers et industriels. Il s'agit d'ailleurs là d'un phénomène propre à tous les pays du monde, mais qui se manifeste le plus dans la zone désertique et semi-désertique et dont la cause est, principalement, qu'on ne s'occupe que peu, ou même pas du tout, des particularités naturelles, de la composition géologique, de la vulnérabilité de la couverture végétale et du sol, lors du choix des sites des agglomérations et de la planification des divers moyens des communications. Ainsi, on omet de créer dès le début des zones de verdure, barrières tellement indispensables pour se protéger des conditions climatiques défavorables. Tous les déchets auraient pu être utilisés comme substrats productifs pour la plantation de verdure. On peut citer comme un brillant exemple de développement la ville-jardin d'Elista, capitale de la RSSA de Kalmikie, dont les espaces verts facilitent dans une grande mesure la vie de sa population nombreuse (env. 60000 habitants).

C'est ainsi que se présentent aujourd'hui la nature et l'économie du territoire désertique et semi-désertique de la Kalmikie. Il y a seulement 30 à 50 ans,

sa population peu nombreuse menait un train de vie nomade, et la yourte (tente) lui servait d'habitation en hiver comme en été. Il n'y avait presque pas de routes. En hiver, et pendant les pluies, la population était pratiquement coupée des centres urbains; elle était à l'épreuve de nombreuses maladies et de maux. Aujourd'hui, c'est une région déjà bien aménagée, orientée à la fois vers l'élevage et l'agriculture. Diverses branches de l'industrie s'y développent également avec succès. La culture nationale a été ressuscitée; l'instruction publique a accompli un bond gigantesque dont on peut juger par l'université de Kalmikie, qui forme avec succès différents spécialistes. Toutes les agglomérations même les plus reculées sont reliées entre elles par de bonnes et de nombreuses lignes aériennes; cependant que sa capitale est reliée par air et par rail au reste du pays. Si auparavant il fallait des semaines pour aller de Moscou au fond de la Kalmikie, ce voyage ne prend que quelques heures actuellement. C'est de cette manière que l'économie socialiste planifiée lutte contre la désertification, résout les problèmes socio-économiques, et prévient la dégradation résultant de la mise en valeur intense du territoire.

B. LA MISE EN VALEUR DE LA STEPPE DE LA FAIM

V. Doukhovny (URSS)

Les conditions naturelles de la Steppe de la Faim — située en grande partie au nord-est de l'Ouzbékistan — sont typiques pour les vallées de la zone aride d'Asie Centrale. Cette région forme une sorte de triangle irrégulier limité au nord et au nord-est, par le Syr-Daria, au sud par la chaîne du Turkestan et les monts de Nourataou; à l'ouest par la dépression d'Arkasai et le lac salé de Touzkané; au nord-ouest, elle confine au désert du Kyzyl-Koum. La superficie totale des terres arables dans la Steppe de la Faim est de 600000 ha.

Le climat de la Steppe de la Faim est nettement continental. La température annuelle moyenne est 12,5°C (27 à 30°C en juillet; —2 à —7°C en janvier). La température maximale enregistrée dans cette région est de +48°C (à l'ombre), et minimale de —36°C. La période de végétation du coton, de la vigne et des arbres fruitiers dure de 210 à 220 jours. La somme des températures de la période de végétation (+10°C) dépasse 4500°C; et le nombre de jours de grand soleil est de 150.

Les vents influent grandement sur le climat de la région. Les plus violents d'entre eux, «fenes d'Oursatievo», atteignent jusqu'à 40 m/sec, ils soufflent 3 à 4 jours d'affilée, et se répètent 52 jours par an. Ils sont particulièrement fréquents en hiver, en été dominent les vents d'ouest, moins violents. C'est à cause de ces vents que la partie sud de la Steppe de la Faim a un très haut coefficient d'évaporation — 1500 mm annuellement. L'humidité de l'air dans la Steppe de la Faim varie, en juin-août, de 20% sur les terrains secs à 30% sur ceux arrosés. La pluviométrie moyenne annuelle est de 250 à 300 mm, jusqu'à 360 mm dans la plaine des piémonts.

La Steppe de la Faim est une vaste plaine qui

va en s'abaissant depuis les piémonts de la chaîne du Turkestan au sud, vers le Syr-Daria au nord, et vers l'ouest en direction de la dépression d'Arnassaï. La partie sud, la culmine à 310 et 500 m au dessus du niveau de la mer. Le piémont a été formé par la fusion des cônes d'éjection des torrents descendant des pentes de la chaîne du Turkestan. Ce piémont s'aplanit progressivement en une plaine absolument plate de 260 à 310 m d'altitude, qui occupe la majeure partie de la Steppe de la Faim. Près du Syr-Daria, la plaine cède la place au troisième étage d'une terrasse à pente abrupte sur le fleuve. Les anciens lits des rivières Chourouziak, Sardobinsk et Djetoy-sai se trouvent dans le territoire de cette plaine.

Les roches-mères de la Steppe de la Faim (dépôts et sédiments crétacés et tertiaires) gisent à environ 200 m de profondeur, et sont recouverts par des sédiments plus jeunes.

Du point de vue hydrogéologique, le territoire est influencé par l'écoulement souterrain et de surface provenant de la chaîne du Turkestan, drainé par le Syr-Daria. On distingue notamment quatre zones d'après le caractère d'interaction avec l'eau artésienne: la zone de grand gisement de la nappe phréatique située dans la partie supérieure des cônes d'éjection; la zone de déversement des eaux phréatiques, à la périphérie des cônes d'éjection et dans les régions de déclivité; la zone de transit du cours, pratiquement sans écoulement, présentant un profond gisement des eaux de nappe; la zone de faible débit naturel, drainé par le fleuve. La minéralisation des eaux de nappe augmente de la première zone (3—5 g/l) à la troisième (30—50 g/l); puis baisse vers la quatrième (10—15 g/l). Le caractère de minéralisation passe de sulfate-chlorure-sodium à chlorure-sulfate-sodium. Les eaux de nappe

dans toutes les zones, surtout la deuxième et la troisième, sont soumises à la forte influence de l'irrigation.

Aux zones hydrogéologiques sont associés les types de sols. Dans la première zone sont communs les sols gris non salinisés, avec des intercalations de sols bruns caillouteux; puis des sols à solontchaks à teneur élevée en gypse. La troisième zone est représentée par des sols gris clairs non salinisés ou faiblement salinisés, à salinisation profonde et à haute teneur en gypse. Les sols de la quatrième zone sont les plus fertiles, ce sont des sols gris de prairie non salinisés depuis la surface. Sur la majeure partie de ce territoire le coefficient de filtration est de 0,1 à 0,7 m/jour.

À cause de leurs mornes paysages et de l'extrême pauvreté de la couverture végétale, ces espaces ont été appelés «Steppe de la Faim», bien que ce ne soit pas positivement une steppe, mais plutôt un désert d'argile. Depuis une époque reculée, on avait fait des tentatives pour lui redonner vie en y amenant l'eau du Syr-Daria. À la fin du XIX^e début du XX^e s. on a construit deux canaux. Toutefois, ils n'ont pratiquement pas servi à conduire l'eau. Moins de 40 mille ha ont été irrigués; et bientôt ces terres ont souffert d'emmarécagement et de salinisation à cause d'une mauvaise exploitation.

Dans les premières années qui ont suivi la Révolution d'Octobre, l'Etat a entrepris la mise en valeur agricole planifiée de la Steppe de la Faim. Du centre de la Russie ont été envoyés des moyens techniques variés, des techniciens de différentes branches de l'économie, toutes choses indispensables pour cette région. Le résultat a été qu'en 1956, dans la Steppe de la Faim, 200 mille ha de terres, auparavant marécageuses ou désertiques, étaient déjà mis en valeur.

Le développement de l'irrigation dans la zone nouvellement mise en valeur de la Steppe de la Faim (350000 ha) a débuté en 1956 par la création d'un organisme coordinateur unique — «Glargolodnostepstroï» — qui avait pour mission de coordonner tous les travaux liés à la construction d'ouvrages d'irrigation et à la mise en valeur des terres nouvellement irriguées. Au fur et à mesure que progressaient les travaux d'irrigation de la nouvelle zone de la Steppe de la Faim, les nouveaux principes d'organisation ne cessaient de se développer et de se perfectionner.

Au cours de la première période (1956—1961), parallèlement à la construction des principaux canaux d'irrigation et de drainage (canal du Sud de la Steppe de la Faim, embranchement central, collecteur central, etc.), on réalisait d'importants travaux de construction de réseaux de transmission et voies de communication. C'est dans cette période également qu'a été créée une puissante infrastructure industrielle, pour produire des matériaux de construction, qui a permis non seulement d'approvisionner les chantiers de tout le nécessaire, mais de procéder directement aux travaux de montage. On a notamment construit 4 usines et 4 combinats pouvant produire annuellement 400000 m³ d'éléments de béton armé 86000 m³ de blocs de silicate, 400000 m³ de panneaux de gypse laminés, 70000 m³ de gravillon en argile expansé, 1 million 760000 m³ agglomérés, 1300 km de tuyaux en grès, 42 millions de briques et 200000 m³ d'ouvrages de menuiserie.

Cinq agglomérations, où sont localisées les entreprises de construction, les habitations et les institutions à caractère social et culturel, ont surgi dans la Steppe de la Faim.

Cette approche de la mise en valeur était assez hardie et nouvelle. Contrairement aux usages traditionnels, l'irrigation n'a commencé qu'après la création d'une infrastructure industrielle à laquelle on a consacré une partie des capitaux accordés, ce qui a permis ensuite de réaliser rapidement la construction de locaux d'habitation et de services et la mise en valeur des terres. La création de l'infrastructure du bâtiment a permis d'élever le degré de préfabrication des produits. Enfin, la gestion unique de l'industrie et du bâtiment a permis de mettre au point un système précis d'approvisionnement correspondant aux calendriers de construction.

À partir de 1961, on assiste à la préparation sur une large échelle des terres en vue de leur irrigation et bonification, à la construction de sovkhozes et à la mise en place des structures de production agricole sur les terres nouvellement mises en valeur. Le développement de l'irrigation a eu lieu au rythme de 16000 à 17000 ha annuellement, ce qui a permis de mettre en valeur tout ce territoire en 20 ans. De nouvelles exploitations (sovkhozes), disposant chacune de 6000 à 8000 ha irrigués se sont implantées au fur et à mesure de la réalisation d'un réseau d'irrigation à haut rendement (0,78 à 0,82), de la planification des terres et d'un système sûr de drainage. Parallèlement aux ouvrages de bonification, les sovkhozes ont construit des bâtiments industriels, d'habitation, de services, etc. En 1981, fonctionnaient déjà avec succès 57 exploitations, spécialisées principalement dans la culture du coton. Elles ont produit en 1980 520000 t. de coton brut (plus de 5 millions de t. depuis le début de la mise en valeur); 220000 t. de pastèques et de melons; 15000 t. de fruits et de raisin; beaucoup de lait, de viande et autres produits agricoles.

Chaque sovkhoze a été créé un an avant d'entreprendre des semailles. La direction de la nouvelle exploitation procédait à ce moment-là à l'acceptation des ouvrages en voie de réalisation, vérifiait et contrôlait leur qualité, recrutait et instruisait la main-d'œuvre et les spécialistes et procurait tout le matériel nécessaire. Au cours de la première année, on semait généralement 45 à 50% des terres, 75 à 80% pendant la deuxième, et la totalité des terres la troisième année. En quatre ans s'achevait dans l'ensemble, toute la construction du sovkhoze. À partir de la deuxième année, les exploitations commençaient à pratiquer en plus de la culture du coton, l'élevage de vaches laitières (jusqu'à 400 bêtes), et à partir de la troisième année la sériculture et d'autres branches.

L'élevage local (engraissement des bovins, élevage de volailles et de moutons) se développait essentiellement dans les exploitations spécialisées dans l'engraissement le plus souvent dans les régions administratives. On y organisait aussi une exploitation vinicole et d'horticulture. Dans chaque district administratif, d'une superficie de 35—50 mille ha, on implantait des services de réparation et d'entretien technique du matériel agricole, d'approvisionnement en matériel (y compris les engrais), coopérant avec les exploitations sur la base contractuelle. Ces branches d'appoint représentent 10% du volume

de la production agricole, soit 48 millions de roubles annuellement. Pour transformer les produits agricoles, on a construit 7 filatures, 29 centres de stockage, 7 laiteries, des installations frigorifiques, etc., dont le volume de la production industrielle est de plus de 300 millions de roubles. La capacité de chaque filature est de 66000 t., et 8000 à 11000 t. pour les centres de stockage. Les capacités de production augmentaient en même temps que les terrasses mettent en exploitation et la production agricole s'accroît. Une filature dessert généralement 6 à 7 sovkhozes, et un centre de stockage en dessert 1 ou 2. Les laiteries, installations frigorifiques et conserveries sont implantées à raison d'une unité par district. La direction de l'exploitation des eaux (réseaux d'irrigation, stations de pompage, collecteurs et réseaux de drainage) est assurée par des services centralisés spécialisés qui s'occupent de la distribution de l'eau d'arrosage, de l'entretien et de la réparation des installations, du maintien du régime nécessaire et du niveau des eaux de nappe sur les territoires en voie de mise en valeur au moyen de réseaux de drainage.

On attribue à l'exploitation du réseau de drainage dans la Steppe de la Faim une signification exceptionnelle. En effet, l'écoulement naturel insuffisant sur la majeure partie de ce territoire, la tendance des terres à la salinisation, et parfois la salinisation primaire des sols, exigeaient un drainage intensif. Sur 36000 ha on a, par exemple, réalisé un drainage vertical (386 puits de 30 à 54 m de profondeur); et sur le reste du territoire le drainage horizontal enterré avec une profondeur de 3—3,5 m, et une quantité de 47 m.c./ha de drains et 12 m.c./ha de collecteurs. Pour maintenir tout ce réseau en bon état, on réalise annuellement le lavage de 850 à 900 km de drains et la réparation de 45 à 50 puits. Pour surveiller l'état des terres, il existe un réseau de puits de contrôle (un puits pour 20—25 ha). Grâce à ces puits, on relève trois fois par mois la profondeur et le taux de minéralisation des eaux souterraines. En outre, sur 180 sites on mesure systématiquement le débit des eaux de drainage et de déversement et leur taux de minéralisation. Les canaux et les drains sont régulièrement, selon le plan, débarrassés de toute plante et vase, et on procède encore à d'autres travaux courants.

Pour assurer les exploitations en énergie, communications et voies de transport, on construit au sein du complexe des sous-stations de district (10000 à 20000 kW), des sous-stations de sovkhoze (2500 à 6000 kW), et les lignes correspondantes de transport d'énergie d'une tension de 100, 35 et 10 kW, ainsi que des lignes de communication et routes asphaltées reliant les exploitations entre elles.

L'ampleur énorme de l'ensemble des travaux d'irrigation exigeait de faire appel à une grande main-d'œuvre. Tous les ans le nombre de ceux prenant part à la mise en valeur de la Steppe de la Faim augmentait au rythme de 5000 à 7000 personnes, ce qui, avec un coefficient familial de 3,1 a nécessité la construction et la mise en exploitation dans les sovkhozes et centres de districts d'agglomérations pour 15000 à 20000 habitants. Cela représente au total 130000 à 200000 m² de logements confortables avec tous les équipements connexes (réseaux de communications, écoles, jardins d'enfant, magasins, restaurants, établissements de bain, etc.). La fixation

des nouveaux migrants dépendait de la manière dont ces services concouraient à assurer le volume assigné des travaux. Entre 1956 et 1981, on a construit dans la Steppe de la Faim plus de 2,9 millions de m² de logements, 37000 places dans les établissements scolaires, et 14400 dans ceux préscolaires, 32 clubs, plus de 360 magasins, 310 réfectoires, des centaines de km de réseaux d'adduction d'eau, de gaz, d'égouts et d'autres communications. Il est naturel que la création de telles agglomérations a rendu nécessaire la création d'un service d'exploitation des installations communales au niveau des districts.

Enfin, ces énormes travaux d'un montant annuel de 30 millions de roubles au début, jusqu'à 120—130 millions dans la période de développement maximum, des travaux, de la construction n'ont été possibles que grâce à la création d'organismes du bâtiment, d'entreprises produisant des matériaux de construction.

La mise en valeur des terres de la Steppe de la Faim qui s'est achevée en 25 ans a confirmé la haute efficacité de la méthode globale d'irrigation et de mise en valeur des terres, méthode élaborée et expérimentée dans cette région. Malgré les conditions difficiles existant dans la Steppe de la Faim (salinisation primaire sur plus de 100000 ha, menace à la salinisation du reste du territoire, faible drainage naturel, dispersion des sols), l'irrigation s'est avérée efficace économiquement, écologiquement et socialement.

Ainsi, le rendement économique des investissements qui ont été nécessaires pour la mise en valeur de la Steppe de la Faim, est très élevé. De 1956 à 1980, pour un volume d'investissements rentables de 1820,3 millions de roubles, dans toutes les branches du complexe économique le total des bénéfices s'est élevé à 2001,7 millions de roubles; cependant que le rendement économique, qui variait entre 160 et 200 millions de roubles annuellement au cours des 8 dernières années, a de beaucoup dépassé les investissements consentis dans toutes les branches (120—150 millions de roubles annuellement).

La production brute dans toutes les branches a dépassé 2 milliards de roubles en 1980, contre 30 millions en 1957, et le produit final a été de 820 millions de roubles de produit final.

L'efficacité sociale de l'irrigation de la Steppe de la Faim s'est manifestée dans l'absorption d'une partie considérablement du surplus de main-d'œuvre résultant de l'accroissement de la population agricole active dans la partie ouzbègue du bassin du Syr-Daria. De 1956 à 1975, cet accroissement a représenté plus de 600000 personnes, dont un tiers (210000) à été absorbé par la nouvelle zone d'irrigation de la Steppe de la Faim.

Grâce au grand effort de construction, au développement d'une industrie pour contribuer à l'irrigation d'un désert auparavant inhabité, et de mise en place d'entreprises agricoles, — sovkhozes, complexes spécialisés — grâce, enfin, au développement de l'infrastructure, un grand besoin de main-d'œuvre s'est fait sentir dans cette région. La création d'avantage pour les migrants (primes, indemnités, etc.), un grand travail social dans les masses pour recruter des jeunes (komsomols), le transfert dans cette région d'organisations entières assurant la première base du développement de cette région, tout ceci a incité les gens à venir s'installer sur ces nouvelles

terres. Plus tard ont commencé à se manifester d'autres facteurs, comme la possibilité d'obtenir un logement confortable, gratuitement et dans les plus courts délais, ayant l'eau courante, le gaz, l'électricité, et la possibilité d'entretenir du bétail individuel dans des locaux appropriés. Le haut niveau de mécanisation dans l'agriculture et l'industrialisation du bâtiment et de toute l'économie, ont été un autre facteur attirant la population dans cette région. Jusqu'à aujourd'hui, les indices du rendement du travail dans la mise en valeur des terres et de la production de coton par habitant y restent les plus élevés à l'échelle nationale. De là des salaires moyens élevés dans le bâtiment, l'agriculture et l'industrie.

La Steppe de la Faim, ce terrain d'essai d'une nouvelle technique d'irrigation et de bonification de la zone aride, a été à l'origine de nombreuses inventions, technologies, machines et mécanismes nouveaux, ce qui a également élevé l'efficacité sociale de l'irrigation.

La portée sociale de la Steppe de la Faim est énorme non seulement pour les districts administratifs nouvellement créés (ceux de Djizak et du Syr-Daria), mais encore pour les régions voisines, fortement peuplées, des vallées de Ferghana et du Zeravchan. C'est grâce à l'absorption d'une partie de la main-d'œuvre, entre 1956—1980, qu'on a réussi à réduire quelque peu (de 0,5 à 0,8% dans la vallée de Ferghana, et de 1,2% dans la région de Samarkand) le taux de croissance de la population agricole active. D'autres facteurs sont évidemment intervenus dans ce processus; mais un rôle important revient à la mise en valeur de la Steppe de la Faim.

L'effet écologique de la mise en valeur de cette région est encore plus élevé. On peut affirmer en tout état de cause que la nouvelle zone de la Steppe de la Faim est presque la seule région où l'influence de l'irrigation sur l'environnement est globalement positive. De longues observations sur les changements des conditions naturelles sous l'influence de l'irrigation montrent que l'humidité relative de l'air

a augmenté de 22—25% à 45—50%, cependant que la température, dans la période de végétation, a baissé de 3 à 4°C. Toutes les terres du nouveau domaine de l'irrigation sont entièrement sillonnées, pour la première fois en URSS, par un réseau de drainage enterré (horizontal et vertical), ce qui assure le maintien des eaux de nappe à une profondeur de 2,5—3,5 m et procure une désalinisation constante et une haute fertilité des terres. La profondeur des eaux de nappe assure un régime d'amélioration optimale, lequel, allié à un haut rendement des systèmes et à l'introduction de techniques perfectionnées d'arrosage (tuyaux flexibles, tubes rigides transportables, etc.), a permis dans tout le système du canal du sud de la Steppe de la Faim de porter la consommation d'eau à l'hectare, à 8,8—9,5 mille m³ par an, malgré des lavages considérables.

D'un autre côté, on est parvenu du minimum d'échanges hydriques et de sels entre la zone d'aération et les eaux phréatiques, ce qui fait qu'en 5 ans la migration des sels dans les drains a été en moyenne de 9 à 12 t. à l'hectare, contre 38 t. pour l'Asie Centrale et jusqu'à 60 t. dans certaines de ses zones. Parallèlement à l'optimisation du régime d'amélioration, on constate la minimisation du déversement de l'eau et des sels dans les collecteurs de drainage.

Grâce à l'application de toutes ces mesures et au niveau technique élevé des systèmes d'irrigation, on est parvenu à élever l'indice de bonification des terres de la région sur l'échelle de qualité. Si cet indice était égal à 0,8 et plus (42% des terres) avant la mise en valeur alors qu'une grande partie du territoire (environ 24%) avait un indice de l'ordre de 0,5 à 0,6; à l'heure actuelle, environ 90% des terres ont un indice de plus de 0,8 ce qui est le gage de leur fertilité à long terme.

La mise en valeur de la Steppe de la Faim est un exemple de la haute efficacité de la lutte contre la désertification par la création sur des terres auparavant désertiques de complexes territoriaux de production.

C. LE CANAL DU KARA-KOUM

M. Grave, L. Grave (URSS)

La mise en valeur des déserts de l'Asie Centrale et, avant tout, le développement de l'irrigation dans les républiques soviétiques d'Asie Centrale, ont toujours été au centre des préoccupations de l'Etat soviétique.

Après la fin victorieuse de la Seconde guerre mondiale, la mise en valeur des déserts commence à tenir une grande place dans les plans d'Etat de développement économique et social de l'URSS. Les terres irriguées et celles pouvant l'être dans les déserts d'Asie Centrale se trouvent dans les anciens deltas et les piémonts. C'est pourquoi, la construction d'ouvrages hydrotechniques, qui connaît une ampleur exceptionnelle ces dernières années, et notamment la construction de grands canaux d'irrigation, avait pour but de régulariser et de redistribuer l'écoulement des principaux fleuves d'Asie Centrale: l'Amou-Daria et le Syr-Daria; et cela pour approvisionner en eau ces territoires à climat aride, mais

possédant néanmoins d'énormes étendues de terres très fertiles. Tel est notamment le rôle que joue le canal du Kara-Koum Lénine, un des premiers ouvrages dans la mise en valeur d'après-guerre des déserts de notre pays [M. Grave, L. Grave, 1981].

L'idée de transfert des eaux de l'Amou-Daria à travers le désert du Kara-Koum vers les régions arides de la mer Caspienne avait déjà été émise par des ingénieurs russes d'avant-garde avant la Révolution d'Octobre. La découverte faite, dans les années 1980, par l'académicien V. Obroutchev, de l'ancien lit fluvial-nommé l'Ouzboi-du-Kalif,— qui traverse de l'est à l'ouest l'interfluve de l'Amou-Daria et du Mourgab, en a été le point de départ. La proposition des ingénieurs d'utiliser la succession de dépressions de l'Ouzbeoi-du-Kalif, dans le sud-est du Kara-Koum, pour amener l'eau à l'oasis de Mourgab et plus loin vers l'ouest, a attiré l'attention des hommes d'affaires. On avait même effectué des travaux de

prospection et mis au point plusieurs projets de construction d'un canal. Cependant, tous ces projets étaient irréalisables à l'époque.

C'est seulement sous le pouvoir soviétique, ont été entamés les travaux de prospection pour le tracé du futur canal.

La construction du canal, qui est proche de son achèvement, se poursuit étape par étape. A chaque étape, on procède à la mise en valeur de nouvelles terres et à la préparation des futures tranches. A mesure que le canal s'allonge, son lit s'approfondit et s'élargit ce qui assure l'accroissement régulier de son débit.

C'est en 1959 qu'est entrée en service la première tranche du canal, longue de 397 km, allant de l'Amou-Daria au Mourgab, dont environ 300 km traversent un désert de sable. Dans cette partie, les concepteurs et bâtisseurs ont eu à résoudre plusieurs problèmes cardinaux, liés notamment aux pertes d'eau par infiltration. Pour la première fois dans la pratique mondiale, on a mis au point et réalisé une méthode permettant de prévoir les pertes d'eau d'un canal. Il a été prouvé que malgré les grandes pertes initiales, celles-ci tiendraient rapidement à diminuer grâce au colmatage du lit et à la saturation en eau des roches sous-jacentes. Déjà un an plus tard ces pertes ont diminué presque de 6 fois, et ce processus se maintiendrait par la suite assurant un rendement stable de tout le système. Les calculs et les données expérimentales ont permis de conclure à la possibilité de réalisation du canal sans revêtement. Le temps a confirmé la justesse de cette déduction.

La méthode de creusement du canal dans les sables a été inédite elle aussi. Au lieu de la méthode traditionnelle dite «à sec», on a pour la première fois utilisé la méthode «d'avancement avec le front de l'eau». Cette méthode consiste à ne creuser qu'une étroite tranchée-pilote qui est ensuite remplie d'eau. C'est ensuite au tour des dragues-suceuses que s'élargit le lit du canal jusqu'à la section requise. La première tranche du canal a amené l'eau à l'oasis du Mourgab, en 1959 — année de grande sécheresse — ce qui a sauvé d'une destruction massive et inévitable les plantations de coton.

La deuxième tranche a prolongé le canal de 138 km, depuis le Mourgab jusqu'au Tedjen. En même temps, on a aménagé la retenue d'eau de Khaouzkhan — la plus importante du parcours — servant à stocker en automne et en hiver les eaux du canal qui fonctionne toute l'année. Les travaux ont commencé en avril 1960, et au bout de 7 mois seulement l'eau de l'Amou-Daria est arrivée à l'oasis du Tedjen.

En 1961 ont commencé les travaux de construction de la troisième tranche, depuis Tedjen jusqu'à Achkhabad. Déjà en mai 1962 la capitale de la RSS du Turkménistan recevait l'eau qui avait emprunté une tranchée-pilote longue de 258 km. Vers 1975 s'est achevée la construction de la troisième tranche et de son prolongement (44 km) d'Achkhabad à Gheok-Tépé, terminée par la retenue d'eau de régulation de Kopet-Dag.

Au début des années 70 a été ouvert le chantier de la quatrième tranche, en formule «tranchée-pilote». A l'heure actuelle, le canal d'environ 260 km de longueur au départ de Gheog-Tépé a atteint la limite nord-ouest du Kopet-Dag près de Kazandjik. De la sorte, toute la plaine des piémonts, située entre les montagnes et la limite sud des sables du Kara-

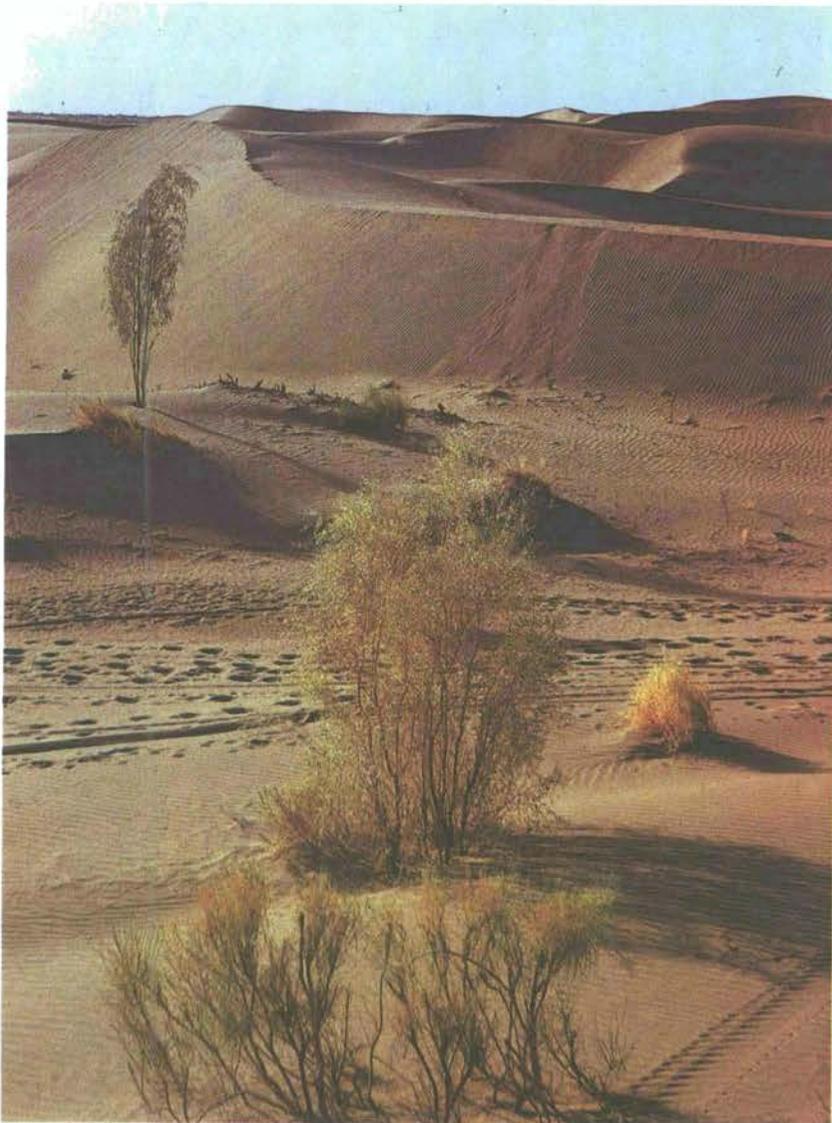
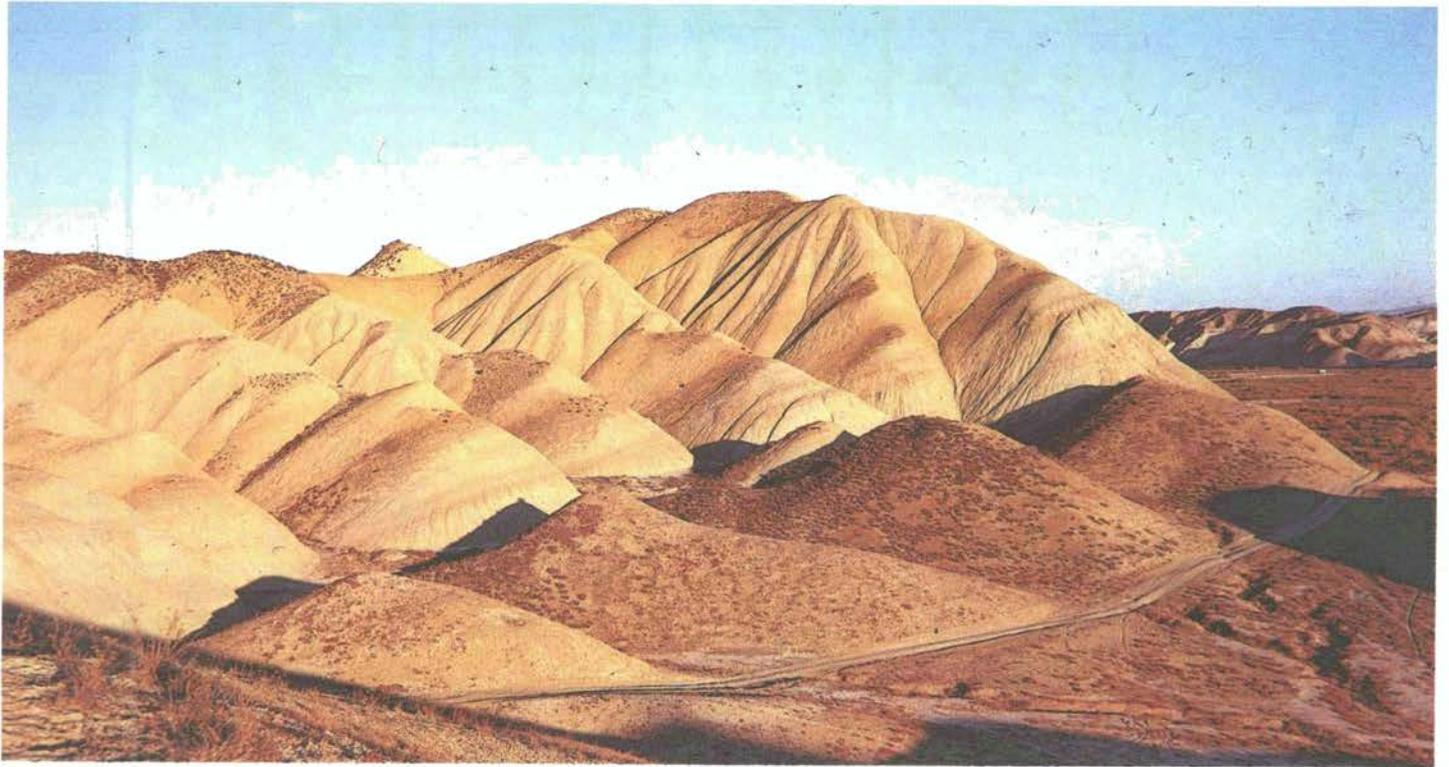
Koum, est alimentée en eau. L'étape suivante de la construction du canal — qu'on a déjà entamée — est son prolongement vers le sud-ouest en direction de l'Atrek, et l'amenée de l'eau par conduites au nord-ouest, à travers le Nebit-Dag, jusqu'à Krasnovodsk.

A l'heure actuelle, le canal du Kara-Koum, qui prélève une partie de l'écoulement de l'Amou-Daria en amont de la ville de Kerki, assure l'irrigation stable de la partie centrale des deltas du Mourgab et du Tedjen, et du nord de la plaine des piémonts du Kopet-Dag; il alimentera prochainement en eau la dépression du Turkménistan occidental, où l'on pourra dès lors cultiver les meilleures variétés de coton et de précieuses cultures subtropicales. En même temps, l'eau douce viendra dans les villes et exploitations de pétrole du Turkménistan occidental.

D'après ses paramètres, le canal est un des plus grands (si ce n'est le plus grand) ouvrages hydro-techniques de ce genre construits dans le monde en zone désertique. Sa longueur atteint 1100 km, et il est navigable sur les 450 premiers km; son ouvrage de tête de prise d'eau a un débit maximal de plus de 500 m³/s; la superficie irriguée est de 550000 ha. Tous les ans, le canal transfère de l'Amou-Daria vers l'ouest 10 à 11 km³ d'eau, et alimente en eau 3,5 millions d'hectares de parcours désertiques. Le produit des terres mises en valeur dans la zone de rayonnement du canal a non seulement permis d'amortir les dépenses liées à sa construction, mais encore de réaliser un bénéfice de plus de 4 milliards de roubles. A la fin de la période de construction, dans les années 1980, la longueur du canal sera de 1400 km; il irriguera jusqu'à 1 million d'hectares de terres, et approvisionnera en eau plus de 7 millions d'hectares de parcours. Sa prise d'eau de tête prélèvera 800 m³/s, et son écoulement annuel sera de 18,2 km³. Le canal sera navigable depuis l'ouvrage de tête jusqu'à Achkhabad (environ 800 km). Les exploitations agricoles situées dans la zone du canal produiront annuellement pour 2010 millions de roubles, et le revenu global des exploitations et de l'Etat s'élèvera à 1,7 milliards de roubles, soit 1,5 fois de plus que les coûts de construction, y compris la quatrième tranche [Saparov, 1978].

Bien que généralement les processus de désertification se manifestent localement en URSS, ce qui tient avant tout aux conditions sociales et économiques, ils avaient atteint des proportions importantes dans le Sud du Turkménistan avant la réalisation du canal. Les particularités de manifestation des processus de désertification variaient d'un site à l'autre, suivant les conditions lithologiques, géomorphologiques, hydrogéologiques et autres, et également suivant la nature de l'utilisation économique du territoire donné. De ce point de vue, le Turkménistan du sud se subdivise nettement en trois zones: interfluve de l'Amou-Daria et du Mourgab (sud-est du Kara-Koum), deltas du Mourgab et du Tedjen, plaine des piémonts du nord du Kopet-Dag.

Avant la réalisation du canal, le sud-est du Kara-Koum était entièrement privé de cours d'eau de surface. Ce désert, de sable principalement, par endroits argileux, et à solontchaks le long de l'Ouzboi-du-Khalif, a de tout temps servi à l'élevage des moutons de race karakoul. L'élevage utilisait le tapis végétal du désert (psammophytes) et des puits d'eau salée et, plus rarement, douce. Les eaux phréatiques



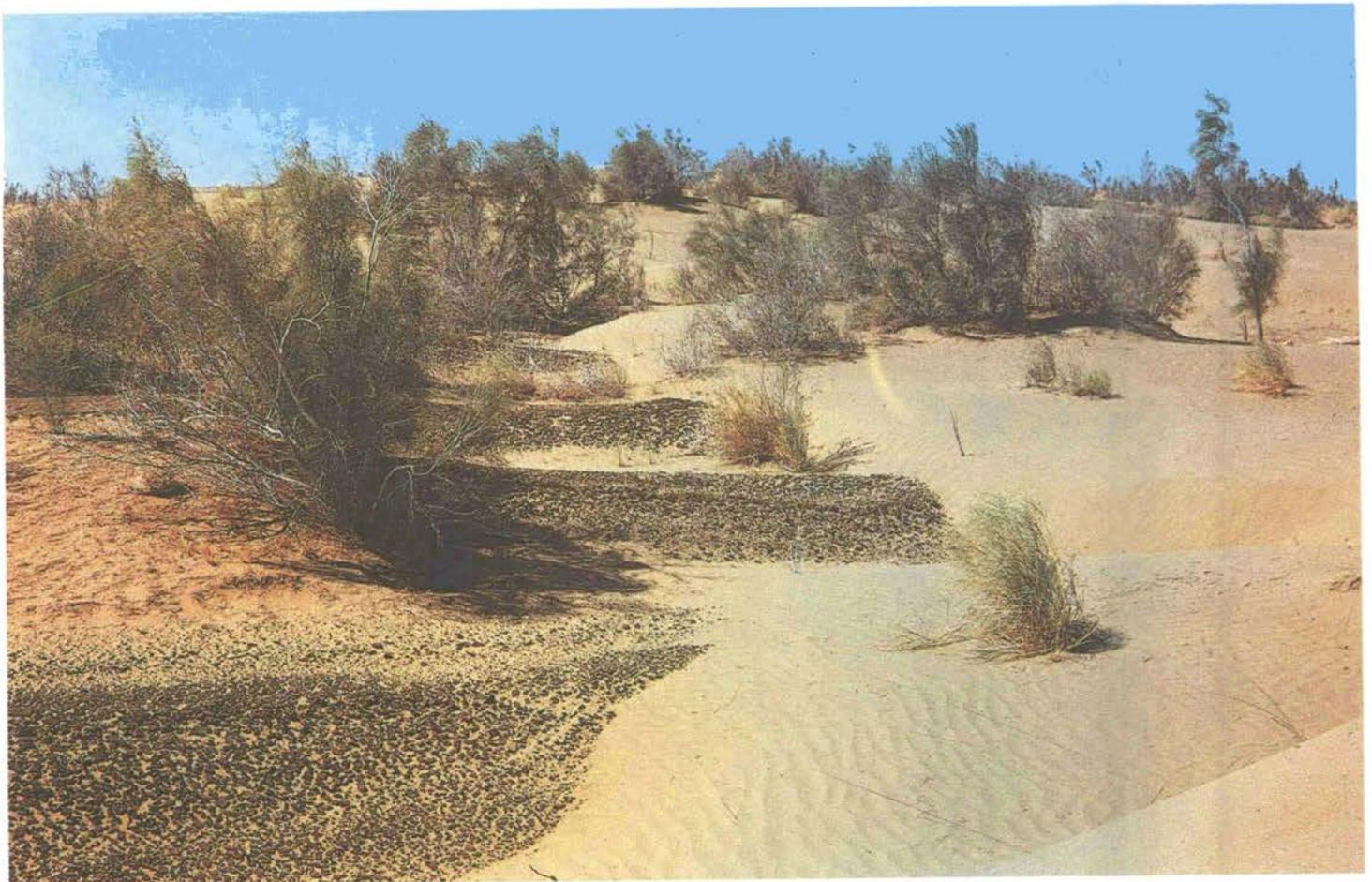
Les paysages des territoires arides présentent parfois des formes fantasmagoriques (avant-pays désertique du Kopet-Dag)

Paysage caractéristique de la réserve écologique de désert sableux de Répétek



Le «bois» du Kara-Koum. L'haloxylon l'une des principales espèces végétales fixatrices des sables

Méthode complexe de fixation des sables mouvants, combinant l'agrosylvomé-
lioration avec l'utilisation de liants



Cours pratique d'aménagement de défenses «à damier» pour les participants du stage international PNUE/URSS sur la lutte contre la désertification

Paysage désertique anthropogène



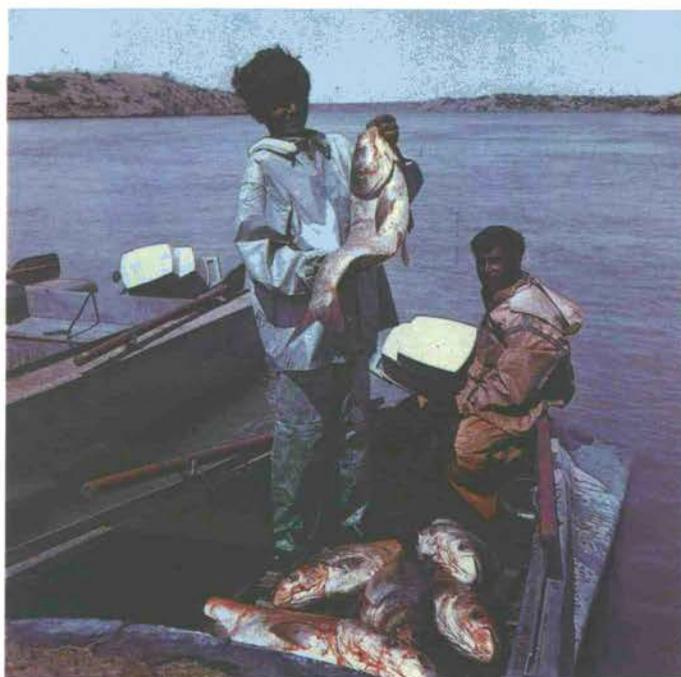


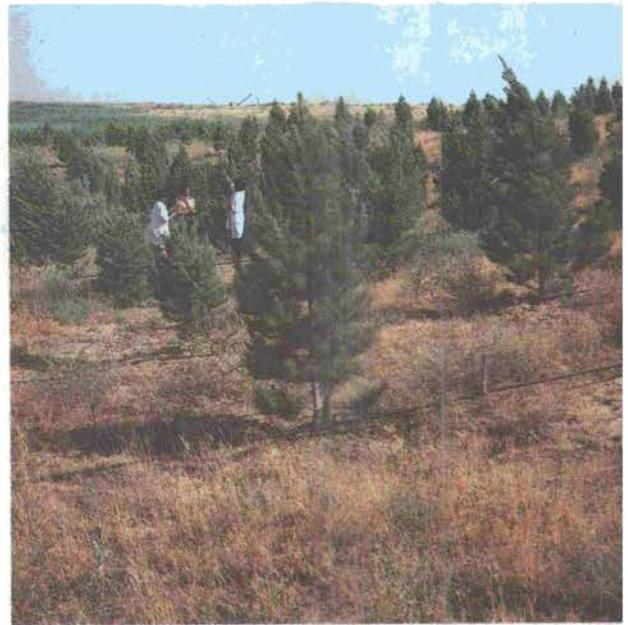
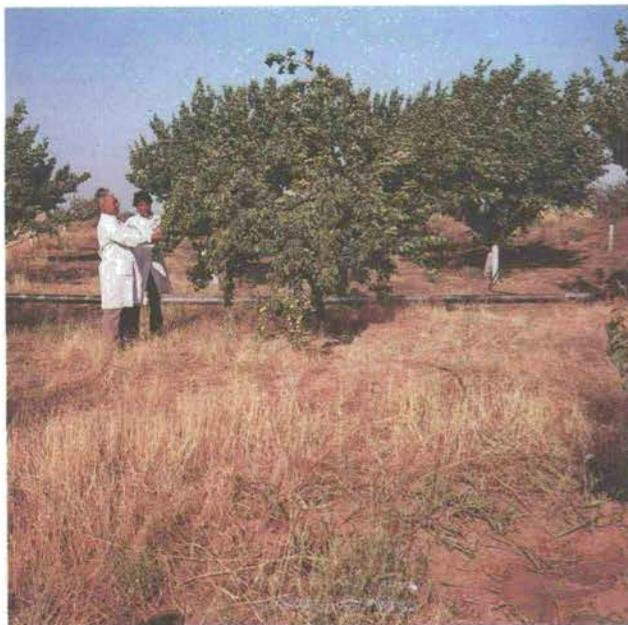
Ouvrage hydrotechnique sur le canal du Kara-Koum

Le canal du Kara-Koum — fleuve artificiel qui a éveillé le désert à la vie



La pisciculture dans le désert est une activité économique nouvelle



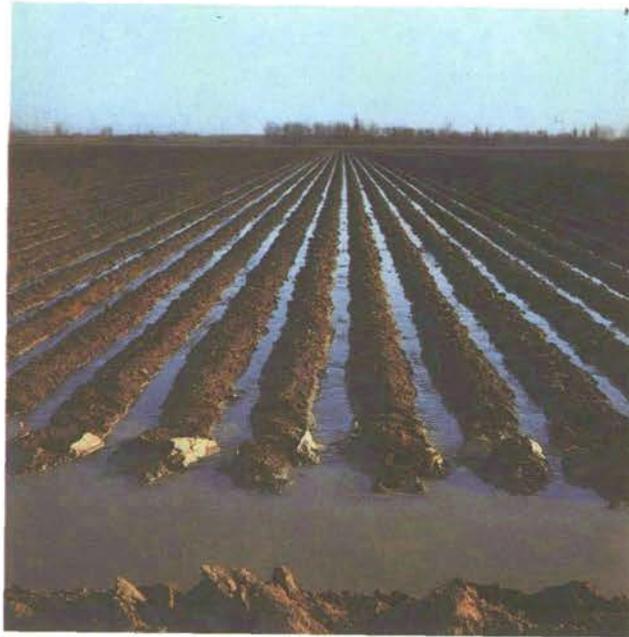


L'irrigation par capillaires est la technique la plus économique et la plus efficace dans les conditions des régions arides

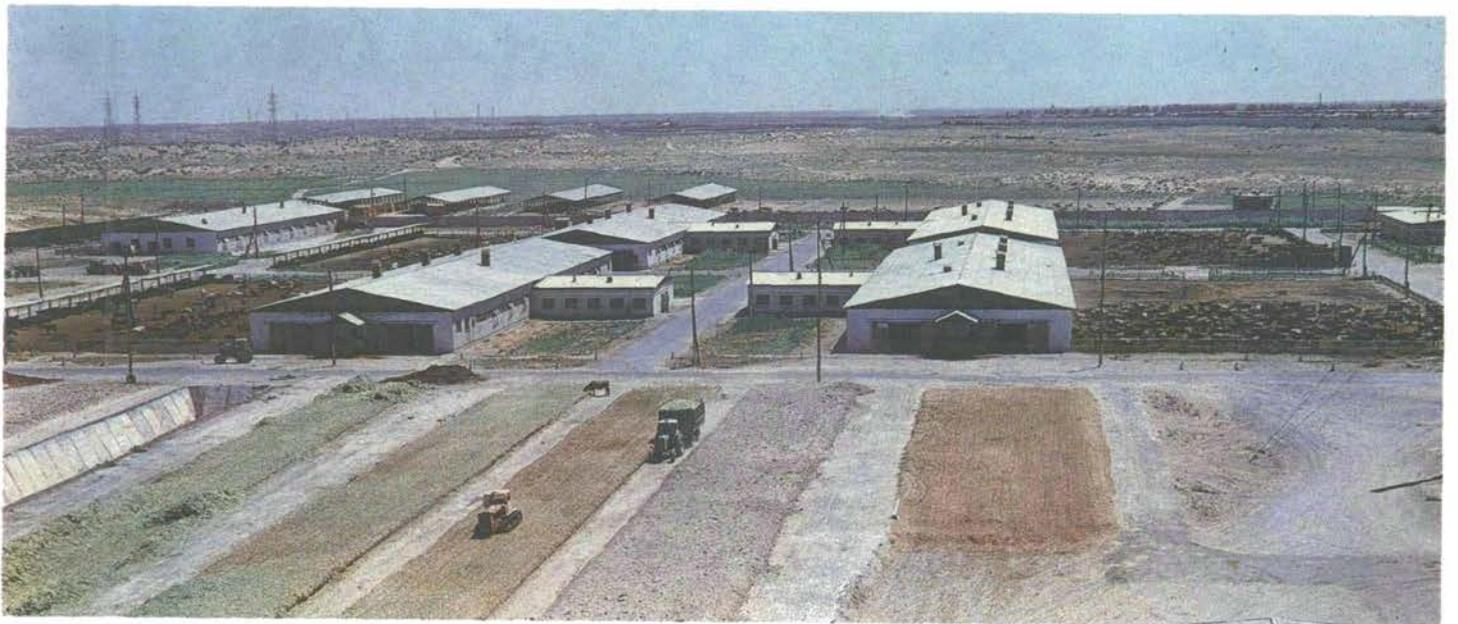
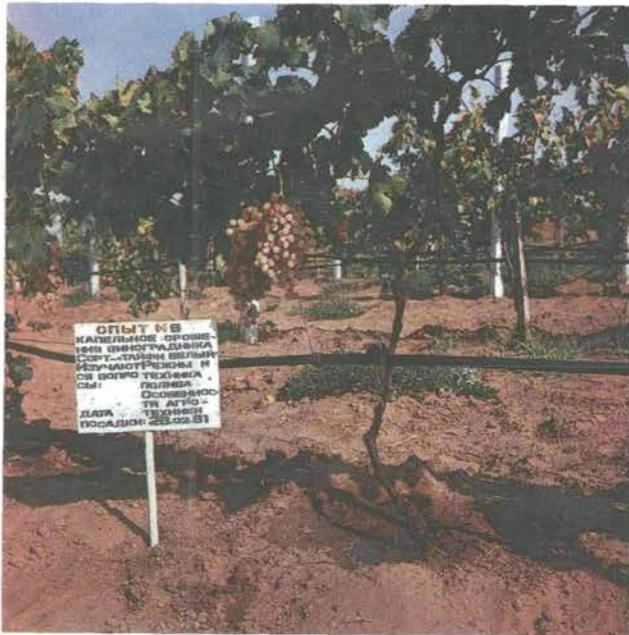
Le Kara-Koum Central. Stockage de fourrages dans une ferme d'élevage

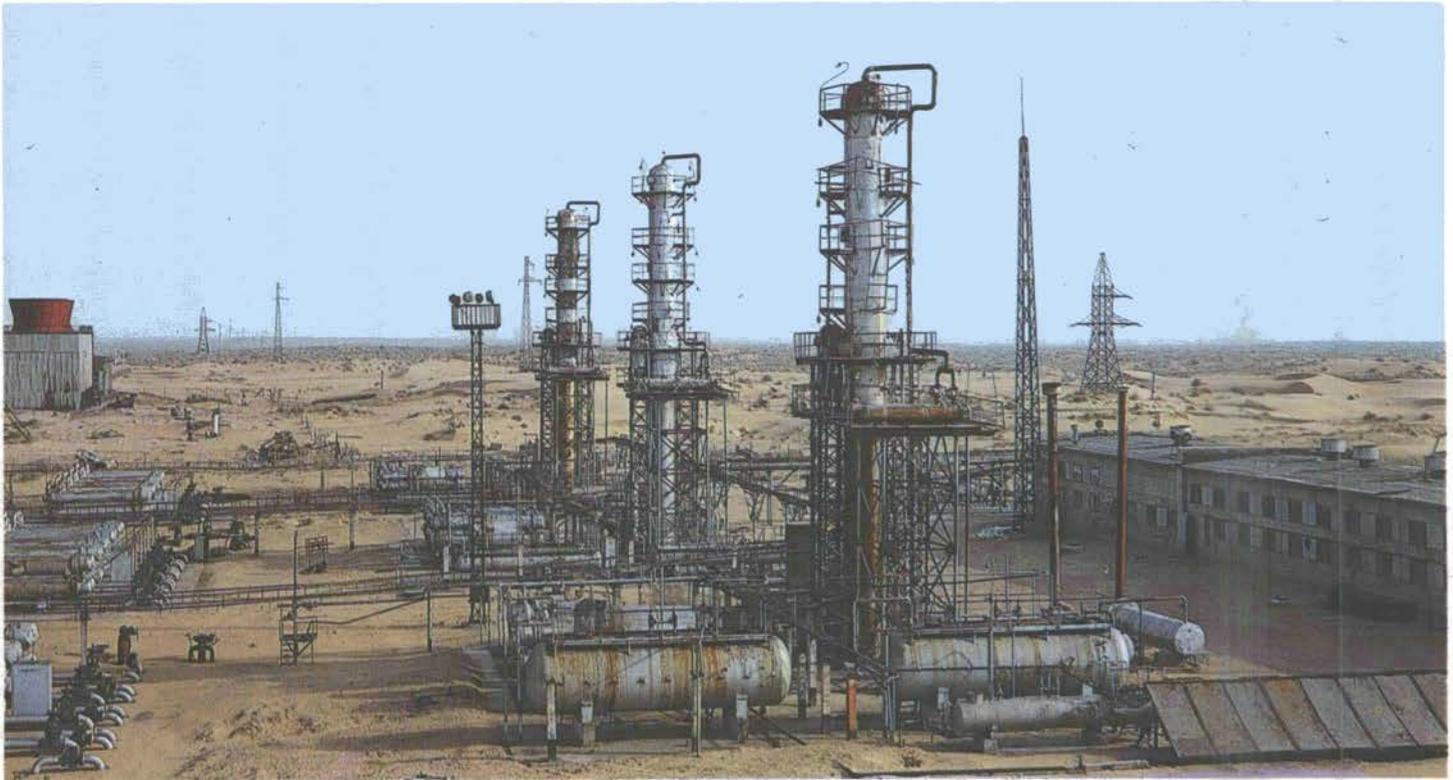
Grande ferme d'élevage dans le Kara-Koum

Préparation des terres en vue de leur mise en valeur agricole dans la zone du canal du Kara-Koum



Irrigation du cotonnier par caniveaux





Une installation de refoulement de gaz en Asie Centrale. L'industrie d'extraction a un grand avenir dans les régions arides

La ville de Nəbit-Dag, « capitale » des pétroliers de Turkmenie

étaient situées en moyenne à 15—20 m de profondeur, et leur minéralisation atteignait par endroits 20—30 g/l. La désertification sur ce territoire était avant tout liée à l'intensification des processus de déflation résultant du piétinement et de la consommation par le bétail de la végétation fixant les sables. Les foyers de désertification apparaissaient surtout le long des pistes utilisées par le bétail transhumant et autour des puits. Ces derniers sont généralement entourés de sables mobiles à barkhanes, formant des foyers de désertification locaux ou «ponctuels» qu'on voit bien sur les photographies aériennes des premières décennies d'après-guerre [Vinogradov, 1976]. A cette époque, une large bande de barkhanes à formes éoliennes était remarquable le long de la rive gauche de l'Amou-Daria, à la limite de l'oasis et des sables du Kara-Koum du Sud-Est. Leur apparition tient non seulement aux conditions aérodynamiques de la région, mais encore aux activités humaines (coupes de la végétation désertique utilisée comme combustible). La largeur de la bande à barkhanes riveraine de l'Amou-Daria atteignait de 4 à 8 km en 1947.

La désertification se présentait un peu différemment dans les deltas du Mourgab et du Tedjen. Il y a déjà plusieurs millénaires que la partie centrale de ces deltas est utilisée pour l'agriculture irriguée [Masson, 1959]. Les oasis de cette zone souffraient constamment de la pénurie d'eau résultant de l'écoulement instable de ces fleuves, lesquels étaient l'unique source d'eau douce utilisable à des fins d'irrigation. Ainsi, le débit moyen annuel du Mourgab près de Takhta-Bazar (49,8 m³/s) baissait certaines années jusqu'à 20—24 m³/s. C'est pourquoi, même les années à pluviométrie relativement élevée s'accompagnaient souvent d'un grave déficit d'écoulement dans la période d'irrigation et de lavage des sols. Comme suite à ce phénomène les superficies irriguées dans le delta du Mourgab variaient de 70 à 100000 ha; parfois toutes les cultures de plantes fourragères, de cucurbitacées et d'arbres fruitiers restaient sans arrosage, une partie des plantations de coton était perdue; l'agriculture subissait de grandes pertes du fait de la sécheresse et de la baisse du rendement. D'après B. Saparov (1978), ces pertes représentaient parfois plus de 50 millions de roubles en une année. Signalons à titre de comparaison que le coût des travaux de la première tranche du canal du Kara-Koum a été de 88,7 millions de roubles. La situation était encore plus grave dans le delta du Tedjen. Le fait est que ce fleuve d'ordinaire se dessèche complètement en été sur le territoire de l'URSS; notamment en mai-août, quand le besoin en eaux d'irrigation se fait sentir le plus, il ne fournit que 38% de son écoulement annuel, qui est de 30,7 m³/s près de Poul-i-Khatoum [Kirsta, 1976]. On comprend dès lors que les sécheresses dans l'oasis du Tedjen étaient encore plus catastrophiques, cependant que les superficies irriguées variaient entre 23000 et 30000 ha.

La baisse périodique de la disponibilité en eau des oasis, ainsi que l'utilisation de la végétation désertique des deltas comme combustible, entraînaient l'intensification des processus éoliens et l'avancée des barkhanes sur les terres sous cultures. En outre, de grandes espaces étaient retirées de l'exploitation agricole en raison de la salinisation secondaire due à l'absence séculaire de drainage

dans les oasis. Il suffit de dire que 900000 à 1300000 t. de sels dont 660000 à 980000 t. toxiques pour les plantes, parvenaient tous les ans dans l'oasis avec les eaux d'irrigation du Mourgab et s'y accumulaient [Redjepbaev, Ovsianikov, 1976].

Avant la construction du canal du Kara-Koum dans la zone des piémonts du Kopet-Dag, l'eau était surtout fournie par de petits torrents, alimentés par les eaux de pluie à écoulement instable, des sources à faible débit, et des puits. Leur débit global moyen est à peine de 10 à 11 m³/s par an, soit trois fois moins que l'écoulement du Tedjen. Le résultat était que les besoins en eau de l'agriculture de la région étaient en moyenne couverts à pas plus de 35%, le coton n'était presque pas cultivé et la plaine des piémonts était utilisée surtout pour le pâturage, cependant que les quelques melonnières, vignes et agglomérations subissaient un strict rationnement en eau. Parallèlement au déficit général en eau, il fait souligner le rôle négatif des torrents de boue qui rasaient tout sur leur passage. En effet, les pluies abondantes, mais de courte durée, en présence de roches peu perméables existant aux points de concentration des eaux, le long des vallons et des creux d'énormes masses d'eau (des centaines de m³/s) descendaient des montagnes en charriant tant de débris et de sédiments que l'eau se transformait en un torrent de boue et de pierraille. Ces torrents s'épandaient largement sur les piémonts délavant la surface du sol. Le relief de la plaine ayant subi ces ravages était creusé de nombreuses ravines difficilement franchissables. En même temps à la limite des piémonts et des sables du Kara-Koum, se formaient des mares et des petits lacs éphémères qui en se desséchant laissaient une croûte de sels à la surface.

Nombre de ces manifestations de la désertification ont presque entièrement disparu après la construction du canal du Kara-Koum. L'influence du canal sur l'environnement n'a pas été la même d'un tronçon à l'autre et ceci pour de nombreuses raisons tant naturelles qu'économiques.

Ainsi, dans l'interfluve de l'Amou-Daria et du Mourgab, le canal traverse des sédiments, principalement sablonneux et argileux, facilement pénétrables. Dans cette région à la suite de l'infiltration et du rejet de l'eau du canal, au moyen des dragues-suceuses, le niveau des eaux de nappe s'est élevé de 10, 15, et même 20 m par endroits. Le long du canal, dans les dépressions d'origine éolienne, on a vu apparaître une multitude de lacs permanents, d'infiltration, et provisoires, de déversement. L'influence hydrogéologique et hydrologique du canal s'est étendue sur plus de 2000 km², surtout dans la région est, au nord de l'Ouzboi-du-Khalif, lequel s'est transformé en un chapelet de lacs reliés par un canal. Dans la partie moyenne de l'interfluve, la zone d'influence du canal tombe à 1 ou 2 km, mais s'étend à nouveau à l'ouest sur 10 à 12 km, et continue à progresser car les pertes d'eau par infiltration n'y sont pas encore stabilisées. L'apparition de l'eau, tant souterraine que de surface, a radicalement modifié les complexes naturels désertiques. Des ensembles hydromorphes foncièrement nouveaux pour le Kara-Koum s'y sont développés, qui n'existaient auparavant que dans les vallées pourvues d'eau et les deltas des grands fleuves traversant l'Asie Centrale (sites inondables à forêts, arbrisseaux et prairies). Dans la zone riveraine du canal, la végétation xérophyte

primordiale a entièrement disparu, cédant la place aux plantes hydrophiles ou s'en est enrichie. Sur les bords du canal et des lacs sont apparus des roseaux et, plus loin, des tamarix, des peupliers, des saules et d'autres arbres propres aux oasis. Ces nouveaux groupements végétaux, qui occupent environ 530 km² dans l'interfluve, donnent une phytomasse annuelle d'environ 3100 000 t., soit 15 fois plus de celle de la végétation désertique sur une superficie équivalente [M. Grave, L. Grave, 1981].

En même temps, se sont produits l'humidification et, par endroits, l'emmarcagement des sols sableux désertiques. A proximité du canal de nombreux oiseaux (canards, mouettes, oies) sont venus s'installer ainsi que des sangliers, les oiseaux migrateurs s'y arrêtent. Beaucoup de poissons de l'Amou-Daria ont pénétré dans le canal et les lacs, cependant que des poissons phytophages d'Extrême-Orient y ont été introduits pour lutter contre l'envahissement du canal par les plantes aquatiques.

Tous ces changements ont considérablement réduit les processus de désertification. Etant donné que le canal et les lacs d'infiltration ont offert à l'élevage de transhumance une abondante source d'alimentation en eau, les éleveurs ont cessé d'utiliser les puits situés à proximité du canal. Le nombre des foyers de désertification ponctuels a diminué en conséquence. En outre, on a pu désormais créer des stocks de fourrages de réserve en utilisant la nouvelle végétation hydrophile et en créant des exploitations spécialisées dans la culture de fourrages (luzerne, par exemple), les terrains alimentés en eau. Parmi les sables sont apparus de petits foyers de cultures maraîchères, melonnières et même des plantations de coton.

Dans les limites des oasis du Mourgab et du Tadjent le canal n'a qu'une influence sur l'environnement désertique, liée surtout à l'extension des surfaces d'irrigation. L'alimentation en eau est devenue stable, ne dépendant plus des variations du débit du Mourgab et du Tadjent. Il faut en outre préciser que les eaux du canal du Kara-Koum sont moins minéralisées que celles du Mourgab. C'est pourquoi, bien que le canal selon les années procure à l'oasis de 59 à 71% d'eau, les quantités de sels qu'il apporte — moindres que pour le Mourgab — s'élèvent de 700000 à 1000000 t. dont 400000 à 600000 t. de sels toxiques [Repdjebaïev, Ovsiannikov, 1976]. Après le creusement du canal, de très importants travaux de drainage ont commencé dans les oasis. C'est grâce à cela qu'au début des années 1970 la balance des sels pour les étendues irriguées du delta du Mourgab est devenue négative. Ainsi en 1970 d'après les mêmes données, on a refoulé en dehors de l'oasis 2968000 t. de sels, soit 120% de leur accumulation annuelle. Il faut toutefois noter que les sols recèlent encore d'énormes quantités de sels accumulés durant la période d'irrigation sans drainage et de désertification, qui doivent être éliminés au moyen de lavages et de drainage.

La disponibilité en eau a permis de s'attaquer aux sables en périphérie des oasis. Il existe désormais des conditions plus favorables pour leur fixation par les plantes, certaines étendues de sable sont actuellement nivelées et utilisées comme espaces

supplémentaires réservés aux cultures maraîchères et fruitières, et parfois même aux plantations de coton.

Le développement de l'irrigation et l'accroissement du volume de la production agricole a stimulé l'industrie légère et de transformation. En même temps, utilisant les eaux du canal et le gaz naturel, est entrée en service la centrale thermoélectrique de Mary, la plus grande en Asie Centrale (1,2 millions de kW), qui procure à l'industrie, aux systèmes d'irrigation et aux agglomérations une énergie bon marché. Le problème du combustible a été résolu grâce à l'exploitation du gisement de gaz de Chatlyk. Rien qu'en 1979, il a fourni 37 milliards de m³ de gaz. Il y a seulement 20 ans, cette quantité correspondait à la production nationale de gaz naturel. A l'heure actuelle, les bouteilles de gaz liquéfié sont livrées en n'importe quel point de la république, y compris les fermes éloignées perdues dans le Kara-Koum.

L'arrivée des eaux de l'Amou-Daria dans la plaine des piémonts du Kopet-Dag a créé toutes les conditions nécessaires à l'irrigation garantie des terres les plus fertiles. On en compte actuellement plus de 100000 ha (contre 20000 ha irrigués grâce aux sources d'eau locales). Ici les ensembles naturels n'ont pas encore subi des changements aussi importants que dans le désert de sable, à l'exception des étendues déjà soumises à l'irrigation. Sur les terres irriguées, la végétation xérophYTE et éphémère, antérieurement clairsemée, a cédé la place à une abondante végétation cultivée, ce qui témoigne du recul incessant du désert. Les diverses industries d'extraction et de traitement, les villes et agglomérations de la zone des piémonts, ont reçu l'eau, et d'importantes zones récréatives sont apparues sur les bords des retenues d'eau. La mise en service de la conduite d'eau de 300 km Achkhabad—Derbent, alimentée par le canal a rendu l'élevage dans le centre du Kara-Koum indépendant des puits et a mis fin au transport d'eau douce dans les fermes. Les pâturages naturels sont actuellement complétés par l'ensemencement d'herbes fourragères, et sont irrigués par l'eau de l'Amou-Daria. Le creusement du canal a limité l'extension des coulées de boue et de leurs conséquences nuisibles. Des ouvrages appropriés concentrent l'écoulement temporaire de surface et les boues dans des endroits déterminés près du canal, et transfèrent les eaux de crue par des aqueducs vers le nord. C'est ici qu'elles remplissent les dépressions du relief du Kara-Koum et qu'elles se déposent. Par la suite ces régions seront utilisées à des fins agricoles.

Ainsi, on peut constater, sur l'exemple de la zone du canal du Kara-Koum, que les grands systèmes d'irrigation sont un outil efficace de lutte contre la désertification dans le contexte de la mise en valeur planifiée et intégrée du désert pratiquée par un Etat socialiste. L'utilisation rationnelle des terres dans l'intérêt de toute la société, le développement intégré des régions d'irrigation, combinant harmonieusement l'économie et l'agriculture, — tout cela contribue non seulement à réduire et localiser les processus de désertification, mais permet de mieux utiliser le potentiel naturel des déserts.

D. LE GROUPEMENT TERRITORIAL DE PRODUCTION DU TADJIKISTAN

K. Djouraev (URSS)

Le Tadjikistan du Sud était avant la Révolution d'Octobre une région périphérique arriérée du khat de Boukhara. L'économie dépendait avant tout de l'élevage de moutons à toison grossière, et de l'agriculture à sec orientée de préférence vers les cultures de céréales et de légumineuses. Les quelques rares terres irriguées étaient essentiellement occupées par les cultures alimentaires, à l'exception de quelques milliers d'hectares de plantations de «gouza» (variété locale de coton à faible rendement).

C'est à l'aube du pouvoir soviétique que l'irrigation a été reconnue une tâche d'intérêt public. Dans un document aussi fondamental que le plan du GOELRO, présenté en 1920 au VIII^e Congrès des Soviets de toute la Russie, il était dit: «L'irrigation est vitale pour le Turkestan. En dérivent la culture du coton, la sériculture, la viticulture, l'arboriculture fruitière, et l'élevage qui profite l'hiver de fourrages formés de luzerne et de tourteaux obtenus à partir de graines de cotonnier... L'irrigation permet en outre de développer toutes les industries spécialisées dans la transformation des produits agricoles».

Il avait été également précisé que le développement de l'irrigation était impossible faute d'importants ouvrages hydrotechniques (digues, barrages et canaux) exigeant l'introduction en grand de la mécanisation.

Les idées contenues dans le rapport de la Commission d'Etat pour l'électrification de la Russie (GOELRO) ont été confirmées par la pratique de l'édification socialiste au Tadjikistan. Le Tadjikistan du Sud occupe une superficie de plus de 53000 km², soit 37% du territoire de la république. Dans ses limites se trouvent plusieurs zones hypsométriques, dont la zone de la haute montagne atteignant 6000 m d'altitude. Ce sont les vallées intermontagnardes — de Ghissar, de Vakhch, de Kouliab, etc, qui jouent le plus grand rôle économique.

Les parties basses du territoire ont un climat sec et chaud en été (de 150 à 350 mm de précipitations annuelles) qui permet la culture du coton à fibres fines et d'autres plantes subtropicales: la période à température journalière moyenne stable pas plus basse que 10°C dure 240 ou 250 jours annuellement, cependant que la somme des températures de plus de 10°C s'élève à 2400°C et davantage.

Dans l'histoire de la création des grandes plantations de coton de cette région, on peut distinguer deux étapes dans le processus d'irrigation. La première est la mise en valeur des terres d'irrigation ancienne et des terres vierges situées à proximité des sources d'eau, ce qui a permis d'organiser assez rapidement une irrigation peu coûteuse par gravité sur de très grandes superficies. Ce processus s'est accompagné du peuplement, avant tout des plaines, par les migrants des montagnes et de certaines vallées depuis longtemps mises en valeur. La seconde étape commence avec le passage à l'irrigation des terres plus éloignées des cours d'eau ou situées dans la montagne, ce qui exigeait la construction d'ouvra-

ges hydroamélioratifs plus complexes et des quantités d'énergie bon marché. Cela est devenu possible après l'implantation de puissantes centrales hydroélectriques sur le Vakch principale rivière de la région dont le bassin totalise 50% des ressources hydrauliques de la république.

Les ressources globales en énergie hydraulique de la RSS du Tadjikistan sont évaluées à près de 33 millions de kW et le Tadjikistan tient le premier rang national pour les ressources hydrauliques au km². Bien que dans la vallée du Vakch fonctionne depuis de nombreuses années un chapelet de centrales hydroélectriques d'une capacité globale d'environ 260000 kW, le rôle fondamental dans la formation du complexe territorial de production du Tadjikistan du Sud est joué par la centrale de Nourek de 3 millions de kW, construite en amont du Vakch, dont les deux premières génératrices de 300000 kW chacune ont commencé à produire du courant industriel à la fin de 1972. Cet ouvrage hydrotechnique unique, avec son barrage haut de plus de 300 m, a formé une retenue d'eau de 10,5 km³ qui assure la régulation saisonnière de l'écoulement de la rivière. Le réseau hydrographique du Tadjikistan est principalement alimenté par les eaux de la fonte des neiges et des glaciers, ce qui fait que la période de crue se situe au printemps et en été, ce qui correspond aux besoins de l'agriculture irriguée.

Mais près de 65% des terres arables, pas encore mises en valeur, ne peuvent être irriguées que mécaniquement (en élevant l'eau à 100 m et plus). Dans ces conditions, le renforcement de la base énergétique du Tadjikistan du Sud a acquis une importance primordiale pour assurer le développement continu de l'agriculture irriguée, en permettant d'organiser le transfert de l'écoulement fluvial à l'intérieur du bassin, et de faire profiter de l'irrigation les vallées et les hauts plateaux.

Pour la première fois, des mesures de cette complexité ont été réalisées dans une région aride de haute montagne, s'étendant, au nord du coude de la rivière Vakch, aux vallées de Yavan et d'Obikinine avec leur cadre montagneux. C'est ici que, grâce surtout à la centrale de Nourek, plus de 50000 ha de terres, utilisées antérieurement de façon extensive, sont actuellement irrigués. On y distingue déjà nettement trois zones naturelles et économiques, à savoir: les vallées, les piémonts-adyrs et les montagnes.

L'agriculture irriguée spécialisée se concentre le plus souvent dans les plaines et est principalement consacrée au coton. Non seulement les plantations de coton occupent les plus grandes étendues mais encore les meilleures terres et bénéficient en priorité de l'eau et de la main-d'œuvre nécessaires.

L'irrigation artificielle, combinée à un climat subtropical doux, permet le développement dans cette région de nombreuses branches d'agriculture naguère absentes ou peu pratiquées. Il a donc fallu évaluer, dans les conditions de la région, leurs avantages et les exigences imposées à la terre, trouver des combinaisons économiquement intéressantes entre

diverses branches dans une seule et même exploitation, etc. En même temps, le besoin s'est fait sentir de déterminer la place des branches traditionnelles dans le cadre du nouveau système territorial de production en voie de formation.

Il fallait en outre accélérer la mise en place d'une agriculture polyvalente sur les terres nouvellement irriguées, ce qui était lié à l'augmentation de la production marchande destinée à ravitailler une population en pleine croissance où le pourcentage de citadins s'élève continuellement. Le retard a été moins sensible dans l'élevage de vaches laitières, qui a été développé par l'introduction sur une grande échelle des cultures fourragères nécessaire notamment dans les assolements du coton. Mais des branches du complexe agro-industriel créées sur les terres irriguées des vallées de Yavan et d'Obikine, telles que la production de cultures maraîchères, de fruits subtropicaux, la sériculture, etc., n'ont pas encore occupé la place qui leur était assignée. Ceci est en partie dû aux difficultés d'une période de transition et à la nécessité de consentir de gros investissements dans les cultures de plantes vivaces dont le rendement est très faible au cours des premières années.

Dans la région des piémonts l'orientation de l'économie diffère déjà fortement et différera encore plus de celle qui existe dans les vallées irriguées. Les piémonts plus aplanis sont déjà alimentés en eau, et cela ira en se développant. Mais ces travaux d'irrigation ne sont pas destinés à cultiver le coton — qui n'est pas planté ici, et ne le sera pas — parce que cette région va se spécialiser dans la culture de la vigne et des fruits (y compris la culture à sec). L'aménagement des cultures de plantes vivaces a déjà commencé. Au nord de la région plusieurs centaines d'hectares de bonnes terres sont déjà réservés aux vignobles. Au Sud, sur les piémonts irrigués on plante des pommiers et des pêchers. Dans l'avenir, la viticulture et l'horticulture pouvant être combinées avec l'élevage des moutons et des bovins et l'agriculture à sec.

L'organisation d'un grand complexe irrigué dans la région ne suppose pas pour autant la suppression de l'élevage et de la production céréalière, concentrée dans la culture à sec. On peut seulement parler de la réduction de son domaine d'extension. Cette tendance met à l'ordre du jour la question d'intensification de l'agriculture fondée sur l'utilisation des terrains d'agriculture à sec. A l'heure actuelle, la production sur les terres irriguées, d'un côté, et sur les terres non irriguées, de l'autre, existe de façon indépendante.

Et pourtant, seuls l'approfondissement et le perfectionnement de ces liens, peuvent permettre à l'agriculture à sec de compenser les pertes territoriales qu'elle subit du fait de l'extension des superficies irriguées. C'est pour cette raison précisément que l'agriculture irriguée, concentrée dans les vallées, ne devrait pas être opposée à la production de céréales et à l'élevage associés aux piémonts et régions montagneuses. Il faut que les intérêts de ces types d'exploitation soient ajustés, afin que le développement des forces productives d'une des zones naturelles et économiques se répercute positivement sur l'économie de toutes les autres.

Les bas et moyens plateaux de la région ont été et restent la zone des pâturages saisonniers (hiver-printemps) destinés essentiellement aux moutons.

Ici les habitats permanents sont absents, on doit accorder une attention particulière à cette zone; il faut s'occuper constamment de construction et réparations des locaux d'habitation et des enclos; de travaux routiers; de l'alimentation en eau des terrains secs; du stockage d'aliments pour le bétail.

En même temps, les travaux d'amélioration dans la montagne doivent être réalisés avec la plus grande prudence, en évaluant leur impact éventuel. Etant donné que les pâturages se trouvent dans la montagne loin des agglomérations et que le terrain est très accidenté, on préfère cultiver, sur de grandes superficies, les plantes fourragères exigeant peu de dépenses par unité de surface, et qui, si elles ne fournissent pas une abondante récolte, permettent néanmoins de constituer des stocks d'aliments suffisants pour nourrir le bétail pendant la période sèche de l'été. Rappelons que le faible rendement des pâturages naturels ne signifie pas forcément la baisse de la productivité du travail dans l'élevage au pâturage, n'affecte aucunement sa viabilité.

Les transformations des territoires arides sont économiquement justifiées par le développement des branches à grande main-d'œuvre et favorisent de ce fait l'accroissement de la capacité démographique du territoire, facteur très important étant donné la croissance démographique rapide de la République. En effet, la population du Tadjikistan du Sud s'élève actuellement à environ 2,6 millions d'habitants, dont environ 500 000 vivent dans la capitale, Douchanbé. La densité de la population est répartie très inégalement: de 150 à 160 personnes au km² dans la vallée de Guissar; de 60 à 70 dans celles de Vakch et de Kouliab, et de 15 à 30 seulement dans nombre de vallées de montagne. Grâce à l'irrigation, on peut élever la population de ces dernières au niveau de celle des vallées de Vakch et Kouliab. Ce fait est très important, pas seulement du point de vue de l'emploi; dans les régions peu peuplées, il est difficile d'assurer un haut niveau social et culturel des services à la population rurale, et leur choix dans les agglomérations est extrêmement limité.

Pour perfectionner les services dans les régions montagneuses, on divise ces territoires en zones économiques et géographiques pour établir un programme bien fondé de peuplement. Pour distinguer les microrégions, on élabore des schémas globaux socio-économiques d'habitat; on établit la superficie optimale des villes et des villages, le caractère de l'implantation et du développement des établissements d'enseignement, culturels, et autres. On prévoit également la formation de spécialistes en tenant compte des perspectives de la croissance de l'économie régionale.

L'intensification de la production agricole au Tadjikistan du Sud, sur la base de l'irrigation, a donné naissance à de nombreuses entreprises industrielles et agricoles de traitement: huileries, égrèuses de coton, parfumeries (grâce à de grandes plantations de géraniums), conserveries, etc. De nombreuses entreprises sont réparties dans la campagne et accroissent son potentiel économique en créant de nouvelles conditions plus favorables à l'intégration agro-industrielle. C'est notamment la possibilité d'obtenir l'énergie bon marché produite par la centrale de Nourek, à laquelle s'ajouteront prochainement plusieurs centrales hydroélectriques de grande capacité

sur le Vakch (dont celle de Rogoun, de plus de 3 millions de kW est déjà en construction), qui facilitent pour les kolkhozes et sovkhoses locaux l'organisation de productions basées sur l'utilisation de leurs propres produits.

La centrale de Nourek a donné une puissante impulsion à la diversification et à l'enrichissement de la structure sectorielle de tout le Tadjikistan du Sud en permettant le développement intense des productions exigeantes en énergie.

De plus, dans les limites du complexe territorial de production du Tadjikistan du Sud ont été de nombreuses structures anticlinales, susceptibles de contenir du pétrole et du gaz, un gisement de lignites à Zidda, des gisements de schistes et diverses matières premières pour l'industrie chimique — sels à Khodja, Moumine, Khodja-Sartis, calcaires et dolomites à Kaskhour, Tout-boulak, phosphorites à Tchinar, Avak, Karatag, et au sud-ouest de la zone de construction de la centrale. Les matières premières, telles que le chlorure de sodium, les dolomites et le gaz naturel, peuvent être le mieux exploitées par les procédés électrochimiques en présence d'une énergie abondante et bon marché.

À l'heure actuelle, l'industrie chimique dans le

complexe territorial de production du Tadjikistan du Sud est représentée par l'usine d'engrais azotés de Kourgan-Tubé, qui satisfait les besoins des exploitations de coton de la république en nitrates, et l'usine électrochimique de Yavan qui produit du chlore, de la soude et une vingtaine de variétés de produits chimiques.

En même temps, les taux élevés de croissance démographique au Tadjikistan du Sud, tout comme dans le reste de la république, stimulent le développement des branches industrielles à grande main-d'œuvre. Douchanbé est déjà devenu un grand centre de constructions mécaniques (équipements et machines pour l'industrie légère et alimentaire, réfrigérateurs, câbles, pièces détachées pour machines agricoles, etc.). C'est pourquoi, toutes les conditions nécessaires sont déjà réunies pour organiser de nouvelles productions relativement compliquées mais peu exigeantes en métal (fabrication d'ordinateurs), qui auraient l'avantage d'occuper un personnel nombreux.

Tout cela favorisera le développement des forces productives et l'accroissement du bien-être des travailleurs de la république.

Bibliographie

- Andrianov B. V., Itina M. A., Kes' A. C.* Les terres de l'irrigation antique dans l'aval du Syr-Daria et les problèmes de leur mise en valeur.— Problèmes de géographie. Rec. 99, 1975.
- Babaïev A. G.* Problèmes de la mise en valeur complexe des déserts et leur solution en URSS. Problèmes de la mise en valeur des déserts, 1976, No. 3—4.
- Babaïev A. G., Freïkin Z. G.* Les déserts en URSS. Hier, aujourd'hui et demain. M., 1977.
- Grave M. K., Grave L. M.* Le canal de Kara-Koum et la nature du désert. M., éd. Znanié, 1981.
- Kharine N. G., Kalenov G. S.* Etude de la désertification anthropogénique d'après les prises de vue cosmiques.— Problèmes de la mise en valeur des déserts, 1978, No. 4.
- Kirsta B. T.* Particularités géologiques des régions occidentales de l'Asie Centrale. Ed. Ylym, Achkhabad, 1976, p. 1—294.
- Kouznetsov N. T.* Bilans préliminaires et certaines directions des recherches ultérieures sur le problème de la mer d'Aral. Problèmes de la mise en valeur des déserts. 1980, No. 5.
- Kounine V. N.* Les eaux locales des déserts. M., 1959.
- Kourotchkina L. Ya.* Végétation psammophile des déserts du Kazakhstan. Alma-Ata. Naouka, 1978.
- Kovda V. A.* Certains problèmes de l'écotoxicologie.— La chimie en agriculture, 1976, No. 3.
- Kovda V. A.* Principes de pédologie. Livre 1, 2. M., Naouka, 1973.
- Lethchinski G. T.* Ecoulement annuel moyen dans les déserts de l'Asie Centrale et du Kazakhstan occidental. Problèmes de la mise en valeur des déserts. 1974, No. 3.
- Masson V. M.* Culture agricole antique de Margiane. M.-L., éd. de l'Académie des sciences de l'URSS, 1959.
- Néchaïeva N. T., Chamsoutdinov Z. Ch., Moukhamedov G. I.* Amélioration des pâturages des déserts en Asie Centrale. Ed. Ylym, Achkhabad, 1978.
- Nikolaïev V. N., Amangeldyev A. A., Smétankina V. A.* Pâturages dans le désert, leur évaluation nutritive et leur classement. M., Naouka, 1977.
- Pétrov M. P.* Sables mouvants des déserts de l'URSS et la lutte contre eux. M., 1950.
- Repdjebaïev K., Ovsiannikov A. S.* Accumulation conventionnelle et redistribution des sels dans les sols de l'oasis de Mourgab. Ed. Ylym, Achkhabad, 1976, p. 1—192.
- Saparov B.* Transport des eaux d'un bassin à l'autre au moyen du Canal Lénine de Kara-Koum. Achkhabad, 1978, p. 1—56.
- Vinogradov B. V.* Les formes de la désertification d'après les données des prises de vue aérienne et cosmique. Problèmes de la mise en valeur des déserts. No. 3—4, 1976, pp. 35—44.
- Vinogradov V. N.* Importance des améliorations forestières lors de la mise en valeur des territoires arides.— Bulletin de VNIIA, Volgograd, 1977, rec. I (23), pp. 3—8.

Conclusion

APPROCHE INTEGREE DU DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE DES TERRITOIRES ARIDES

Chapitre XXI

ELABORATION DES PROGRAMMES INTEGRES DU DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE DES REGIONS ARIDES

V. Vladimirov, S. Istomine (URSS)

En exerçant une influence sur le potentiel en ressources naturelles du territoire, les processus globaux et régionaux de désertification affectent directement le niveau de vie de la population des zones arides. Pour cette raison on doit considérer le développement socio-économique intégré des territoires arides (qui suppose l'harmonisation efficace de l'industrialisation et de l'urbanisation avec le développement de l'agriculture et la protection de l'environnement) comme une très importante mesure de lutte contre la désertification.

Le but de cet exposé est de généraliser et de systématiser les principes fondamentaux d'une approche intégrée de la planification du développement social et économique des territoires pour lutter contre la désertification; et aussi de dévoiler l'essence, les étapes et les particularités les plus importantes des méthodes d'élaboration des schémas régionaux de développement socio-économique intégré et de protection de l'environnement pour ces territoires.

SCHÉMAS RÉGIONAUX DE DÉVELOPPEMENT INTÉGRÉ, ET LEUR PLACE DANS LE SYSTÈME DE LA PLANIFICATION NATIONALE

Il est impossible de régler les processus naturels et la qualité de l'environnement sans avoir appris

à prévoir les résultats de l'activité humaine et l'ensemble des facteurs anthropogènes agissant sur la nature. Cela signifie que la lutte contre la désertification est inconcevable en l'absence d'un système net de planification, dont les buts essentiels sont les suivants: croissance économique et sociale stable du potentiel du pays, développement équilibré des toutes les branches et les régions, satisfaction des besoins matériels et spirituels croissants de la population, accroissement de son bien-être.

Le programme de développement du territoire, soumis à la désertification, vise surtout à régénérer son potentiel biologique, c'est-à-dire que la priorité de l'approche écologique est évidente. Les composantes économiques et sociales du programme aussi importantes qu'elles soient, tendent, elles aussi, à élever ce potentiel biologique, à former une structure territoriale assurant la stabilisation du processus de désertification, et dans des circonstances particulièrement favorables sa neutralisation et son élimination.

Les plans régionaux de développement intégré des territoires arides doivent donc se fonder sur les principes suivants:

- être combinés avec les plans nationaux de développement et en faire partie;
- les aspects économiques, sociaux et écologi-

ques de développement doivent, eux aussi, être intégrés au plan régional;

— les plans doivent être intégrés c'est-à-dire envelopper toutes les branches de l'économie, tous les types d'activité dans la région donnée;

— la priorité dans la lutte contre la désertification doit être accordée aux approches écologiques des mesures de protection de l'environnement;

— il faut partir de la nécessité d'une réalisation préventive de toutes mesures dirigées contre la désertification;

— le développement de la production agricole, de l'industrialisation, de l'urbanisation, des transports, de l'infrastructure technique, des mesures visant à la protection du milieu doivent se refléter dans ces plans.

On rédige les schémas régionaux pour une perspective de 20—25 ans, en réservant un délai de 5 à 10 ans pour la réalisation des mesures urgentes.

Les propositions pour l'avenir ont un caractère prévisionnel et sont orientées pour atteindre au maximum, du point de vue de l'état actuel de la base scientifique et technique, les buts posés (modèle «idéal»). Des mesures urgentes sont élaborées, compte tenu des ressources possibles pour leur réalisation, coordonnées avec celles-ci au maximum et «inscrites» dans le schéma stratégique de propositions éventuelles. Les schémas régionaux se présentent comme des documents constamment renouvelables. A l'échéance fixée pour la réalisation des mesures urgentes, les schémas sont corrigés dans les limites du nouveau délai. En cas de nécessité (changement des conditions sociales, politiques, économiques et autres), on peut corriger le schéma entier.

Les propositions des schémas régionaux servent de point de départ pour la formulation des tâches prévues par le plan, et aussi de base à l'élaboration de divers projets et plans: schémas sectoriels de développement de l'industriel et de l'agriculture, groupements industriels territoriaux, systèmes d'irrigation, voies de communication, etc. Tous ces plans sont élaborés conformément aux directives des schémas régionaux.

STRUCTURE ET PHASES ESSENTIELLES DE L'ÉLABORATION DES SCHÉMAS RÉGIONAUX

L'analyse systématique du problème global de la lutte contre la désertification par le développement socio-économique, dans le cadre de l'élaboration des schémas régionaux, suppose l'application de techniques spéciales et l'emploi de nombreuses méthodes [Blaouberg, Sagovski, 1969].

Voici l'ordre et les phases essentielles d'élaboration des schémas régionaux (fig. 15).

1. Détermination des limites de la région, objet de l'élaboration du schéma, suivant trois groupes de critères: économiques, naturels et sociaux.

2. Définition du problème et analyse factorielle de la formation de la région avec caractérisation des formes et des aspects du développement actuel des processus de désertification sur le territoire considéré.

3. Définition (qualitative et quantitative) des objectifs des schémas régionaux de différents niveaux.

4. Analyse systématique de l'état actuel de la

région et mise en évidence des principaux problèmes de développement, ce qui suppose:

— la sélection des sous-systèmes essentiels formant la région étudiée, la détermination des formes et des aspects de leur fonctionnement mutuel pour prévoir les tendances les plus importantes du développement socio-économique et les changements du milieu naturel;

— l'étude de l'ensemble des conditions (restrictions) naturelles et socio-économiques, caractérisant telle ou telle région;

— la détermination des possibilités de non-observation des limites de la région et la précision réitérée des objectifs régionaux;

— la mise en évidence des principaux problèmes du développement de la région, du point de vue de la réalisation des objectifs figés (lutte contre la désertification);

— l'analyse des disponibilités en ressources matérielles, naturelles, humaines et autres.

5. Prévision des principales tendances des changements du milieu naturel et de l'économie, ce qui inclut l'étude des voies suivantes du développement de la région:

— tendances essentielles du développement de l'économie;

— tendances essentielles du développement social;

— tendances essentielles des changements du milieu naturel.

A cette étape, lors de la recherche du niveau probable de développement de la région, il faut définir les principes essentiels d'organisation territoriale de l'économie et de répartition de la population.

6. Estimation des ressources, ce qui aide à préciser le niveau probable du développement de la région et consiste dans les groupes suivants de ressources: matérielles; humaines; foncières; de potentiel social; en matières premières et minérales; en eau; biologiques; énergétiques.

7. Elaboration, estimation et choix de la possibilité de développement socio-économique de la région, de protection et d'amélioration de son milieu naturel, ce qui comprend les actions suivantes:

— l'analyse structurale et fonctionnelle de l'organisation territoriale de l'objet;

— la définition des principes de formation des variantes et critères de leur fonctionnement et développement efficace;

— la formation des possibilités de développement de l'économie, du milieu social, de la transformation du milieu naturel;

— l'appréciation des possibilités, choix de la meilleure solution et calcul approximatif des ressources nécessaires pour sa réalisation.

8. Elaboration des programmes intégrés et orientés suivants:

— programme intégré de développement de l'économie;

— programme intégré de développement des systèmes de répartition de la population;

— programme intégré de développement de l'infrastructure technique;

— programme intégré de protection et d'amélioration de l'environnement;

— programme intégré de développement social;

— programme alimentaire orienté;

SCHEMA REGIONAL ET ETAPES DE SON ELABORATION

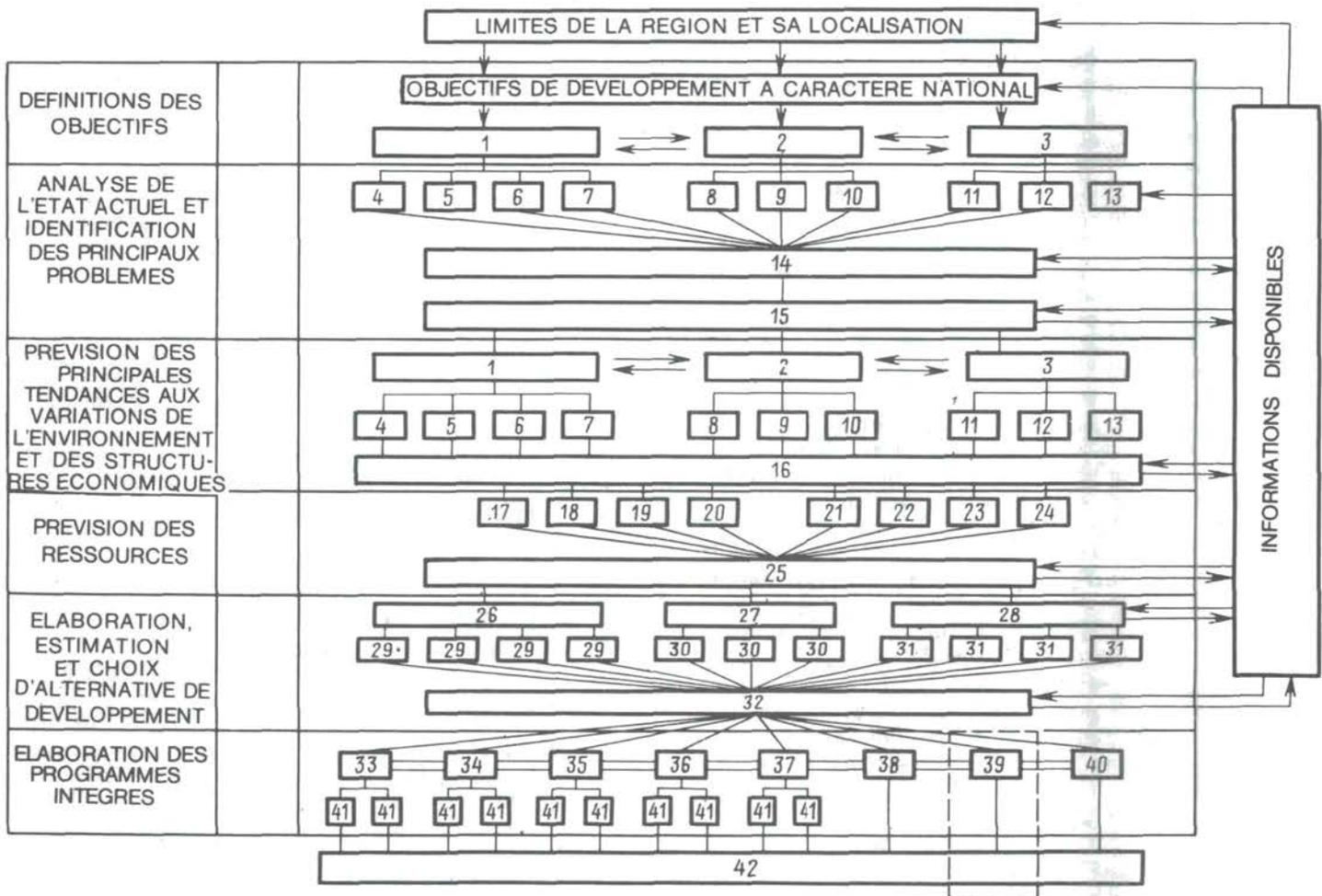


Fig. 15. Schéma régional et étapes de son élaboration:

1 — objectifs économiques; 2 — objectifs sociaux; 3 — objectifs écologiques; 4 — économie; 5 — population et main d'œuvre; 6 — infrastructure industrielle et technique; 7 — système de répartition de la population; 8 — système d'exploitation des terres; 9 — structures spéciales; 10 — niveau de ravitaillement de la population en produits alimentaires; 11 — conditions naturelles et ressources; 12 — phénomènes naturels défavorables; 13 — altération du milieu naturel par les facteurs anthropogènes; 14 — altération des frontières de la région; 15 — précision des objectifs régionaux; 16 — niveau probable du développement de la région; 17 — ressources matérielles; 18 — ressources en main d'œuvres; 19 — ressources en terres; 20 — potentiel social; 21 — ressources en matières premières et minérales; 22 — ressources en eaux; 23 — ressources biologiques; 24 — ressources énergétiques; 25 — niveau du développement de la région précisé conformément aux ressources existantes; 26 — directions principales du développement de l'économie; 27 — directions principales du développement de la sphère sociale; 28 — directions principales des changements du milieu naturel; 29 — alternatives du développement de l'économie; 30 — alternatives du développement de la sphère sociale; 31 — alternatives de la transformation à objectif précis du milieu naturel; 32 — appréciation des alternatives et choix de la solution optimale; 33 — programme intégré du développement de l'économie; 34 — programme intégré du développement de l'infrastructure; 35 — programme intégré du développement du système de répartition de la population; 36 — programme intégré du développement social; 37 — programme intégré de la protection et de l'amélioration de l'environnement; 38 — programme précis de l'approvisionnement de la population; 39 — programme précis de la lutte contre la désertification; 40 — autres programmes précis; 41 — sous-programmes du développement de la région; 42 — élaboration des mesures techniques et organisatrices pour la réalisation des programmes adoptés

— programme orienté de lutte contre la désertification.

En conclusion, il faut élaborer les mesures techniques et organisationnelles pour réaliser les programmes prévus.

La structure approximative d'un programme orienté de lutte contre la désertification est donnée sur la figure 16.

Les procédures essentielles et les phases de l'élaboration des schémas régionaux complexes de développement socio-économique et de protection de l'environnement pour les territoires arides sont examinées en détail ci-dessous.

CHOIX DES RÉGIONS — OBJETS DE L'ÉLABORATION DU SCHÉMA

Le choix des régions soumises à la désertification doit être effectué sur la base d'études détaillées, selon trois groupes de critères principaux: naturels, économiques et sociaux [Beloussov, Vladimirov, 1980].

La limite de la région désertifiée est fixée définitivement d'après le contour extérieur de la somme des limites déterminées par des critères particuliers, en tenant compte obligatoirement de la division administrative et territoriale du pays.

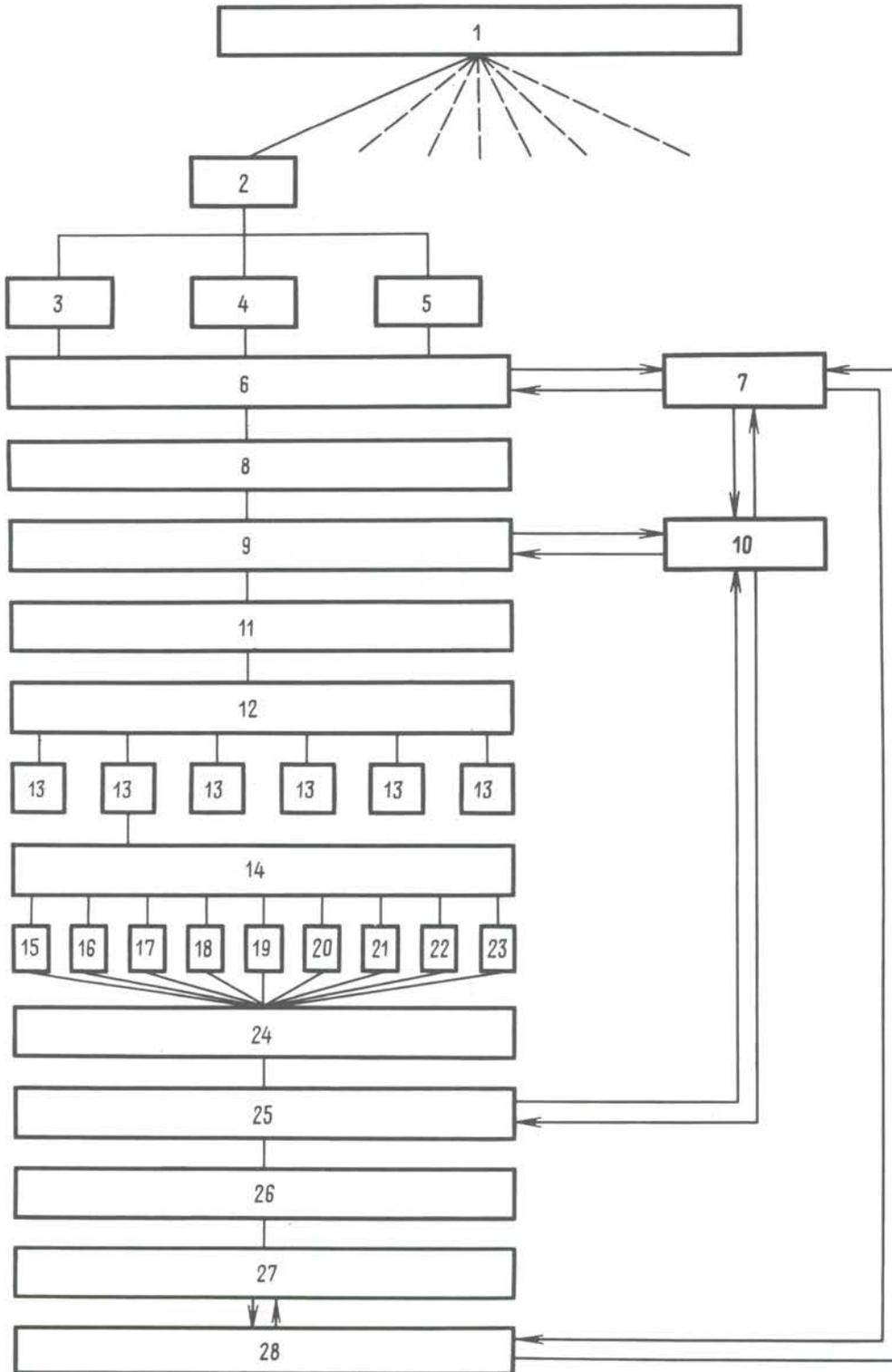


Fig. 16. Structure de programme finalise de la lutte contre la désertification:

1 — alternative optimale du développement socio-économique intégré de la région; 2 — programme précis de la lutte contre la désertification; 3 — analyse des tendances du développement du processus de désertification; 4 — analyse des analogues et des méthodes avancées de la lutte contre la désertification; 5 — analyse des possibilités de la lutte contre la désertification; 6 — pronostic des processus de désertification ayant le niveau donné du développement socio-économique de la région; 7 — autres programmes intégrés et précis; 8 — révélation des branches problématiques de l'industrie, des aires et des situations; 9 — détermination des ressources nécessaires pour la résolution du problème; 10 — bloc de ressources; 11 — coordination avec la désertification; 12 — élaboration et appréciation des versions des projets; 13 — versions des projets; 14 — élaboration du système de mesures concrètes et leur localisation en espace; 15 — mesures hydrauliques; 16 — mesures de mise en valeur des forêts; 17 — mesures de préparation technique du territoire; 18 — mesures agrotechniques et zootechniques; 19 — mesures économiques; 20 — mesures technologiques; 21 — mesures sociales; 22 — mesures visant la création du système des territoires protégés; 23 — mesures organisatrices; 24 — coordination mutuelle du système de mesures; 25 — coordination définitive du système de mesures avec les ressources; 26 — détermination de l'efficacité du programme; 27 — mesures organisatrices et techniques visées à la réalisation du programme; 28 — coordination avec des autres programmes du schéma régional

Le critère naturel principal est l'expansion actuelle des processus de désertification, y compris les territoires potentiellement en danger, c'est-à-dire sur ceux où on voit nettement les manifestations de ces processus: réduction de la productivité biologique, salinisation secondaire, extension de l'érosion et de la déflation des sols, abaissement de la nappe phréatique, etc.

La spécialisation, la complexité et la manœuvrabilité sont les principaux critères économiques qu'on prend en considération pour choisir les régions comme objets de planification.

La spécialisation est caractérisée par la fabrication de certains produits et services pour un marché plus large que celui d'une région. Elle doit être au maximum adaptée aux conditions sociales, économiques et naturelles de la région, à sa position géographique, ce qui assure la haute efficacité de la production et de la circulation des produits en fonctions d'une division territoriale rationnelle du travail. La spécialisation est non seulement la première et essentielle fonction économique de la région, mais aussi une catégorie spatiale, définissant l'aire de concentration des industries.

On comprend la complexité au sens large, comme la corrélation rationnelle des éléments les plus importants de la structure socio-économique de la région.

La manœuvrabilité caractérise la région comme système avec une structure industrielle et territoriale, permettant de la considérer comme une cellule organisée de la gestion territoriale de l'économie, ou on pourrait résoudre à moindres frais les problèmes subordonnés et autonomes de développement régional, et surtout ceux de la lutte contre la désertification.

Les critères sociaux essentiels pour le choix d'une région, comme objet de planification, sont les suivants: le système de répartition de la population, se formant dans la région; certains indices démographiques et de santé publique (par exemple, migration de population, existence de foyers de maladies endémiques et parasitaires, itinéraires de migration des nomades, etc.). Le critère le plus important est l'existence dans la région d'un système de répartition de la population: villes, agglomérations et villages, zones de repos et de tourisme, zones agricoles, dans les limites desquelles tous ces éléments territoriaux sont inclus.

FORMULATION DU PROBLÈME ET ANALYSE DES FAITS

L'analyse des facteurs de formation aide à formuler correctement le problème, à découvrir les objectifs essentiels du schéma régional, qui à leur tour déterminent les sous-systèmes fonctionnels et les critères de leur organisation efficace. Outre l'examen des groupes de facteurs de formation sociale, écologique et économique de la région, il est nécessaire d'examiner plus en détail à cette étape le potentiel en ressources naturelles des territoires arides, et les facteurs naturels et anthropogènes de leur désertification.

Souvent tous ces facteurs agissent ensemble et l'effet de leur interaction dépasse considérablement leur simple total.

Afin d'augmenter l'efficacité de l'analyse des facteurs, il semble utile d'élaborer les indices systématisés de classification des territoires arides sous forme de ce qu'on appelle les indices de désertification. Cette approche permet d'établir le diagnostic et le contrôle d'une série de facteurs physiques, biologiques et sociaux pour déceler à temps les phénomènes négatifs dans les écosystèmes arides. Ces indices servent à:

— évaluer le taux de vulnérabilité des écosystèmes à la désertification;

— prévoir le danger de désertification avant l'apparition de ce processus;

— contrôler ce phénomène dans les régions en voie ou en danger de désertification;

— évaluer les conséquences de la désertification et mettre au point un programme de mesures destinées à la combattre.

OBJECTIFS DU DÉVELOPPEMENT INTÉGRÉ DE LA RÉGION

La méthode dite «graphe des objectifs» est très employée dans l'analyse de systèmes. En construisant ce graphe, on détermine les objectifs principaux de formation, de fonctionnement et de développement du système successivement concrétisés jusqu'au niveau des tâches concrètes et indivisibles, dont la réalisation permet d'atteindre les objectifs visés; on procède par décomposition de l'objectif intégré du système en sous-systèmes subordonnés se présentant sous forme de graphe à niveaux multiples, où l'objectif intégré est la «racine» et les sous-objectifs à réaliser sont les sommets des niveaux inférieurs du graphe [Optner, 1968].

On peut dégager trois principaux objectifs interconnectés du développement de la région examinée: économique, social et écologique.

Le principal objectif économique (1) peut être formulé comme «le développement du complexe économique régional assurant l'efficacité maximale de la production industrielle et la réalisation de mesures efficaces de lutte contre la désertification».

Le principal objectif écologique (2) consiste dans «l'amélioration continue et infaillible du milieu naturel de la région et, en premier lieu, dans la création de conditions favorables pour une lutte efficace contre la désertification et pour la solution de ce problème».

Le principal objectif social (3) est «d'assurer à la population de la région les meilleures conditions de travail, de vie, d'instruction et de loisir, compte tenu de la stabilisation du processus de désertification et d'amélioration de l'environnement».

Le principal objectif social peut être concrétisé par les objectifs du premier niveau:

3.1. Utilisation la plus efficace de la main-d'œuvre, population totalement occupée, développement de l'industrie (et instruction des cadres), conformément aux tâches de la lutte contre la désertification.

3.2. Formation d'un système de répartition de la population de la région, assurant des conditions favorables de travail, de vie et de loisir, et conforme, par ses paramètres et caractéristiques fonctionnelles, aux particularités des territoires arides.

3.3. Solution du problème alimentaire par la combinaison du développement de l'agriculture à haut

rendement et de celui de l'industrie (à l'aide de l'utilisation par la société des avantages de la division du travail entre les régions et les Etats).

3.4. Réalisation du programme d'instruction générale, de formation de cadres nationaux, progrès culturel de la population, y compris la large diffusion des connaissances écologiques.

3.5. Solution du problème de l'assistance médicale, suppression des maladies endémiques et parasitaires, application des programmes de protection de la mère et de l'enfant.

Examinons plus en détail la concrétisation du sous-objectif social 3.2., par exemple. La différenciation suivante est possible:

3.2.1. Création des prémisses nécessaires d'urbanisation pour donner à la population de la région les plus larges possibilités de satisfaire ses besoins matériels et spirituels, en assurant des conditions favorables de vie et de fonctionnement dans les cycles quotidien et hebdomadaire.

3.2.1.1. Réduction des pertes de temps de la population pour les voyages d'affaires entre agglomérations.

3.2.1.2. Diversification de l'emploi.

3.2.1.3. Mise à la disposition de la population de tous les services nécessaires avec des pertes minimales de temps pour les déplacements (nécessités par la vie culturelle ou courante) entre agglomérations.

3.2.1.4. Mise à la disposition de la population de la région de différents centres culturels et de services très variés.

3.2.1.5. Mise à la disposition de la population de lieux de brève récréation, accessibles en un minimum de temps.

3.2.1.6. Augmentation de la régularité et du confort des voyages dans les limites de la région.

3.2.1.7. Amélioration des conditions sanitaires dans les lieux de résidence et de loisirs de la population.

3.2.1.8. Egalisation des conditions de travail, de vie et de loisir de la population rurale et urbaine de la région.

3.2.2. Création de larges prémisses d'urbanisation pour l'intensification de la production et l'augmentation de l'efficacité économique de tous les aspects de la construction industrielle et civile dans la région.

3.2.2.1. Augmentation de l'efficacité d'utilisation de la main-d'œuvre, grâce à l'accroissement de la productivité du travail, due à la réduction du temps pris par les déplacements liés au travail et à la diminution de la fatigue causée par les transports.

3.2.2.2. Amélioration des conditions permettant de concentrer différents types d'industrie sur le même terrain.

3.2.2.3. Garantie du niveau normatif de rentabilité de la construction et de l'exploitation des services entre agglomérations et des zones récréatives pour la population.

3.2.2.4. Prévention des pertes économiques dues à la réduction de l'efficacité d'utilisation des terres agricoles.

3.2.2.5. Augmentation de l'efficacité économique du développement et de l'exploitation de l'infrastructure, des transports et techniques desservant des agglomérations.

3.2.3. Création des prémisses d'urbanisation né-

cessaires pour rétablir et maintenir l'équilibre écologique et lutter avec succès contre la désertification.

3.2.3.1. Régularisation de la répartition des charges anthropogènes sur le milieu naturel compte tenu des valeurs limites de la capacité démographique de certaines zones régionales à planifier.

3.2.3.2. Création de conditions favorables au fonctionnement des sources de rétablissement des ressources naturelles renouvelables.

3.2.3.3. Accroissement du degré d'évaluation des différences dans le niveau de l'activité géochimique du milieu naturel, lors de la répartition des charges anthropogènes.

3.2.3.4. Accroissement du degré d'évaluation de la résistance du milieu naturel aux charges physiques, lors de la répartition de tous les aspects de l'activité récréative dans la région.

ANALYSE ET PRONOSTIC DES TENDANCES ESSENTIELLES DU DÉVELOPPEMENT DE LA RÉGION

La structuration des objectifs de formation et de développement de la région détermine la nécessité d'examiner les différents aspects de son fonctionnement — sociaux, économiques, scientifiques et techniques, écologiques, organisationnels et de gestion, fonctionnels, territoriaux, de planification, etc.

Ainsi, en faisant l'analyse de la région, comme objet du schéma régional, il faut l'examiner en qualité de système, déterminé par l'interaction d'une série de sous-systèmes la composant. Le sous-système naturel est déterminé par le fonctionnement réciproque des sous-systèmes géologique et écologique. Le sous-système géologique, à son tour, peut être envisagé comme le résultat de l'interaction des sous-systèmes hydrogéologique et lithologique; le sous-système écologique, comme le résultat du fonctionnement simultané et de l'influence mutuelle des sous-systèmes biologique, hydrologique et aérien.

Le sous-système anthropogène de la région examinée est déterminé par l'interaction des sous-systèmes industriel, d'urbanisation et d'infrastructure*. Les composants principaux du système industriel sont l'industrie, l'agriculture, l'exploitation des eaux et forêts. On peut considérer le sous-système d'urbanisation comme le résultat de l'interaction du système de répartition de la population (construction d'habitations) et de ceux des services culturel, social et récréatif. L'analyse du sous-système d'infrastructure suppose l'étude des problèmes d'organisation et de fonctionnement des transports, des communications, de l'alimentation en énergie électrique, en eau, et d'évacuation des eaux.

L'optimisation d'un système aussi compliqué exige une approche par étapes, basée sur la mise à part préalable et l'optimisation des systèmes de niveau inférieur (sous-systèmes) avec enregistrement obligatoire et fixation de tous les liens importants entre eux. Comme sous-systèmes de ce genre on peut mettre à part le système d'ensemble économique de l'objet, le système de répartition de la population et celui de l'environnement, unis par d'étroits liens fonctionnels et desservis par la même infrastructure technique et des transports.

* Voir le Chapitre VII.

Dans les systèmes intégrés quelques structures coexistent et on les appelle «systèmes polystructurés».

Les plans de développement intégré, y compris les schémas régionaux, doivent avoir pour résultat final un système de mesures coordonnées dans le temps et l'espace: progrès de l'agriculture, industrialisation, urbanisation, développement de l'infrastructure technique et des transports.

Dans la plupart des régions arides du monde, la production agricole a une importance particulière, ce qui s'explique par la place éminente occupée par cette branche d'économie dans l'exploitation du sol*.

L'industrialisation des territoires arides permet, en suivant les limitations écologiques de réduire considérablement les rythmes de désertification anthropogène**. C'est réalisable, premièrement, grâce aux possibilités de plusieurs branches d'industrie d'exercer une action écologique favorable sur le milieu naturel. Deuxièmement, la concentration des entreprises industrielles dans les villes, points d'appui des territoires arides, augmente le potentiel des oasis, qui se développent, et attirent la population excédentaire rurale, réduisant ainsi considérablement la charge anthropogène sur les territoires environnants.

L'essentiel dans l'industrialisation des territoires arides est surtout d'évaluer correctement les priorités écologiques, c'est-à-dire d'adapter la charge technogène sur la nature aux capacités biologiques et physiques du milieu où se développent telles ou telles industries.

L'infrastructure constitue un élément important du complexe économique des régions arides et un des facteurs principaux de la lutte contre la désertification.

En formant avec les villes et les villages les complexes industriels, les grandes exploitations agricoles, une sorte d'ossature du système économique territorial, les éléments de l'infrastructure servent d'articulations entre les principaux points d'appui de l'offensive contre le désert et constituent en même temps des «couloirs écologiques» et des ouvrages qui prennent une part active aux processus écologiques et à la lutte contre la désertification.

Les composants les plus importants de cette partie du travail sont: l'analyse des conditions naturelles et des ressources de la région du point de vue de leur utilisation la plus rationnelle, et de la lutte contre la désertification dans des conditions précises; l'analyse des phénomènes défavorables, physico-géographiques et physico-géologiques (y compris les phénomènes ayant des influences anthropogènes sur le milieu naturel); l'appréciation globale du territoire du point de vue de son degré d'utilité pour les aspects les plus importants de l'activité humaine; l'analyse des ressources matérielles et de main-d'œuvre; l'analyse du système économique et du régime d'exploitation du sol; l'analyse de l'infrastructure industrielle, sociale, technique; celle de la répartition de la population des services, etc.

Sur la base de l'analyse approfondie de l'état actuel de l'économie et du milieu naturel de la région, des tendances, dont l'influence peut se manifester durant la période escomptée, on formule les problè-

mes principaux, qui constituent en général une différence entre le niveau normatif (orienté vers la réalisation d'un objectif déterminé) et l'état actuel. La mise en évidence des problèmes principaux permet d'élaborer les grandes orientations du développement de la région, ainsi que le système de mesures pour lutter contre la désertification.

L'une des tâches essentielles de la prévision consiste à apprécier le besoin général en matières premières, en ressources matérielles, technologiques, énergétiques, financières, de main-d'œuvre, de transport, d'information pour assurer le volume escompté de la production, de la réalisation et de la consommation des marchandises, exprimé en valeur et naturel, ainsi que pour la réalisation des mesures constructives adoptées.

On peut élaborer quelques variantes de ce pronostic conformément aux diverses possibilités de solution du problème. Il est désirable d'évaluer les prévisions sous forme des grandeurs minimale et maximale les plus probables.

FORMULATION ET CHOIX DE L'OPTION DE DÉVELOPPEMENT

Pour prendre la meilleure décision, il est nécessaire de déterminer les critères du fonctionnement efficace de la région. Leur détermination est liée directement au caractère des objectifs du développement de l'ensemble territorial et économique.

Sur la base de l'analyse systématique des sous-systèmes naturel et anthropogène, des problèmes et des grandes orientations de son développement, des critères et des limitations de formation efficace, on formule et apprécie les principales options, s'excluant mutuellement, du développement et de l'organisation territoriale de l'industrie et des entreprises de services publics, de la répartition de la population, de l'infrastructure; ainsi que de la politique dans le domaine de la protection de l'environnement, et, avant tout, des mesures de lutte contre la désertification [Principes ..., 1978].

Il y a deux voies de formation des options intégrée et détaillée.

La méthode intégrée suppose l'établissement d'options qui englobent tous les aspects du problème — économique, social et écologique. Cette méthode est applicable aux structures économiques simples, relativement homogènes, et même souvent à la mise en valeur des terres vierges.

La méthode détaillée est caractérisée par l'élaboration d'options à part pour les composants économique, social et écologique de la région, conformément aux objectifs formulés. Une telle méthode est plus applicable aux structures économiques compliquées, à celles en mosaïque d'un milieu naturel, surtout dans les régions déjà mises en valeur. Il faut de plus analyser préalablement les options détaillées, choisir parmi elles celles qui sont préférables, les réunir en deux ou trois options intégrées et les analyser encore une fois.

Ci-dessous nous examinerons plus en détail les principaux processus d'une méthode détaillée pour élaborer les options du composant d'urbanisation d'une région.

À la première étape de réalisation dans le processus considéré, il convient d'appliquer les méthodes traditionnelles d'étude intégrée du territoire, de for-

* Voir Chapitre IV.

** Voir Chapitre VI.

mation d'une structure de planification et d'une division fonctionnelle en zones du territoire de la région. L'application de cette méthode en même temps que la prise en compte des restrictions révélées dans les aspects socio-économiques, territoriaux, écologiques, d'infrastructure et autres donne la possibilité de rejeter un certain nombre d'options, théoriquement acceptables, mais non compétitives.

L'appréciation intégrée aide à rejeter à l'avance les variantes les plus coûteuses et économiquement inacceptables de la mise en valeur du territoire. Dans ce cas, il faut étudier tous les territoires de la région considérée, pour sauvegarder les intérêts de toutes (ou des plus importantes) branches de l'économie, qui sont en même temps les principaux utilisateurs des terres, compte tenu de la totalité des facteurs naturels et anthropogènes. Par conséquent, l'appréciation intégrée du territoire, par l'étude comparée de la totalité des facteurs naturels et anthropogènes de certaines zones de la région permet de déterminer le degré d'admissibilité de ces zones pour leur utilisation économique; grands travaux de construction, lieux de repos et de loisirs collectifs, agriculture, industrie forestière, etc.

De cette façon la structure de planification détermine le nombre et le caractère des corrélations des principaux éléments de l'ossature d'étendue, dans le cadre de laquelle peuvent être formulées les options possibles du futur développement.

L'analyse intégrée d'un territoire donné et la meilleure structure de planification de l'objet du schéma régional, élaborées auparavant servent de base pour rapporter tel ou tel territoire à une zone fonctionnelle déterminée:

— l'analyse intégrée permet d'isoler certaines parties du territoire, caractérisées par des conditions locales relativement homogènes par leur mise en valeur économique prometteuse et par un état de l'environnement relativement semblable;

— le schéma d'une structure de planification d'avenir permet de tenir compte des particularités de la situation d'un secteur du territoire par rapport aux principaux éléments de structure et de planification de la région.

Ainsi, l'élaboration des différentes variantes de développement d'une région a pour base l'analyse de l'interaction et de la combinaison des options fonctionnelles, de planification et d'infrastructure mentionnées ci-dessus. L'idée d'une telle méthode est qu'à la suite de la discussion collective par les planificateurs et les experts de toutes les variantes des combinaisons possibles, leur nombre se réduit considérablement, car une partie sera reconnue comme non réalisable, et ceci rien que par le raisonnement logique, compte tenu des buts des critères et des restrictions d'une formation efficace déjà mis en évidence.

On doit comprendre le problème d'optimisation de la solution projetée de toute tâche d'urbanisation territoriale, comme la solution la plus rationnelle de toutes les contradictions, en assurant les moindres divergences entre l'objet en projet et les exigences émises à l'égard de son modèle formalisé logique (ou mathématique). Le problème du choix de la variante optimale se réduit à déterminer quantitativement le niveau qualitatif de fonctionnement et de développement de l'objet, conformément aux critères adoptés. Pourtant il faut faire remarquer que la

solution définitive du problème ne peut être adoptée que dans un régime de dialogue entre l'homme et l'ordinateur [Laritchev, 1980]. Une des méthodes de l'analyse systématique, celle de «valeur-efficacité» est la plus répandue et la plus utilisée parmi les méthodes d'analyse à plusieurs critères. Son apparition est liée à la nécessité de comparer les options selon plusieurs facteurs de différente nature. La méthode consiste en trois opérations principales:

- construction du modèle d'efficacité;
- construction du modèle de valeur;
- synthèse des évaluations de valeur et d'efficacité.

On connaît trois manières de faire la synthèse des estimations de valeur et d'efficacité:

- efficacité fixée avec la moindre valeur (on choisit la solution la moins «coûteuse» possible, ayant l'efficacité donnée);
- valeur fixée et efficacité maximum;
- rapport de ces deux critères.

La comparaison qualitative et quantitative des options est essentielle dans l'opération finale du processus d'adoption d'une solution. Le processus du choix de la meilleure solution dépend essentiellement de la manière dont on a tenu compte, sous tous les aspects, des éléments d'effet et de dépenses. Il est important de dégager nettement tous les éléments, liés à la réalisation de la solution (de tous les éléments du processus d'évolution de l'économie, de la sphère sociale et du milieu naturel de la région au cours de la période examinée).

PROGRAMMES INTEGRES

L'élaboration du système de mesures constructives précises, ainsi que la coordination finale des objectifs et des ressources s'effectuent dans le cadre des programmes intégrés à long terme. Ce sont des documents planificateurs qui déterminent les ensembles de mesures techniques, sociales, écologiques, d'organisation, de production et autres. Ces ensembles, limités dans le temps et en espace, sont orientés vers la réalisation d'un seul ou de plusieurs objectifs, embrassent la totalité des ressources matérielles, de la main-d'œuvre, autres, groupées selon les indices communs de leur destination précise.

Les composants les plus importants de tout programme intégré et orienté sont l'élaboration d'un système des mesures constructives pour sa réalisation, leur coordination, la fixation des délais de réalisation des mesures et la désignation de leurs exécutants. On établit d'abord la structure fonctionnelle du programme, c'est-à-dire l'ensemble de toutes ses mesures, basé sur les indices techniques et économiques, puis la structure organisatrice, qui désigne les exécutants des mesures du programme. La répartition des mesures et de leurs exécutants, selon les indices sectoriels et professionnels, permet de passer des mesures programmées aux tâches concrètes de leur réalisation pour chaque branche d'industrie et chaque organisme gouvernemental.

Le système de mesures programmées peut être élaboré sur la base d'un indice précis ou technologique. Dans le premier cas, l'ensemble de mesures programmées est formé par leur réunion ininterrompue autour de chaque objectif. A mesure que les objectifs se fragmentent, les mesures se subdivisent et se concrétisent en se rangeant sous forme de groupes

d'actions parallèles visant à la réalisation de l'objectif. Dans le deuxième cas, les mesures se groupent autour du cycle industriel complet incluant la production, la répartition, la réalisation et la consommation des produits prévus par le programme. Si on analyse successivement telle ou telle chaîne technologique, on peut établir les mesures nécessaires pour la réalisation de toutes les étapes du cycle. La première méthode doit être regardée comme fondamentale pour les schémas régionaux de type donné, la deuxième comme auxiliaire et corrective.

Relativement au programme précis de lutte contre la désertification, le système de mesures peut inclure leurs types suivants:

— économiques (structure rationnelle de l'industrie, de l'agriculture, etc.);

— technologiques (par exemple, implantation de technologies sans déchets et à faible taux de déchets dans l'industrie, «écologisation» des cycles technologiques);

— économie d'eau (procédés rationnels d'accroissement des ressources en eau; accumulation et redistribution des précipitations, redistribution de l'écoulement et création de réserves d'eau, dessalement de l'eau de mer et de l'eau souterraine minéralisée, etc.);

— bonification des forêts (création de zones forestières protectrices, introduction d'espèces d'arbres résistant à la sécheresse, etc.);

— mesures de préparation technique du territoire (stabilisation des sables, renforcement des fondations principales des constructions, abaissement du niveau de la nappe phréatique, etc.);

— agro-techniques et zootechniques (assolements rationnels, rotation des pâturages, etc.);

— sociales (élévation du bien-être de la population: habitations confortables, produits alimentaires, etc.);

— mesures de création du système de territoires protégés (organisation de parcs nationaux, bois en défense, réserves naturelles, etc.);

— mesures organisationnelles.

Dans tout programme, l'une des places essentielles revient au bloc de ressources nécessaires à sa réalisation efficace. La tâche principale est la coordination du système des mesures avec celui des ressources (matérielles, de main-d'œuvre, financières, d'information, etc.). La consommation des ressources de chaque type doit s'effectuer conformément à leur destination précise.

Lors de la formation des programmes, une importance particulière est attribuée aux mesures organisationnelles, à l'aide desquelles on perfectionne le contrôle de la réalisation du programme, on établit les droits et la responsabilité des exécutants, on crée les organismes de recherche scientifique et de projets, accomplissant la plupart des travaux d'élaboration et de réalisation des schémas régionaux et des programmes intégrés.

BASE INFORMATIQUE ET CONTRÔLE

L'élaboration des schémas régionaux, comme la planification socio-économique en général, doit se fonder sur une base d'information complète et authentique et un système de monitoring, c'est-à-dire l'observation et le contrôle des changements dans le

milieu environnant (avant tout des processus de désertification).

Les données initiales, nécessaires pour la réalisation des étapes analytique de pronostic et de synthèse du schéma, constituent un élément important du schéma régional et de tous ses programmes. Elles déterminent le niveau primaire de l'état du problème de la lutte contre la désertification, les moyens probables de le résoudre et les limitations existantes dans telle ou telle région.

Les données initiales doivent refléter les valeurs primaires des indices orientés du schéma et prévoir les directions et voies probables de leur variation, en se basant sur l'expérience et les résultats des recherches de pronostic préalable. Il est nécessaire d'avoir aussi une information supplémentaire: renseignements statistiques sur les ressources, les besoins des branches de l'industrie, les phénomènes physico-géographiques défavorables, etc.

La complexité de l'influence exercée, la diversité des objets et des genres de l'activité économique conditionnent la diversification de l'information sur les composants naturels et économiques du territoire. Il est indispensable d'avoir les groupes suivants de données sur l'état actuel et pronostique de l'économie et du milieu naturel de la région: économique, technologique, écologo-hygiénique et écologo-géographique. Les documents initiaux peuvent être essentiels (de base) et spécialisés*.

L'information de base selon différents groupes de données peut être divisée en deux sous-groupes.

1. La localisation actuelle des installations industrielles et la perspective du développement de l'économie par branches d'industrie et régions, surtout par la localisation des entreprises à grande consommation d'eau, et nuisibles du point de vue sanitaire; les données démographiques (la densité moyenne de la population dans la région, en entier et dans ses divisions; les migrations et les causes de leurs changements); l'existence et l'état des ressources naturelles; la consommation des ressources à présent et dans l'avenir, aussi bien que les volumes de leur retrait possible (ressources en eau en particulier).

2. Le milieu naturel et l'appréciation de son état (carte des sites de la région et carte de la résistance potentielle des ensembles naturels aux influences anthropogènes); les phénomènes et les processus naturels stables; les processus naturels spontanés et extrêmes; la productivité biologique de la région (y compris la comparaison avec les territoires voisins), etc.

L'information spécialisée est aussi représentée par quelques sous-groupes;

1. L'accroissement des terres irriguées et le calcul de leurs pertes causées par la salinisation; le colmatage des sols par la boue; l'érosion d'irrigation, etc.; l'augmentation du cheptel et l'état de la végétation herbacée en fonction de l'augmentation des charges sur les pâturages; les données rétrospectives et le pronostic sur le rétablissement du tapis végétal durant les périodes humides; la consommation de combustible et la composition du bois; les rythmes de réduction de la végétation (ligneuse en millions d'hectares par an); les pertes des produits

* Il est impossible d'énumérer dans ce texte tous les genres d'information nécessaire.

alimentaires dues aux sécheresses, tempêtes de sable, érosion éolienne et hydraulique (en milliers d'hectares par an), etc.

2. Les sources d'action industrielle et agricole sur le milieu naturel, leur localisation; les volumes de production en valeurs comparables; les quantités de déchets solides, liquides et gazeux (en kg ou m³ par an et par tonne de production, ou en unités conventionnelles); le degré de leur toxicité; le perfectionnement probable de la technologie de production et le changement possible de combustible; l'état de l'atmosphère dans différentes conditions météorologiques, etc.

3. Les transformations prévues du milieu naturel (en premier lieu celles qui peuvent influencer le nombre de versions du pronostic en cas de méthode scolastique).

4. L'état de santé de la population comme indice de son adaptation à l'environnement; les indices démographiques: natalité, mortalité, durée de vie, formes générales et spécifiques des maladies à foyers; les transporteurs de maladies; l'évolution physique des enfants et des adolescents; les particularités de la répartition de la population; les conséquences génétiques probables de la désertification, etc.

5. Les indices de désertification (surtout précoces); les cadences et rythmes des processus naturels et anthropogènes de désertification; la proportion des cadences et des rythmes; l'identification des terrains qui risquent être désertifiés, etc.

L'information nécessaire pour la planification socio-économique doit s'accumuler dans les banques d'information régionales, dont la création doit être prévue avant l'élaboration des schémas régionaux.

L'élément le plus important de la base d'information sont les cartes géographiques.

Une des conditions obligatoires de l'authenticité de la base informatique du schéma régional, de l'effi-

cacité de la réalisation et de la correction nécessaire de ses propositions, est la création d'un système spécial d'observation et de contrôle de l'environnement (avant tout, des processus de désertification).

Le système de contrôle et d'observation doit assurer:

— l'information sur les manifestations de désertification naturelle en anthropogène;

— le contrôle de l'état et du changement des composants les plus importants du milieu naturel;

— le contrôle de tous les genres d'activité économique menaçant le milieu naturel et la santé de la population;

— l'enregistrement des changements dans la santé de la population;

— la collecte d'informations pour tous les genres d'utilisation du territoire et de transformation des terres;

— l'observation de la réalisation du schéma régional et en premier lieu du contrôle de l'application des décisions visant la protection et la transformation de l'environnement, en vue de lutter contre la désertification.

C'est ainsi que les schémas régionaux du développement socio-économique intégré et de la protection de l'environnement pour les territoires arides, étant des composants importants des plans régionaux de développement, doivent être des avants-projets scientifiquement fondés. Ces avants-projets servent de base pour déterminer les problèmes principaux du développement de telles ou telles régions et élaborer l'ensemble de mesures concertées, qui assurent le développement le plus efficace de l'économie, de la sphère sociale, de la protection de l'environnement sur les territoires arides, et qui sont orientées vers la lutte contre la désertification. L'élaboration de ces schémas exige l'emploi d'un nombre important d'ingénieurs et de chercheurs dans le cadre de l'approche interdisciplinaire intégrée.

Bibliographie

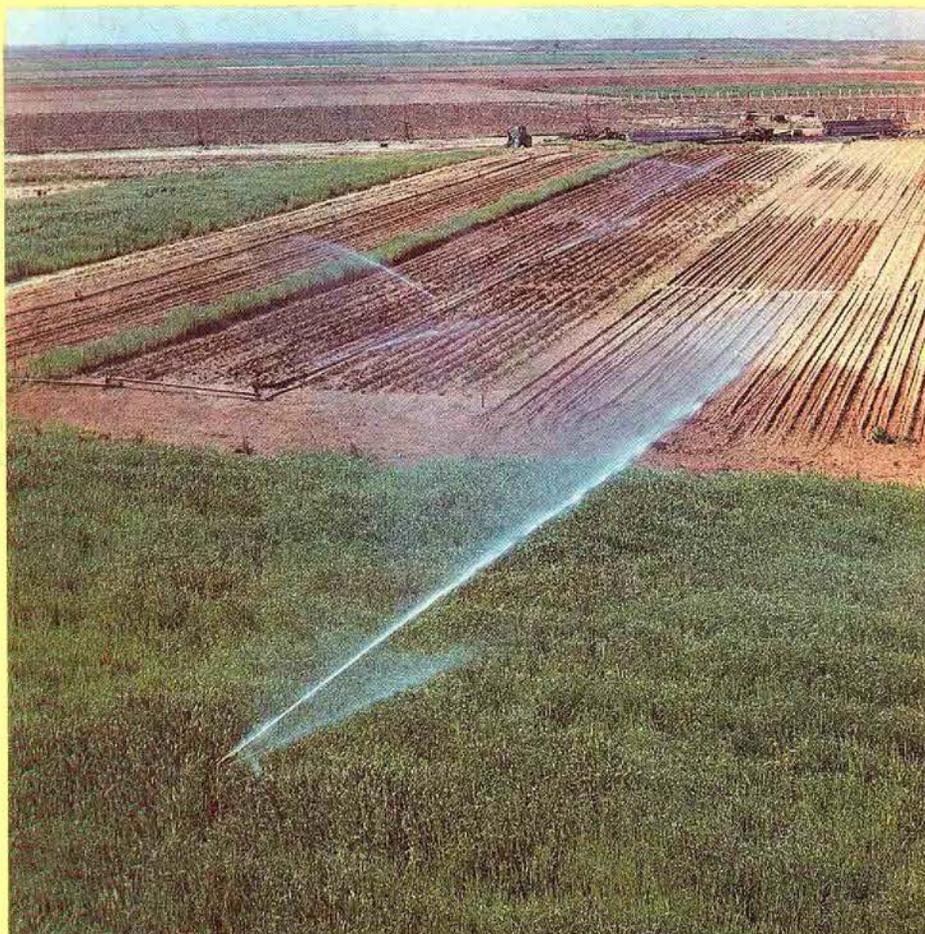
- Belooussov V. I., Vladimirov V. V.* Planification régionale intégrée. M., Stroïzdat, 1980.
- Blauberg I. V., Sadovski V. N., Ioudine E. G.* Approche de système, prémisses, problèmes, difficultés. M., 1969.
- Laritchev O. I.* Problèmes méthodologiques de l'application pratique de l'analyse de système. In: Etudes de système. Problèmes méthodologiques. Annuaire 1979. Ed. Naouka. M., 1980.
- Optner S.* Analyse de système pour la solution des problèmes d'aménagement et d'industrie. Sovetskoïe radio. M., 1968.
- Principes de la formation des systèmes de groupes de lieux d'habitation. Stroïzdat. M., 1978.

Note du rédacteur

Il est bien évident qu'à l'heure actuelle, la désertification est en train de devenir un problème global de l'environnement. L'intérêt général pour la convocation de la Conférence des Nations Unies sur les problèmes de désertification et sa tenue à Nairobi, Kenya, en 1977, confirment l'attention soutenue de la communauté internationale mondiale pour les problèmes de la dégradation de la nature dans les zones arides, semi-arides et atténuantes du globe. Toujours est-il que le caractère global du problème de désertification se distingue des autres problèmes similaires de l'environnement tels que la teneur croissante de l'air en dioxyde de carbone, la teneur décroissante de la stratosphère en ozone et le changement du climat. Alors que ces problèmes-là sont globaux de nature, les causes et les effets de la désertification ont un caractère local, régional ou national. La désertification pose un problème global parce qu'elle est répandue à l'échelle globale mondiale et que l'intérêt pour ce problème est international.

Les études contenues dans cette monographie viennent confirmer les deux thèses sus-mentionnées, à savoir: dans le monde entier on relève un intérêt pour ce qui concerne ce problème (ce que souligne encore une fois le rôle joué par le PNUE dans l'évaluation, le monitoring et la solution de cette question): et qu'il convient de résoudre cette question au niveau national. Chaque année, les processus de désertification affectent de nombreuses nouvelles régions et la lutte immédiate contre eux et leurs causes est la plus efficace. Sinon, les zones touchées par la désertification s'étendent parfois fort rapidement, vu le manque d'intérêt et de désir de les combattre, ainsi que l'absence de moyens financiers appropriés. Cela conduit souvent à la conviction que l'avancée du désert est inexorable ou bien que le climat de la Terre empire.

Le problème de la désertification présente des aspects multiples ce qui le rend fort complexe. Ce genre de phénomènes apparaissent souvent à la suite d'une activité humaine déterminée, habituellement d'une importance vitale, surtout dans les zones arides des pays en voie de développement. La désertification finit par compromettre les sources de plus en plus indispensables à la survie et aux activités de la population croissante. Peu de problèmes de l'environnement exigent une solution aussi urgente que celui de la désertification, surtout à la lumière des récents développements ayant mis en danger la vie des populations éprouvées par la sécheresse et celles d'autres régions. On aimerait espérer que l'expérience et les idées que font partager aux lecteurs les savants qui y ont publié leurs études, seront une nouvelle contribution substantielle aux efforts visant à combattre la désertification sous toutes ses formes.



À l'heure actuelle, quelque 850 mln d'hommes dans plus de 100 pays du monde sont confrontés à la menace sans cesse croissante de désertification — un problème écologique globale.

La catastrophe occasionnée par la première phase de la « grande sécheresse » au Soudan et au Sahel (1968—1973) qui sévit toujours, a amené la communauté mondiale à examiner l'état du milieu naturel des territoires arides dans le monde entier. En 1977, fut convoquée à Nairobi, à l'initiative du PNUE, une Conférence de l'ONU sur les problèmes de désertification qui a adopté un Plan mondial d'actions de lutte contre la désertification — un programme intégré de mesures visant à prévenir, à inhiber ou à éliminer les effets des processus de désertification qui touchent presque les trois quarts de la superficie des zones arides, semi-arides et subhumides du monde, en premier lieu dans les pays en développement d'Asie, d'Afrique et d'Amérique latine.

La désertification a pour corollaire une réduction ou la destruction du potentiel biologique de la Terre et conduit à l'apparition des conditions analogues à celles des déserts. Sur fond de l'incessante poussée démographique et des besoins sans cesse croissant des populations en denrées alimentaires, on constate partout des pertes de terres productives, à une échelle toujours plus grande. C'est ce que vient de mettre une fois de plus en relief la crise aiguë socio-économique et écologique dans les pays d'Afrique au début des années 1980.

Or, comme l'a indiqué le dr. M. Mostafa Tolba, Directeur exécutif du PNUE, à la 12-ème session du Conseil d'Administration, la désertification peut être stoppée, car ce sont les activités non rationnelles de l'homme qui en sont la cause essentielle. La lutte contre la désertification doit se baser sur une approche globale, intégrée de l'exploitation de la nature et de la protection de l'environnement.

La présente monographie internationale, préparée par le projet PNUE/URSS « Assistance et formation dans la lutte contre la désertification par le développement intégré », dans le cadre du Centre des projets internationaux du Comité d'Etat de l'URSS pour la science et la technologie, généralise l'expérience soviétique et mondiale dans le domaine de la mise en valeur intégrée des territoires arides, combinant le développement régional socio-économique avec les mesures de lutte contre la désertification proprement dite.

Le livre est destiné à un large cercle de lecteurs, en premier lieu, aux spécialistes des zones arides et de la protection de la nature des régions arides du monde. Le livre est illustré avec des photos, cartes et figures en couleurs.