

**Chaud  
et  
Sec**



**Le climat méditerranéen au vingt et unième siècle**

Atene  
CL/110f

*Couverture: des scientifiques craignent qu'au fur et à mesure que le climat changera, des zones de plus en plus étendues de la Méditerranée pourraient finir par ressembler aux bad lands de la région de Cadix.*

*Ci-contre: aujourd'hui aride et déboisée, cette île de l'Adriatique portait jadis une végétation luxuriante.*

---



Nations Unies



Programme des Nations Unies pour l'environnement



# Chaud et Sec

## Le climat méditerranéen au vingt et unième siècle

Préface .....	2
I. La création de l'effet de serre .....	3
II. Les changements atmosphériques .....	10
III. La vie sur les bords .....	22
IV. Un courant versatile .....	32
V. Des parcs en péril .....	36
VI. Un jeu serré .....	42
Références .....	47



## Préface

*Un niveau de la mer en hausse et un sol plus sec, voilà ce que semble réserver, selon les climatologues, le réchauffement du climat mondial à la majeure partie du bassin méditerranéen.*

*L'agriculture et les ressources en eau douce de la région sont déjà pressurées par l'essor démographique et la recrudescence des agressions subies par l'environnement. Une hausse des températures ne pourra qu'aggraver cet état de choses.*

*Que peuvent faire les pays méditerranéens pour se préparer à l'évolution annoncée? En octobre 1988, le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) a convoqué un groupe d'experts pour qu'il examine la question. Parmi les participants à la réunion de Split, en Yougoslavie, il y avait des spécialistes de l'étude des sols, des démographes, des océanographes, des géologues, des écologistes et des archéologues. Leurs débats ont reflété les incertitudes que suscite pareil sujet dans tous les milieux scientifiques: on ignore d'abord à quelle rapidité le changement climatique va se produire et quelle sera son ampleur; ensuite on ne peut même affirmer avec une certitude absolue que ce changement va bel et bien avoir lieu.*

*Cette incertitude dissuade certains scientifiques ou responsables de prendre part au débat. Mais ceux qui étaient réunis à Split avaient un sentiment différent. Ils estimaient qu'on disposait déjà de preuves suffisantes des modifications à venir et qu'il serait sans aucun doute irresponsable d'attendre encore une décennie. Ils ont convenu qu'il était plus que probable qu'on assisterait à des changements importants dans 30 ou 40 ans, et que ceux-ci auraient des répercussions sérieuses sur les économies et le bien-être des habitants dans de nombreuses régions vulnérables du monde, et notamment en Méditerranée.*

*Cette brochure résume leurs débats et leurs recommandations. Elle présente également certains des aspects soulevés par la prédiction des modifications climatiques et de leurs effets. Elle est centrée sur la Méditerranée – ce qui fait l'importance de celle-ci, sa vulnérabilité, et les défis auxquels la région sera confrontée le siècle prochain. Puis on examinera comment les modifications climatiques affecteront les divers systèmes – le sol, l'eau douce, les côtes, la mer – en citant quelques exemples concrets pris dans l'ensemble de la région.*

*Les débats de Split se fondaient sur l'hypothèse d'une hausse de 1,5°C de la température et de 20 cm du niveau de la mer d'ici 2025 en Méditerranée. Dans l'esprit des participants, il s'agissait là d'une estimation prudente.*

# I. La création de l'effet de serre

Chacun sur terre a conscience du temps qu'il fait et a souvent son idée à ce sujet. On dira par exemple qu'une neige précoce annonce un hiver doux ou qu'un printemps humide est présage de sécheresse.

Des prédictions de cet ordre ne valent peut-être pas grand chose mais elles marquent bien notre dépendance à l'égard des conditions météorologiques: pour les récoltes et l'eau, pour la santé et l'agrément, pour l'aisance matérielle et jusque pour notre survie.

Selon une théorie influente – et qui est même très en vogue dans l'opinion –, la Terre est sur la voie d'un réchauffement sans précédent. En brûlant des combustibles fossiles, en défrichant des forêts tropicales humides, en élevant des animaux domestiques et en fabriquant certains produits chimiques, les hommes créent dans l'atmosphère une accumulation de gaz carbonique et d'autres gaz qui empêchent le rayonnement solaire de s'échapper. La chaleur est retenue à la surface de la Terre, provoquant une hausse de la température: c'est le fameux "effet de serre".

*La révolution industrielle, alimentée en combustibles par les dépôts fossiles, a modifié l'atmosphère de la Terre à un taux sans précédent dans l'histoire humaine.*



## Un regard en arrière

Voici près d'un siècle qu'un savant suédois, Arrhenius, a été le premier à prédire l'effet de réchauffement, soulevant une querelle qui a mis aux prises partisans et détracteurs passionnés jusqu'à ces derniers temps.

Aujourd'hui, on dispose de données pour étayer cette thèse. Le gaz carbonique est en augmentation dans l'atmosphère: depuis l'ère pré-industrielle, ses niveaux sont passés de 280 à 350 parts par million (ou ppm). La majeure partie du CO<sub>2</sub> que nous émettons dans l'atmosphère provient de la combustion du charbon et des hydrocarbures, bien qu'en 1988 un dixième ait été dû au brûlage des forêts amazoniennes.

D'autres gaz à effet de serre sont également en hausse. Le méthane dégagé par l'élevage, la production vivrière, la combustion de matières organiques ainsi que par les émissions directes, s'est ajouté aux émanations naturelles des marécages, des zones humides et des sédiments des grands fonds océaniques. L'oxyde nitreux produit par les combustions et l'agriculture représente 25 pour cent des émissions totales de N<sub>2</sub>O, s'ajoutant à celui dégagé par les océans et les sols. Les chlorocarbones et fluorocarbones proviennent entièrement de l'industrie.

Les gaz à effet de serre pourraient retentir directement sur les rendements des cultures, la santé humaine et les écosystèmes. Tous ces gaz, à l'exception du gaz carbonique, ont été incriminés dans l'appauvrissement de la couche d'ozone de notre planète. Et au cours des dernières décennies ils ont commencé à concurrencer le CO<sub>2</sub> dans leur contribution à l'effet de serre.

Entre-temps, il apparaît que les températures mondiales se sont élevées de 0,4-0,5 degré Celsius au cours du siècle dernier, bien que cette hausse ne se soit pas produite d'une manière continue ou géographiquement uniforme. On peut la comparer à la hausse de 1 ou 2°C intervenue lors des 10.000 années précédentes. Quant au niveau moyen des mers mondiales, on estime qu'il s'est élevé de 10 à 15 cm, l'expansion thermique des océans étant responsable dans ce chiffre de 2 à 5 cm et la fonte des glaciers de 3 à 5 cm supplémentaires. On ignore quelle est la contribution des vastes calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique.

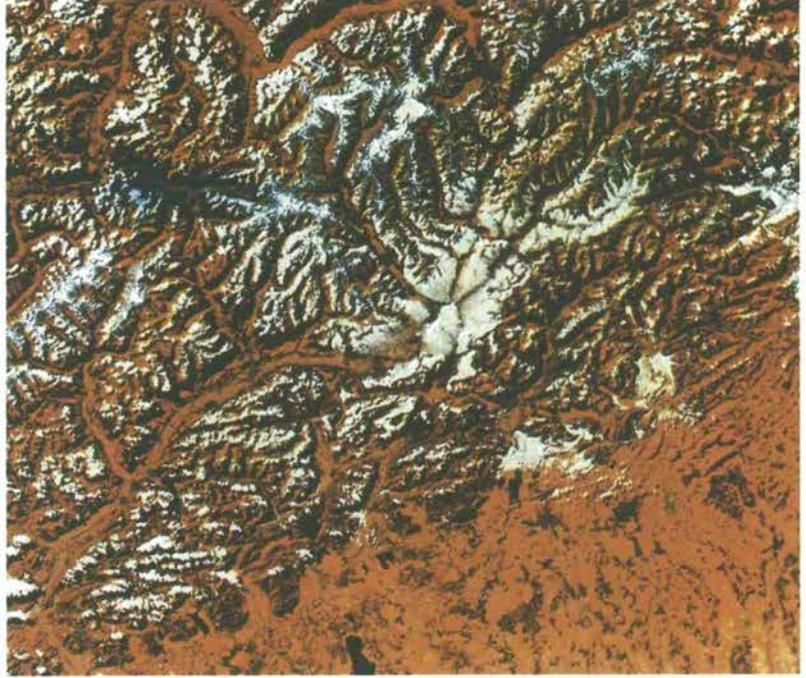
Certains scientifiques pensent que ces phénomènes sont liés, tandis que d'autres estiment que les effets du réchauffement mondial ne se feront pas sentir pendant plusieurs décennies.

## Au siècle prochain

Même si les concentrations des gaz à effet de serre se maintenaient à leurs niveaux actuels, les mers devraient néanmoins s'élever pendant plusieurs décennies car elles absorbent lentement la chaleur atmosphérique déjà produite. Et comme le réchauffement va sûrement se poursuivre, cette hausse du niveau des mers pourrait continuer à s'exercer pendant des siècles.

De fait, on s'attend à ce que la concentration atmosphérique de l'ensemble des gaz à effet de serre, mesurée en "niveaux équivalents de gaz carbonique", double d'ici 2030, avec un réchauffement correspondant compris entre 0,5 et 2,0°C. Dans cent ans, la hausse des températures pourrait atteindre 4,5°C en moyenne.

Ce réchauffement occasionnerait alors une expansion continue des océans et une fonte des glaciers alpins, lesquelles entraîneraient en un siècle une hausse de 1 à 2 mètres du niveau des mers: ce qui pourrait encore relever de plusieurs mètres le niveau des mers au bout de quelques siècles.



*A mesure que la Terre se réchauffera, les glaciers fondront et la limite des neiges reculera vers le haut. Un volume important des neiges alpines aboutira dans la Méditerranée. Sur la photo: les Alpes centrales.*

## **Nos marges actuelles de certitude**

Il est possible de procéder à des prédictions des changements climatiques et de leurs effets en ayant recours à des modèles du système océan/atmosphère appelés "modèles de circulation générale". Les modèles que l'on applique actuellement donnent souvent des résultats très différents, et c'est pourquoi les chiffres publiés varient tellement. On prévoit que les modèles donneront de meilleurs résultats à mesure qu'on les affinera et que l'on disposera de données plus fréquentes et plus fiables.

En attendant, il est utile de comparer les résultats de plusieurs modèles pour vérifier s'ils concordent. D'après l'examen de quatre modèles distincts du climat mondial, nous pouvons nous attendre à une hausse de la température du globe d'environ 3,5°C en toutes saisons d'ici 2050. La limite la plus faible et la plus optimiste fournie par les modèles – autrement dit le plus faible réchauffement prévu – s'établit à 1,2°C. Il y correspondrait une hausse du niveau de la mer de 10-20 cm d'ici 2025 et de 50-200 cm d'ici 2100.

Ces chiffres sont très voisins de ceux retenus par les participants à la Conférence de Villach, organisée en 1985 par le Conseil international des unions scientifiques (CIUS), l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le PNUE. Selon ces prévisions, la température à la surface de la Terre augmentera de 1,5 à 4,5°C d'ici 2100, avec une hausse du niveau des mers comprise entre 20 et 140 cm. Certaines estimations sont même plus élevées.

## Les réserves de certains scientifiques

Certains scientifiques expriment un vif désaccord en alléguant que les modèles ne sont pas encore assez sophistiqués pour rendre compte des effets rétroactifs et que leurs prédictions ne peuvent donc être sérieusement retenues.

Par exemple, le réchauffement accroîtrait l'évaporation des océans et par voie de conséquence la formation de nuages; comme les nuages réfléchissent la lumière solaire, la Terre pourrait se refroidir et non se réchauffer. Ou inversement, les nuages pourraient retenir davantage de chaleur et amplifier la hausse des températures.

Le réchauffement pourrait aussi entraîner une fonte des calottes glaciaires et de la couche des neiges alpines; en d'autres termes, on aurait affaire à une diminution de la surface de réflexion, à une absorption plus prononcée par la terre et la mer, et à des températures plus élevées. Ou encore le réchauffement pourrait provoquer des précipitations accrues aux pôles, ajoutant ainsi aux calottes glaciaires un volume suffisant pour compenser leur taux de fonte.

Des niveaux élevés de  $\text{CO}_2$  stimuleraient la croissance végétale, ce qui, à certains égards, pourrait comporter des avantages. Ou bien ils pourraient bouleverser les écosystèmes en favorisant de nouvelles espèces et en appauvrissant les sols en éléments nutritifs.

Le réchauffement augmente la respiration des plantes et des microorganismes, ce qui pourrait même libérer du  $\text{CO}_2$  à un rythme plus rapide que celui de sa fixation par la photosynthèse. Il s'ensuivrait que les régions céréalières deviendraient des cuvettes poussiéreuses, augmentant la réflectivité – ou albédo – de la terre. Cependant, l'agriculture pourrait devenir florissante dans de vastes régions présentement trop froides au centre des continents.

En dépit de quelques doutes, la plupart des scientifiques et des observateurs semblent estimer que le réchauffement se produira et que ses effets seront grandement préjudiciables aux sociétés humaines et aux écosystèmes naturels – ne serait-ce qu'en raison de la rapidité à laquelle les modifications interviendront, ne ménageant aux systèmes humains et naturels guère de temps pour s'adapter.

*Il y a ceux qui disent que la couche nuageuse croissante refroidira la Terre autant que l'effet de serre la réchauffera.*



## A quoi peut-on s'attendre?

Les effets d'un réchauffement mondial seront inégaux; par exemple, la température peut ne s'élever que de 1°C à l'équateur contre 12°C aux pôles. Il y aurait donc d'importantes différences régionales dans les incidences que le réchauffement et le relèvement du niveau des mers auront sur les populations et les écosystèmes.

Bien qu'ils soit impossible de prédire avec exactitude quels seront les effets d'une hausse des températures et des mers, on peut s'attendre à ce que l'ensemble des phénomènes suivants se produisent en tel ou tel endroit:

- l'agriculture deviendra encore plus ardue dans les régions arides et l'alimentation en eau baissera;
- des changements rapides des températures causeront la mort de nombreuses forêts et d'autres seront détruites par les incendies;
- une hausse des températures accroîtra les besoins d'irrigation;
- l'érosion des plages et l'intrusion d'eaux salées dans les couches aquifères augmenteront;
- des terres cultivées côtières et des aménagements d'aquaculture seront perdus;
- les zones humides, dont bon nombre sont déjà soumises à des pressions, seront inondées, avec des répercussions sur les écosystèmes côtiers et sur les pêches;
- la hausse du niveau des mers submergera les barrières naturelles telles que les récifs de corail, les forêts de mangrove et les herbiers marins, aggravant l'ampleur des dégâts causés par les ouragans et les phénomènes d'érosion;
- certaines îles, parfois des nations insulaires entières, pourraient disparaître à jamais;
- des plaines côtières et certaines villes pourraient être inondées;
- des ouvrages littoraux tels que les ponts, les brise-lames et les installations portuaires seront menacés et ne pourront être protégés qu'à un coût énorme;
- il pourra surgir des problèmes graves de santé publique liés à des maladies et à la sécurité;
- des afflux considérables de réfugiés nécessiteront une réinstallation;
- des espèces seront condamnées dans des environnements impropres sans avoir le temps de s'y adapter, tandis que des animaux terrestres capables de migrer ne pourront se frayer un chemin à travers un milieu investi par l'homme;
- des écosystèmes seront bouleversés, peut-être irrévocablement.

Les récentes sécheresses survenues au Sahel, au nord-est du Brésil, en Chine occidentale et dans la région céréalière du centre des Etats-Unis ont effrayé nombre d'entre nous en leur faisant prendre conscience des fléaux que l'avenir peut nous réserver. Chacun se demande si ces sécheresses sont le fruit du hasard ou si elles nous offrent un avant-goût du réchauffement mondial.

Mais nous reconnaissons que nous sommes en train de transformer la terre d'une manière qui pourrait menacer la vie des plantes et des animaux supérieurs, notre espèce comprise.

## Une perspective méditerranéenne

Les pays riverains de la Méditerranée sont assurés de subir quelques-uns effets des modifications climatiques que l'on vient d'énumérer; mais la gravité de ces effets peut paraître négligeable comparée aux épreuves qui attendent déjà les populations, les économies et les écosystèmes du bassin.

En 2025, la population globale des 18 pays méditerranéens sera passée de 360 à 550 millions d'habitants. Bien que la zone littorale ne représente que 17% de la superficie de ces pays, elle contient 37% de leur nombre total d'habitants (133 millions). En 2025, plus de 200 millions d'habitants vivront sur les bords de la Méditerranée.

Cet essor démographique se produira en majeure partie sur la rive Sud et Est du bassin, et il se concentrera dans les agglomérations urbaines. Soixante et un pour cent de la population littorale (87 millions d'habitants) vivent actuellement dans des villes; en 2025, ce pourcentage atteindra 75 pour cent (150-175 millions). La nécessité de nourrir autant de gens et d'éliminer leurs déchets posera des problèmes énormes.

### Des dégâts en extension

D'ici le siècle prochain, les effets cumulés de la pollution de l'air et de l'eau ainsi que de la dégradation du sol commenceront à prélever un tribut exorbitant sur la santé publique, les économies nationales et les écosystèmes méditerranéens.

Bien que la majeure partie de la pollution provienne actuellement des industries implantées le long de la rive Nord, en 2025 les niveaux de pollution auront doublé dans les villes de la rive Sud.

Les problèmes liés à l'érosion du sol, au déboisement et à l'alimentation en eau s'aggra-

vent présentement en raison d'une mauvaise planification du développement. Les barrages aménagés sur les cours d'eau interfèrent avec les apports de sédiments pour provoquer un recul du littoral dans les zones deltaïques. Dans de nombreuses régions arides, la fertilité du sol est en outre réduite par des pratiques de culture préjudiciables, par une gestion médiocre du sol et par une dégradation des pacages et des zones forestières imputable au surpâturage et à une collecte effrénée du bois de chauffage.

Le tourisme détruit jusqu'aux monuments et au paysage naturel qui attirent sur le littoral 100 millions de visiteurs chaque année; on s'attend à ce que ce chiffre atteigne 400 millions par an en 2025. Les déchets des stations touristiques souillent déjà les plages et les eaux côtières; les gaz d'échappement des véhicules rongent les façades, les monuments et les sculptures.



*On s'attend à ce que le nombre des touristes en Méditerranée quadruple d'ici l'an 2025*



*Tout au long de l'histoire de la Méditerranée, le surpâturage a contribué à la dégradation du sol. Sur la photo: un berger tunisien.*

Face à de tels problèmes, peut-être serait-il excessif d'escompter des populations méditerranéennes qu'elles s'alarment d'une hausse de quelques degrés de la température et d'un relèvement de quelques centimètres du niveau de la mer. Pourtant, la croissance démographique, l'urbanisation et un développement écologiquement inconsidéré intervenant maintenant rendront certainement de nombreuses régions plus vulnérables aux effets de ces modifications à mesure que les sécheresses, les inondations, les pénuries de vivres et d'eau, les tempêtes et autres fléaux naturels croîtront en fréquence et en ravages.

Le Plan d'action pour la Méditerranée, adopté par les gouvernements méditerranéens et la CEE en 1975, fournit un cadre utile pour étudier ces problèmes et s'y attaquer.



*Une part importante de l'agriculture méditerranéenne est pratiquée sur des terres marginales. Ce vignoble espagnol est typique.*

Avant que le bora ne pénètre dans le bassin méditerranéen, il doit d'abord contourner les Alpes. Sur la photo: les Alpes juliennes de Yougoslavie vues à travers le golfe de Trieste.



## II. Les changements atmosphériques

Demandez à ceux qui vivent loin de la mer ce que le mot "Méditerranée" leur évoque en premier, ils vous répondront probablement "le climat". Un climat si vanté qu'il a attiré des colons tout au long de l'histoire et qu'il séduit encore des vacanciers, touristes et retraités accourant du monde entier.

Bien que le climat de la Méditerranée soit généralement réputé pour ses étés chauds et secs et ses hivers relativement doux et humides, il est fréquemment ponctué de pluies torrentielles, de grêles et de vents violents.

En hiver, l'air froid débouchant des zones de basse pression de l'Europe centrale et orientale se fraye un passage en Méditerranée à travers les chaînes montagneuses environnantes. Le mistral souffle par la trouée située entre les Alpes et les Pyrénées, et le *bora* souffle du nord-est par la trouée de Trieste.

Les vents du sud et du sud-ouest, comme le *sirocco* et le *libeccio*, soufflent chargés d'humidité à travers la Méditerranée. De l'Afrique saharienne arrive au printemps le *gibleh* ou *khamsin* à direction sud-est. La Méditerranée orientale est battue en permanence par des vents du nord-ouest et parfois des vents du nord.

La pluviométrie est très variable. Des régions de l'Afrique du Nord peuvent ne recevoir que 200 mm par an, alors que la frange de la rive Nord peut en recevoir dix fois plus le long des fronts montagneux.

### En considérant l'avenir

Des changements atmosphériques auront des répercussions dans l'ensemble du système méditerranéen. Comme de nombreuses parties de la région sont très arides, les premiers et les plus graves des impacts se feront sentir sur terre à mesure que les sols se dessècheront, s'éroderont et que l'évaporation ralentira la reconstitution des couches aquifères d'eau douce.

Il convient également d'envisager les incidences qu'auront sur le système méditerranéen des modifications climatiques de grande envergure se produisant dans l'Atlantique Nord, en Eurasie et en Afrique. Par exemple, l'alimentation en eau de l'Égypte provient du Nil dont la source se trouve en Afrique orientale. Des modifications dans le régime des moussons de l'océan Indien pourraient avoir des effets bénéfiques ou pernicious sur la distribution d'eau de l'Égypte et du delta du Nil.

On ne disposera probablement pas avant dix ans de modèles de simulation fiables pour résoudre de telles questions. Mais les modèles actuels concordent sur un point: ils indiquent tous un réchauffement survenant sur l'ensemble de la région méditerranéenne. Par chance, le changement prévu en Méditerranée est proche du changement moyen prédit par les modèles mondiaux.

## *Une terre fragile*

Le sol sur lequel s'est édiflée la civilisation occidentale moderne est très délicat; sa dégradation a lieu depuis l'antiquité par suite du déboisement, des cultures, des incendies de forêt et du brûlage délibéré des broussailles et des herbages.

Une fois que la terre est érodée, les vents et les pluies violentes de la Méditerranée combattent sa reconstitution. A de nombreux endroits, comme les régions de maquis de Grèce et de France et de nombreuses îles de la Méditerranée, le couvert originel du sol a presque totalement disparu, n'abandonnant qu'un legs aride au génie destructeur de l'homme.

### **Des vents brûlants**

La hausse des températures, l'allongement de la saison sèche estivale et un déplacement vers le nord de la région à pluviométrie incertaine sont susceptibles d'étendre la zone aride, ce qui retentira fâcheusement sur nombre de terres productives de la Méditerranée. Les processus dont le sol est le siège seront bouleversés par l'augmentation de l'évapotranspiration (ou déperdition hydrique au niveau des surfaces biologiques ou non biologiques) et par les variations du bilan de l'humidité, des gaz, des sels solubles, du carbonate de calcium et de la matière organique. Une variation, même minime, de ces éléments peut grandement altérer la structure du sol.

Cela revient à dire que même si le nord de la Méditerranée bénéficiera de précipitations plus importantes en hiver, comme le prédisent certains modèles, les modifications de la structure du sol pourront réduire à ce point sa capacité à retenir l'eau qu'il en résultera globalement une aridité accrue.

*Des étendues de l'île de Krk, dans l'Adriatique, ont subi une érosion spectaculaire.*



## Assez de sel, merci bien

La salinisation est le processus par lequel des sels minéraux se concentrent à la surface du sol par évaporation d'une solution saline du sol. Quand les pluies sont abondantes, le sel est entraîné de la surface jusque dans le sous-sol ou dans les cours d'eau, mais dans les zones arides les sels restent sur place et modifient la structure du sol et la végétation.

D'une façon générale, on s'attend à ce que les problèmes posés par la salinité s'aggravent dans les régions dont la pluviométrie annuelle varie entre 300 et 600 mm.

Selon des études internationales, les terres irriguées de certains pays méditerranéens sont, dans une proportion importante, menacées par la salinisation: 33 pour cent en Grèce et 30 pour cent dans la vallée du Nil. Sous un climat plus chaud, l'irrigation s'intensifiera et le problème de la salinisation empirera. L'évapotranspiration pourrait encore étendre la superficie des sols déjà affectés par des conditions salines ou sodiques.

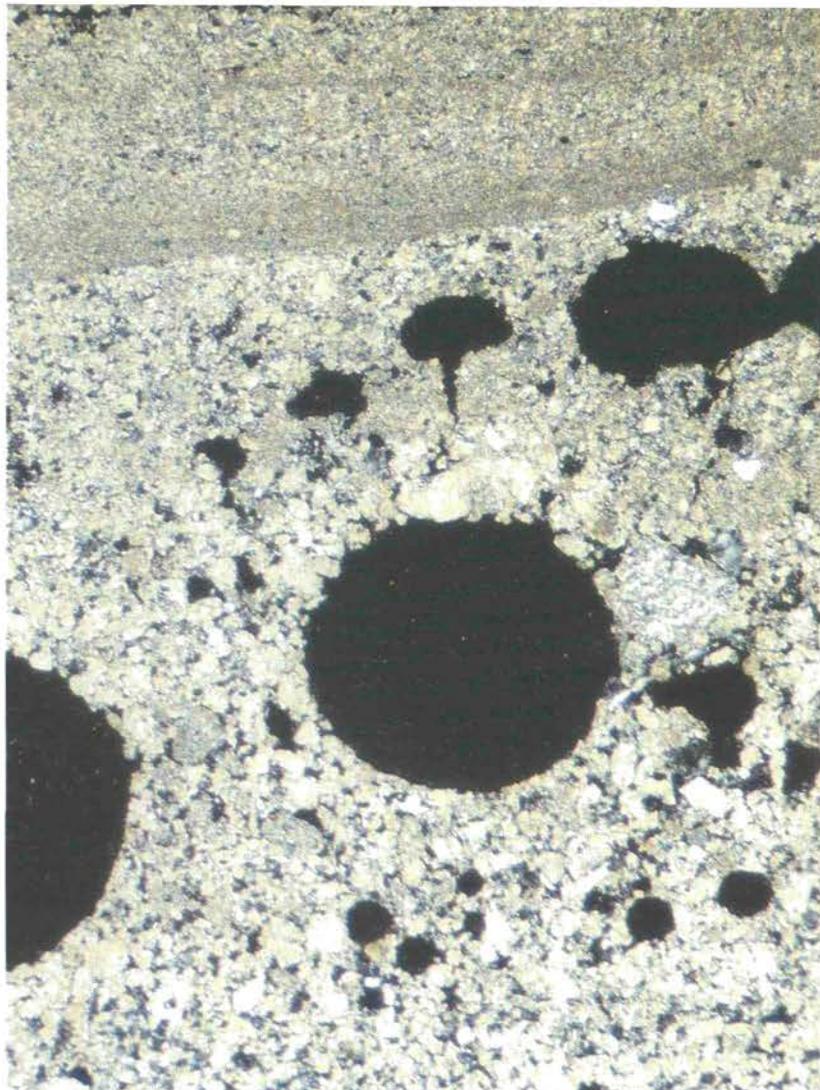
Une diminution des pluies d'hiver pourrait entraver le lessivage annuel des sels accumulés. De légers changements dans les concentrations de sels peuvent amorcer un processus menant, à terme, à l'imperméabilisation de la surface, à des taux d'infiltration moindres, à un ruissellement plus important et à une érodabilité élevée. La gestion et le rendement des cultures deviendraient plus problématiques et onéreux, celles qui ont une tolérance supérieure au sel se trouvant favorisées.

## Matière organique et végétation

L'une des raisons qui font penser que le Méditerranée est tout spécialement vulnérable au changement climatique tient à ce que la plupart des sols cultivés de la région sont déjà d'une teneur faible en matière organique et donc relativement instables: toute réduction supplémentaire, même faible, dans l'apport et la minéralisation de matière organique pourrait avoir un impact prononcé sur la structure du sol.

*Des sols fortement calcaires, tels que celui-ci dans la région d'Alicante, en Espagne, formeront une croûte imperméable quand ils seront lessivés par la pluie.*



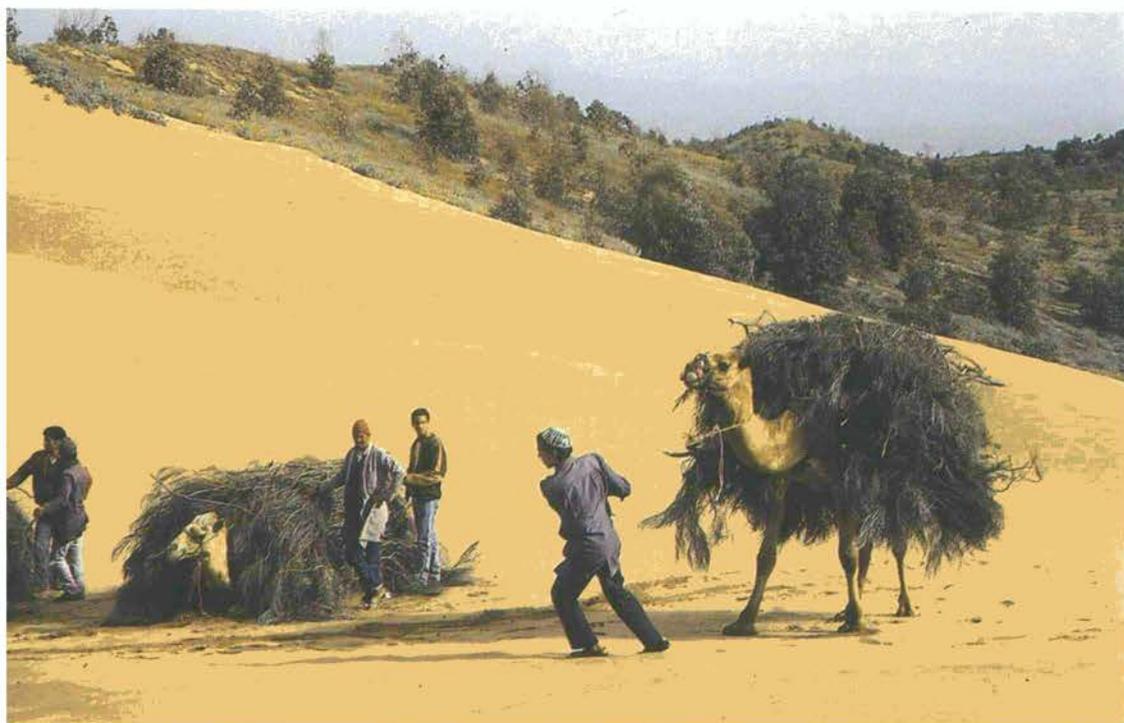


*Une vue micrographique du sol représenté à la page 12 révèle de grosses poches d'air sous la surface. Ce sol ne contient pas de matière organique.*

L'aridité accrue pourrait réduire encore plus l'apport de matière organique au sol en modifiant la composition des espèces végétales. Certains scientifiques prévoient des déplacements de la végétation sur des centaines de kilomètres en latitude et sur des centaines de mètres en altitude. Pourtant, de nombreux écosystèmes forestiers pourraient ne pas avoir le temps d'effectuer ce déplacement car ils réagissent avec un décalage de plusieurs décenniers pour s'adapter aux modifications climatiques.

Les forêts méditerranéennes pourraient se composer de plus en plus de maquis, de terres broussailleuses comportant des espèces résistantes à la sécheresse – comme le laurier-rose, le laurier commun, le chêne vert, l'olivier et le genévrier – qui fournissent un couvert végétal moins dense que les forêts à feuilles caduques. Dans maintes régions non irriguées, la végétation disparaîtra complètement, l'érosion éolienne et pluviale achèvera la transformation, faisant place, peut-être irréversiblement, à une terre aride.

Dans certaines zones d'Afrique du Nord, le changement climatique pourrait aboutir à un déplacement répété des dunes de sable. Les effets combinés de températures élevées, d'une évapotranspiration accrue et d'une salinisation du sol devraient provoquer un déclin de la végétation stabilisante des dunes.



Les efforts déployés pour compenser le manque de végétation stabilisante consistent notamment à empiler des branches, comme sur ces dunes de sable au Maroc.

## Des déserts méditerranéens?

Certains ont rattaché la dégradation de la terre en Méditerranée au processus de désertification qui se produit aux lisières de l'Afrique centrale. On peut *grosso modo* définir la désertification comme un amoindrissement du potentiel biologique de la terre et de la productivité primaire et une perte de son aptitude à se reconstituer après les périodes de sécheresse. La désertification se caractérise par la disparition des plantes vivaces, et notamment des broussailles et des arbres.

Les nombreuses causes de la dégradation du sol – aridité, salinisation, perte de matière organique, etc. – peuvent se combiner pour amorcer un système de rétroaction positive culminant en un environnement de type désertique. Si les conditions s'y prêtaient, le processus pourrait s'enclencher sous l'effet d'un faible changement, tel qu'une hausse de quelques degrés de la température moyenne. Certains observateurs ont estimé que la dessiccation du Sahel résulterait de l'effet de serre. Cependant, le Sahel a connu des périodes alternées d'humidité et de sécheresse pendant des milliers d'années, indépendamment des activités humaines.

Il pourrait en résulter des répercussions profondes sur l'agriculture des régions arides de la Méditerranée. Une grande partie de l'Afrique du Nord finirait par ressembler au Sahel, avec un pâturage accru sur les terres marginales et des cultures tolérantes à la chaleur et au sel. Comme il deviendra de plus en plus difficile de prévenir la dégradation du sol, l'exploitation agricole perdra de sa rentabilité si bien que s'accélérera l'exode vers les villes des agriculteurs découragés.

## **SOS pour le sol espagnol**

*Des études menées en Espagne ont fourni de nombreux indices sur le processus par lequel une aridité croissante peut aboutir à la dégradation du sol.*

*La quasi totalité de l'Espagne a une pluviométrie inférieure à 600 mm par an. Dans les sols extrêmement calcaires de la province d'Alicante, on s'est aperçu que les conditions arides 1) réduisent les taux d'infiltration, la rétention des éléments nutritifs et la production de matières organiques, et 2) augmentent l'érodabilité du sol ainsi que la formation d'une croûte.*

*Une étude réalisée en Catalogne a permis d'établir, par des preuves directes, que le sécheresse conduit à une érosion accrue. On a constaté que les versants exposés au sud étaient plus secs, plus enclins aux incendies et plus touchés par l'érosion que les versants nord.*

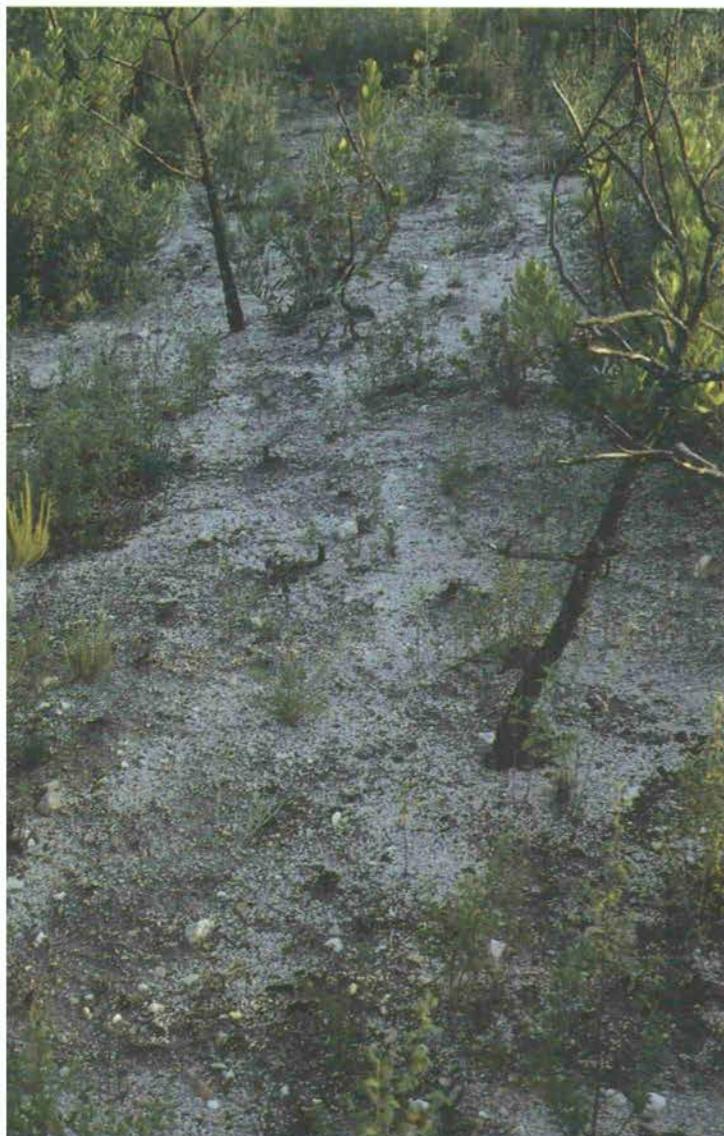
*L'étude a également montré que la nature et la quantité de la matière organique du sol sont en corrélation étroite avec le couvert végétal et que la matière organique accumulée à la surface du sol empêche l'érosion.*

*La matière organique aide également le sol à retenir les éléments nutritifs et l'eau, ce qui est d'une importance toute particulière dans les sols calcaires, sableux et limoneux où les forces de liaison entre les particules minérales sont faibles.*

*Par conséquent, quand la matière organique est réduite, il en résulte pour le sol davantage d'aridité et moins de fertilité. Comme on a constaté que l'aridité réduit la production de matière organique, un système de rétroaction est enclenché.*

*Les incendies sont une menace toujours présente en Méditerranée au cours des étés chauds et secs.*





Trois ans après un incendie de forêt qui a ravagé les environs de Geromo, en Espagne, la surface du sol ne s'est pas régénérée et la pluie continue à y ruisseler.

## **Le facteur "incendie"**

Les incendies de forêt entraînent également une diminution de la matière organique des sols. S'il n'en résulte pas d'érosion, la restauration peut être rapide. C'est le cas du nord-est de l'Espagne où la perte de sol après des incendies de forêt se limite généralement à quelques centimètres et où la végétation finit par repousser (bien qu'on enregistre une érosion marquée dans tous les sites où l'on a aménagé des routes pour rendre les zones brûlées accessibles).

Sous certaines conditions de sol, les incendies peuvent occasionner la formation d'une couche hydrofuge qui augmente le ruissellement lors des pluies. Dans ce cas, le sol s'érode et les éléments nutritifs sont lessivés. En Sardaigne, les incendies de forêt sont tenus pour la cause majeure d'érosion sévère du sol.

## **Les pluies érosives**

La relation entre les pluies et l'érosion est complexe; elle dépend de la force et de la fréquence des pluies, des caractères du sol, du couvert végétal, etc. Dans le sud-est de l'Espagne, des études ont permis d'établir une corrélation entre la quantité de

pluie et l'érosion. Les pluies de printemps et d'automne étaient les plus érosives puisqu'elles se produisent à des époques où le couvert végétal est relativement léger et où la teneur du sol en matière organique est faible.

On n'a pas décelé de relation simple entre la perte de sol et les pluies dans d'autres études menées en Espagne, en Italie et au Maroc, bien qu'on ait pu, dans chaque cas, associer 80 pour cent de la perte de sol avec un ou deux épisodes pluviaux seulement.

Dans la majeure partie de la Méditerranée, des sédiments extrêmement érodables peuvent fournir de grosses quantités de limon et d'argile aux cours d'eau, notamment dans les zones où se sont développées des "bad lands" (les bad lands de Guadix au sud de l'Espagne, représentées sur la couverture, en sont un exemple). Ce phénomène pourrait avoir un impact grave sur les cours d'eau dans les parties plus sèches du bassin méditerranéen, affectant leurs lits, provoquant des crues et rendant nécessaire le recours au génie fluvial.

## Ressources en eau douce: tarissement

En raison de la fréquence de longues périodes de sécheresse estivale, l'eau est le facteur limitatif primordial de la croissance végétale dans l'ensemble de la Méditerranée. Dans de nombreux pays, l'alimentation en eau est déjà critique. Dans certains d'entre eux, l'exploitation des ressources en eau dépasse les 100 pour cent, ce qui signifie qu'une partie de l'eau est réutilisée.

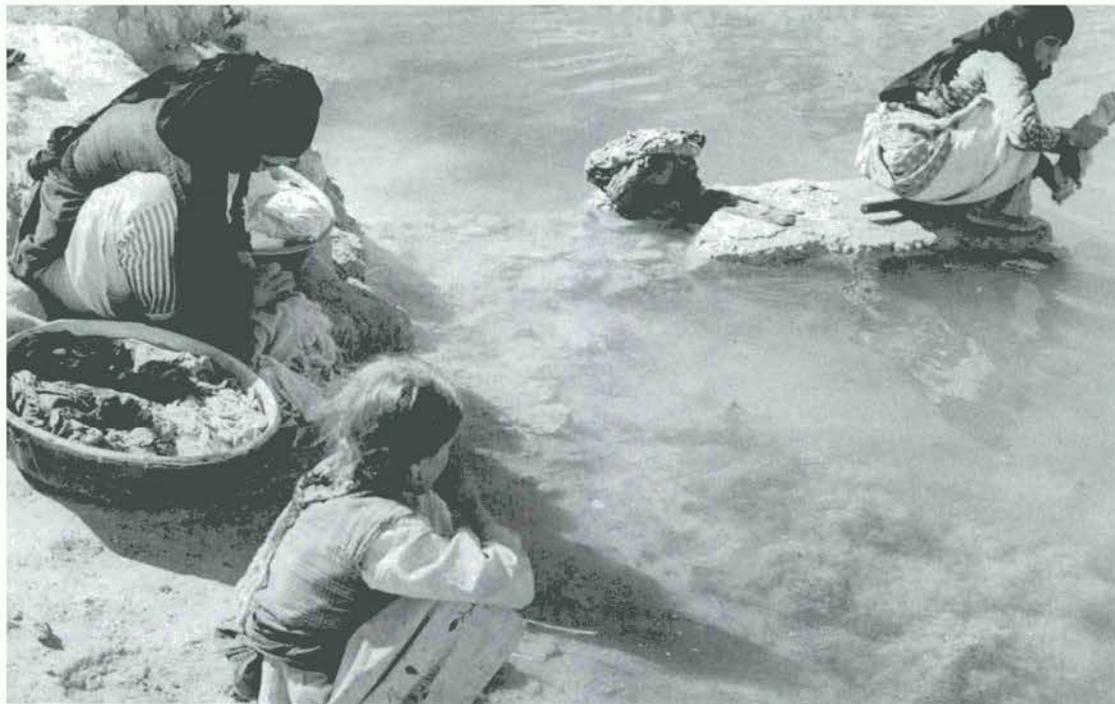
Dans ces pays, une diminution des précipitations associée à une évaporation accrue du sol et des sources d'eau à ciel ouvert réduira encore davantage la quantité des eaux courantes de surface et des eaux souterraines.

Il y a déjà de nombreuses régions du sud et de l'est de la Méditerranée qui manquent de cours d'eau permanents. L'aridité croissante du sol et la dégradation qui en résulte pour celui-ci réduiront le volume d'eau infiltrant la terre, aboutissant à une hydrographie plus capricieuse et à un nombre croissant de cours d'eau à régime permanent ou éphémère. Le sel s'accumulera dans les lits à sec pour être ensuite lessivé pendant les brèves périodes d'écoulement, ce qui diminuera la qualité de l'eau.

Dans des études menées sur le littoral tunisien, il a été estimé qu'une hausse de la température égale à 1,5°C occasionnera une augmentation d'environ 10 pour cent de l'évapotranspiration. Il pourrait en résulter une baisse de 10 à 12 pour cent du débit des cours d'eau ainsi qu'une salinisation accrue de l'eau. L'eau stockée dans les réservoirs chuterait et ceux-ci pourraient être sans eau pendant 19 pour cent du temps — bien que remplis des sédiments érodés qu'ils retiennent. L'infiltration d'eaux d'irrigation salines dans la nappe phréatique rendrait le problème encore plus aigu.

*Un puits tunisien: le problème de la qualité de l'eau pourrait devenir plus aigu.*





*Des bédouines dans le désert libanais. La disparition ou la détérioration des sources à ciel ouvert pourrait devenir désastreuse pour elles.*

En Egypte, on s'attend à ce que des températures plus élevées modifient la chimie des lacs et lagunes du littoral. Bien que des concentrations de CO<sub>2</sub> et des températures plus élevées pourraient, espère-t-on, favoriser la pêche et l'agriculture, cet avantage serait peut-être neutralisé par la salinité du sol et aussi par une prolifération des animaux et insectes nuisibles ainsi que des plantes adventives. L'étude souligne également les dangers encourus par la pêche en raison de la pollution des eaux côtières à la suite d'une utilisation accrue des pesticides et engrais.

### **L'intrusion de la mer**

A mesure que la mer s'élève, l'intrusion d'eau salée peut causer une salinisation des aquifères d'eau douce, rendant ainsi certains points d'alimentation en eau impropres à la boisson ou à l'usage industriel. L'effet sera amplifié par l'accroissement de la demande d'eau: l'amenuisement des nappes souterraines s'accélénera, créant une différence de pression qui aspirera l'eau de mer.

### **Des risques pour la santé**

Des températures plus élevées favoriseront également la prolifération des microorganismes dans les sources à ciel ouvert, créant des risques pour la santé publique. L'épuration des eaux usées deviendra plus difficile alors même que le besoin d'eau augmentera.

Une hausse du niveau de la mer pourrait entraver l'évacuation des eaux usées dans les villes où les canalisations des réseaux d'assainissement sont basses et insuffisamment inclinées, ce qui est le cas dans l'ensemble de la Méditerranée. Les égouts pourraient déborder à une fréquence élevée, propageant des maladies.

## Une source en voie de disparition

Il est vraisemblable que l'impact du changement climatique se fera d'abord sentir sur le réseau des ressources en eau de la Méditerranée.

Des pénuries d'eau touchent déjà de nombreuses régions, alors que l'essor démographique et le développement entraîneront une hausse substantielle de la demande d'eau douce.

Les pays méditerranéens peuvent se classer en trois groupes selon leurs problèmes d'alimentation en eau:

1. Les pays ayant assez d'eau pour l'avenir prévisible et dont la croissance démographique est élevée (Albanie, Turquie, Liban) ou faible (France, Italie, Grèce, Yougoslavie); mais à condition d'admettre que des efforts soient consentis pour développer les ressources en eau et pour garantir leur qualité.

2. Les pays dont l'alimentation en eau, bien qu'actuellement suffisante, deviendra limite en raison de leur croissance démographique. Même si la consommation par habitant reste la même, de nouveaux plans de développement seront nécessaires pour maintenir les approvisionnements à l'horizon 2025 (Espagne, Maroc, Algérie, Chypre).

3. Les pays où l'alimentation en eau est déjà insuffisante ou le sera d'ici l'an 2000. Cela nécessitera une réduction de la consommation par habitant, le développement de ressources non classiques telles que l'eau fossile ou l'eau de mer dessalée, ou encore le recours à l'importation. Cette catégorie comprend des pays à croissance démographique faible (Malte), modérée (Israël, Tunisie), ou forte (Égypte, Syrie, Libye).

Les unités de ruissellement, telle que celle-ci implantée dans le désert israélien, recueillent de l'eau douce aux fins d'irrigation. Leur viabilité pourrait être compromise par des pluies de plus en plus imprévisibles.



## *Des exceptions plus fréquentes*

Actuellement, le régime des vents en Méditerranée est lié en grande partie au passage des perturbations atmosphériques. Il est probable que le changement climatique attendu entraînera un déplacement vers le nord des modes de circulation atmosphérique, lequel retentira à son tour sur les trajets et la fréquence des cyclones de moyenne latitude en certaines parties du bassin.

Les modèles climatiques donnent à penser qu'en admettant un réchauffement de 3,5°C d'ici 2050 les précipitations hivernales pourraient s'accroître légèrement au nord et décroître au sud du bassin méditerranéen. Les hivers deviendraient plus doux, les étés plus chauds.

Une hausse moindre, égale à 1,5°C d'ici 2025, devrait en premier lieu s'accompagner d'une irrégularité croissante des caractères climatiques. Ce que l'on considère à présent comme des événements rares ou exceptionnels pourraient devenir plus courants — par exemple, une succession d'hivers froids ou d'étés plus longs et secs. Les sécheresses, les incendies de forêt et les inondations pourraient se multiplier, les orages et les fortes pluies redoubler de fréquence et de violence.

La zone dont les habitants, leurs animaux et leurs champs pâtissent d'une pluviométrie médiocre se déplacerait vers le nord dans les montagnes, la superficie et la persistance de la couche de neige diminueraient, et la limite des neiges reculerait de 300 mètres en altitude. Il est à prévoir que de nombreux glaciers alpins disparaîtraient.

*Une côte meurtrie  
témoigne de la violence des  
tempêtes et des houles en  
Méditerranée.*



## Golfe du Lion: La tempête qui menace

Nombreux sont les sites du littoral méditerranéen où les édifices, les routes, les ports, les stations touristiques et les réserves naturelles sont périodiquement battues par des tempêtes marines. Toute augmentation de la force et de la fréquence de ces coups de vent pourraient avoir des conséquences graves et coûteuses.

Le golfe du Lion, en France, en offre un exemple.

Le golfe dessine un arc de cercle d'environ 270 km, formant une côte basse, jalonnée de caps rocheux et de lagunes, et se refermant, à son extrémité orientale, sur le delta du Rhône. Il comprend la région sauvage et marécageuse de la Camargue, située entre les deux branches fluviales du Grand et du Petit Rhône. Tout au long de son histoire géologique, le delta a été dominé par le déplacement des bras du fleuve, au moins jusqu'en 1869 quand des digues ont été construites et les eaux du fleuve détournées pour être utilisées par l'homme. Quarante pour cent du linéaire côtier ont été formés par les alluvions de Rhône.

Le climat de la région est assez variable, avec une température moyenne annuelle de 14-15°C et une pluviométrie de 400-750 mm. Les vents sont fréquents et parfois violents.

Les marées sont de faible amplitude, n'excédant pas 30 cm pour la marée de vive eau. Les oscillations dues au vent et à la pression atmosphérique sont bien plus marquées: on a relevé un intervalle de variation de 1,29 m en Camargue sur une période de sept ans.

A l'exception de la Camargue, la côte du golfe est très développée. Plus de 40% du littoral ont été aménagés à des fins touristiques. Un nouveau port a été construit, ainsi que des entreprises de ferronnerie et un complexe de raffinage de pétrole.

### Que réserve l'avenir?

La principale menace qu'une hausse de la température fait peser sur la région du golfe consiste, estime-t-on, en une augmentation de la fréquence et de la violence des tempêtes liées à la cyclogenèse - à savoir le déclenchement de la circulation de l'air cyclonique.

Une montée importante du niveau de la mer rendrait les plages plus étroites et accroîtrait la fréquence des balayages par les orages, ce qui créerait de nouvelles criques. Les lacs et les marais côtiers deviendraient salins, les lagunes seraient reprises par la mer.

La côte est particulièrement vulnérable en raison de l'étroitesse du cordon sableux sur la plus grande partie de sa longueur, de son altitude basse et de la situation relativement médiocre des dunes et des collines littorales dont bon nombre ont été arasées à des fins de construction.

Les dégâts étendus causés par une forte tempête, en 1982, ont illustré ce qui pourrait arriver. Les autorités alarmées ont lancé un train de mesures visant à maîtriser le courant le long des plages ainsi que l'érosion des plages, à protéger et à reconstituer les plages et les dunes et à aménager des obstacles matériels aux tempêtes. Les méthodes utilisées - enrochements, barrières semi-perméables, revégétalisation, dunes artificielles et brise-lames immergés pour les fond des plages - sont coûteuses. Mais ne rien faire coûterait beaucoup plus cher.



Les stations touristiques, dont l'aménagement alterne l'élégance et l'improvisation, prolifèrent le long du golfe du Lion.



### III. La vie sur les bords

Quel sera l'effet de la hausse prévue du niveau de la mer sur les lagunes, les deltas, les zones humides, les plages et les établissements côtiers? Comment réagiront les populations humaines, les peuplements de la flore et de la faune sauvages? Quelles seront les incidences pour le tourisme et la gestion des zones côtières?

Si l'on s'efforce de répondre à ces questions, il convient de prendre d'abord en compte les fluctuations normales du niveau de la mer Méditerranée.



#### La Terre en mouvement

A moins de vivre dans des zones à haute sismicité, nous sommes pour la plupart inconscients du mouvement et des changements qui affectent en permanence le sol. L'activité tectonique (mouvements de l'écorce terrestre) peut élever ou abaisser soudainement la surface du sol. En 1908, le tremblement de terre de Messine, en Italie, a élevé de 57 cm le niveau relatif de la mer.

Maintes parties de la Méditerranée présentent une activité tectonique et se caractérisent par des séismes et des éruptions volcaniques à la jonction entre les continents arabo-africain et eurasiatique. Pendant des milliers d'années, les mouvements terrestres verticaux en Méditerranée se sont établis en moyenne à 1-5 millimètres par an; quand on procède à un examen plus fouillé — sur des périodes de 15 ou 20 ans —, l'intervalle de variation s'élargit à 3-20 mm par an.

Au nord et à l'est de la Méditerranée, de l'Italie à l'Égypte, on enregistre une influence tectonique particulièrement forte sur la structure des côtes.



#### Apports et retraits

Des variations locales du niveau de la mer sont également dues aux processus de sédimentation et de subsidence touchant le littoral. Quand les sédiments apportés par les cours d'eau entraînent une élévation des plaines côtières qui compense le taux de subsidence de celles-ci, le mouvement qui en résulte globalement peut être peu marqué. Mais si les processus sont fortement décompensés, la transformation des rivages peut s'opérer du jour au lendemain ou presque.



*Une grande partie de la Méditerranée est exposée aux tremblements de terre. De haut en bas: l'Italie (1980), la Grèce (1981), la Turquie (1975) et l'Algérie (1980).*

Les grands deltas méditerranéens — le Nil, le Pô, le Rhône, l'Ebre — sont d'importants bassins sédimentaires où le compactage et la subsidence ont généralement été compensés par la sédimentation. Au cours des dernières décennies, plusieurs facteurs ont bouleversé cet équilibre. Des zones humides ont été asséchées et mises en valeur pour l'agriculture, l'industrie et la construction d'habitations, diminuant l'élévation initiale en raison du compactage. Il s'est produit une subsidence locale du sol après l'extraction de gaz et d'hydrocarbures ou après un pompage de la nappe aquifère dépassant ses capacités de reconstitution. Des barrages aménagés en amont ont réduit le transfert de sédiments aux deltas. Il s'ensuit que le littoral est en recul dans de nombreuses parties de la Méditerranée.

## Erosion et accrétion

La plupart des plages de la Méditerranée sont sujettes à une érosion que l'on peut directement attribuer, pour une bonne part, à l'intervention de l'homme. C'est ainsi qu'en Tunisie l'aménagement d'infrastructures touristiques s'est accompagné d'un recul prononcé du littoral. En Israël, l'extraction de sable et la construction de brise-lames et de ports ont interrompu le transport de sédiments le long des rivages et accéléré l'érosion des plages. En Egypte, en face du brise-lames de Port-Saïd, le phénomène de l'accrétion a commencé à entraver la navigation à l'entrée du canal de Suez, imposant des dragages répétés et très coûteux.

Comment l'élévation annuelle de 4 à 10 mm du niveau de la mer, prévue pour les cinquante ans à venir, s'intègre-t-elle dans ce tableau? La réponse variera, car les moyennes ne signifient pas grand chose quand on parle des mouvements terrestres. Dans les prédictions locales des modifications du niveau de la mer, il convient de prendre en compte les conditions locales.

## La mer qui monte ou la terre qui s'affaisse?

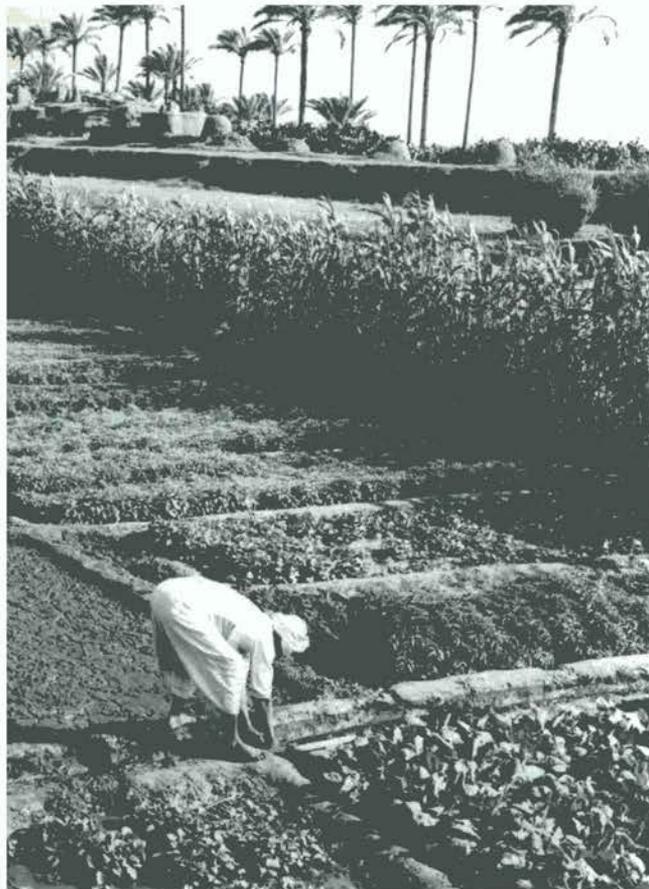
Comment savons-nous que la terre monte ou s'affaisse? Grâce aux relevés marégraphiques notamment. Mais cela suppose de recueillir des données pendant des décennies, et celles-ci ne sont valables que pour les parages immédiats du marégraphe.

On dispose d'éléments supplémentaires grâce aux enseignements de l'archéologie très riche de la Méditerranée. Par exemple, quand on confronte la hauteur des ports et des ouvrages d'amarrage de l'antiquité avec les données marégraphiques, on peut obtenir une indication des niveaux de la mer et des taux de variation de ceux-ci dans le passé.

Il existe en Méditerranée plus de 1000 sites archéologiques qui offrent des preuves solides des modifications locales du niveau de la mer.

*Le temple de Sérapis, à Pouzzoles, en Italie (2<sup>e</sup> siècle apr. J.-C.) est en partie submergé par des eaux provenant de la baie de Naples. Il fut temps où les eaux arrivaient à hauteur des bandes sombres sur les colonnes, mais le site a subi une nouvelle élévation en 1530.*





*La plupart des exploitations agricoles méditerranéennes sont situées dans les terres basses fertiles du littoral. Sur la photo: un exploitant de la vallée du Nil, près d'Alexandrie.*

*Une étroite bande de terre est tout ce qui sépare cette lagune de la mer, dans le delta de l'Evros en Grèce.*

de la vallée du Nil en Egypte. L'inondation ou la salinisation de plaines côtières basses pourrait avoir de graves conséquences économiques pour ces régions.

Bien que la plupart des terres productives du bassin méditerranéen aient peu de chances d'être affectées par le relèvement prévu de 20 cm du niveau de la mer, un relèvement plus marqué atteignant un mètre ou deux inonderait nombre de zones critiques.

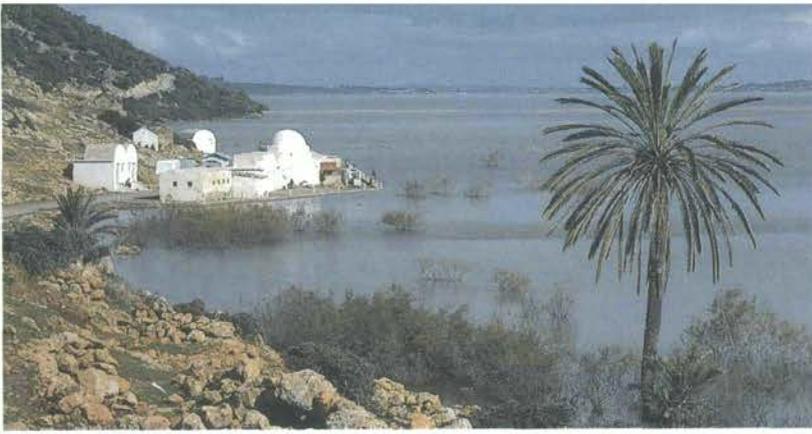
## *Des rivages vulnérables*

Le linéaire côtier méditerranéen mesure approximativement 46.000 km de long, dont 40% sont représentés par les îles. Un peu plus de la moitié de ce linéaire est rocheux, le reste se composant de rivages bas et sédimentaires.

Les pays méditerranéens varient beaucoup dans leur vulnérabilité à une hausse du niveau de la mer. Certains possèdent des terres basses, situées en dessous du niveau de la mer et protégées par des barrières artificielles, d'autres ont des lagunes et des lacs séparés de la mer par des cordons sableux. Certains pays pâtissent couramment des dommages occasionnés aux routes et aux édifices par les fortes houles des tempêtes, tandis que dans d'autres l'érosion côtière est déjà sérieuse.

Quarante pour cent de la superficie de la zone côtière de la Méditerranée sont consacrés à l'agriculture. Une grande partie de la production agricole des pays de l'Est et du Sud du bassin a lieu à proximité de la côte, à l'exception





Les zones humides d'Ichkeul-Bizerte, en Tunisie, subissent déjà les effets néfastes du développement. Sur la photo: le bord du lac d'Ichkeul.

## *Les terres basses en Méditerranée: panorama succinct*

Les terres basses sont rares sur la façade méditerranéenne du littoral marocain. Les seules zones susceptibles d'être affectées par une hausse du niveau marin comprennent une lagune au sud-est de Melilla, le petit delta de la Moulouya et la plage de sable touristique près d'Al Hoceima.

L'Algérie est bordée par les chaînes du massif de l'Atlas dont les escarpements tombent à pic dans la mer et par un plateau continental étroit. Les grands ports sont aménagés entre les chaînes. Comme la majeure partie du pays est aride, l'agriculture intensive occupe les plaines côtières d'Oran, Alger et Annaba; celles-ci s'étendent sur une courte distance au sud entre les chaînes et sont arrosées de pluies suffisantes du côté méditerranéen.

La Tunisie a plusieurs terres basses d'importance écologique et économique, et notamment des lagunes, des lacs et le delta de la Medjerda dans le golfe de Tunis. Les touristes attirés par les plages constituent une importante source de devises pour le pays; des villes, des ports et des industries pourraient également être menacés par une hausse de la mer.

Le littoral de la Libye mesure environ 1900 km de long. Le golfe de Sirte offre une côte barrière lagunaire comportant des dunes, des *sebkas* (lacs salés) et quelques terres agricoles. Il n'y a pas de cours d'eau permanents. La Libye possède plusieurs ports, dont les principaux sont Tripoli et Bènghazi. Les installations littorales de transbordement pétrolier sont d'une grande importance économique pour le pays et pourraient nécessiter une protection contre une hausse de la mer.

L'Etat insulaire de Malte offre des plateaux calcaires coralliens à la végétation clairsemée. Les sols sont peu profonds et infertiles, bien que les exploitations agricoles occupent des bandes de terrain aménagées en terrasses et soutenues par des murs de moellons. Une importante quantité de vivres doit être importée. Il n'y a pas de lacs ou de cours d'eau permanents, et l'alimentation en eau est souvent problématique. Les principaux atouts économiques de Malte sont ses ports établis dans des rades profondes et sa position stratégique.

Le delta du Nil constitue la plus importante terre basse du littoral de l'Egypte et il est vital pour l'économie du pays. Il occupe 16 pour cent des terres cultivées et fortement peuplées du pays alors qu'il ne représente que un pour cent de sa superficie totale. Le littoral dessine une série de lagunes saumâtres séparées de la mer par des plages, des flèches et des barrières de sable où une montée de la mer pourrait aggraver les problèmes déjà prévus.



La Base de données sur les ressources mondiales (GRID) du PNUE a utilisé les ordinateurs pour établir une carte topographique du delta du Nil afin d'identifier les zones exposées au risque d'inondation par suite d'une hausse du niveau de la mer. Sont représentés ci-contre des «modèles de terrain numériques» qui donnent une idée de ce qui arriverait si la mer montait aujourd'hui brusquement d'un demi à deux mètres. Dans un délai de cinquante ans, les contours seraient très différents, mais les effets d'une hausse de la mer tout aussi dramatiques. De haut en bas: aujourd'hui; hausse du niveau de la mer de 0,5 m; hausse de 1,0 m; hausse de 2,0 m.

## Un cas exemplaire: le delta du Nil

Le delta du Nil illustre une zone où les problèmes auxquels seront confrontés les habitants au cours des prochaines décennies l'emportent sur ceux qui sont prévus en raison des modifications climatiques.

Le delta inférieur contient de vastes étendues de moins d'un mètre de hauteur et dont certaines, y compris des lagunes côtières, sont même en dessous du niveau de la mer. Des dunes sableuses élevées protègent certaines parties, mais d'autres sont inondées par la houle des tempêtes d'hiver.

La quasi totalité des terres productives de l'Égypte se trouvent dans le delta du Nil entre Alexandrie, Port-Saïd et Le Caire, et dans l'arrière pays le long du fleuve. L'agriculture de la zone côtière du delta représente 15 pour cent de la production nationale. Les parages poissonneux du secteur fournissent 60 pour cent de la production annuelle du pays. Alexandrie et Port-Saïd sont deux des principaux centres commerciaux et industriels de l'Égypte.

Dans toute évaluation de l'impact des modifications climatiques il convient d'envisager le développement côtier qui interviendra au cours des toutes prochaines décennies. Le delta regroupe 48 pour cent de la population totale. A l'horizon 2000, on prévoit que le nombre d'habitants vivant dans le delta au-dessous de 3 mètres sera passé de 10 millions aujourd'hui à 12,5 millions au moins.

Nourrir, loger autant de gens et leur assurer un emploi se traduira inévitablement par des demandes accrues sur les régions agricoles existantes, par la mise en valeur de terres nouvelles, l'extension de la pêche aux lagunes et une utilisation plus intensive de l'eau.

La hausse du niveau de la mer aggravera ce tableau déjà affligeant.

Les relevés marégraphiques dans la partie orientale du delta du Nil, près de Port-Saïd, indiquent un rythme d'affaissement de 1,2 mm/an par suite de subsidence tectonique et de compactage sédimentaire. En attendant, les apports sédimentaires au Nil ont été presque réduits à néant par le barrage d'Assouan et d'autres réservoirs, ce qui a favorisé un important recul de la côte et une érosion touchant plusieurs sites littoraux. Les effets en ont été ressentis loin à l'est, jusqu'en Israël où l'érosion des plages pose un problème.

Une hausse de 10 à 20 cm du niveau de la mer accélérera le recul du trait de côte; des hausses locales dépassant 30 à 50 cm pourraient avoir de graves incidences et nécessiter des mesures de protection à grande échelle. Les villes d'Alexandrie et de Port-Saïd, ainsi que de nouveaux établissements, pourraient être menacés. Les plans gouvernementaux visant à développer le tourisme balnéaire dans le delta deviendraient caducs.

Une hausse relative d'un mètre ou plus (subsidence y comprise) pourrait submerger les terres basses jusqu'à une distance de 30 km à l'intérieur, affectant 12 à 15 pour cent des terres arables de l'Égypte et quelques millions d'habitants.

Heureusement, l'Égypte possède déjà des digues aménagées pour protéger ses terres cultivées, si bien qu'on peut prévenir l'inondation des terres basses au prix d'un effort supplémentaire.

L'impact le plus grave d'une hausse du niveau de la mer en Égypte consistera en la charge financière qu'impliqueront la construction d'ouvrages de protection, la mise en oeuvre de plans de préservation de l'eau et de mise en valeur des terres, et les réaménagements portuaires. S'ajoutant aux coûts requis pour subvenir aux besoins d'une population en croissance, cette charge pourrait terrasser l'économie égyptienne.



Une côte mouvante: au VII<sup>e</sup> siècle, ces pierres à présent englouties constituaient un brise-lames au large d'Amathus, au sud de Chypre.

Le littoral d'Israël se compose en grande partie de falaises de sable et de limon cimentés par des carbonates. Les montagnes de Galilée dominent la côte nord. Les plaines côtières sont relativement larges pour la région — d'une trentaine de kilomètres dans le sud. La plupart des cours d'eau côtiers, appelés des *wadis*, sont saisonniers, hormis le Yarqon près de Tel Aviv et le Qishon près de Haïfa.

Certains des plus anciens établissements humains du monde — les ports phéniciens de Tyr, Sidon et Byblos — étaient situés sur ce qui constitue aujourd'hui le littoral du Liban moderne. A l'exception de la plaine d'Akkar, la frange côtière est étroite et discontinue, bordée par le massif du Liban. Les principales villes sont Beyrouth, la capitale, et le port de Tripoli qui assure l'exportation du pétrole.

Le littoral syrien, rectiligne, offre des rivages bas bordés par des montagnes. Plusieurs cours d'eau de faible longueur irriguent de petites plaines alluviales aux cultures intensives. Le plus important des deltas — celui du Kabir, au sud, qui se jette dans la baie d'Akkar — est partagé avec le Liban. La Syrie a deux ports importants, Lattaquié et Tartous.

Durant les périodes de fortes pluies, l'île de Chypre est particulièrement atteinte par l'érosion du sol, dans ses vallées aux cours d'eau ordinairement secs. Sa côte est le plus souvent échancrée et rocheuse, avec de longues plages sablonneuses. La majeure partie de sa plaine centrale est cultivée par irrigation.

Le littoral de la Turquie se compose pour sa plus grande part de falaises rocheuses alternant avec des terres basses deltaïques et des plages sablonneuses. La plupart des deltas sont peu étendus mais d'une grande importance économique. Au sud-est de la Turquie, la plaine de Cukurova est relativement étendue et elle abrite deux millions d'habitants. Jadis formée de marais et terrains bourbeux, la plaine constitue aujourd'hui une vaste zone agricole bien asséchée et très productive. L'apport de sédiments par les cours du Seyhan et du Ceyhan s'équilibre avec la subsidence tectonique, si bien que l'érosion du littoral n'a pas été une menace jusqu'à présent.

Pêche dans la lagune de Stafnokari, en Grèce.



Toutefois, des barrages ont été construits sur ces fleuves, ce qui pourrait poser des problèmes à l'avenir.

Le littoral de la Grèce est d'une extrême longueur par rapport à la superficie du pays. Seule une partie réduite du territoire se trouve à plus de 80 km de la mer. La Grèce a un relief très montagneux; bien que ses plaines côtières soient réduites, elles ont une grande importance économique car elles abritent des ports avec des industries annexes.

La côte de l'Albanie comprend 190 km de plages, de marais et de lagunes, six deltas fluviaux et des terres basses agricoles essentielles subvenant aux besoins d'une population d'environ 700.000 habitants. La réserve naturelle de Kune, d'une superficie de plusieurs centaines d'hectares et située à l'embouchure du Drin, forme une zone humide d'une très grande valeur comme habitat de l'avifaune aquatique. Ailleurs, le pays est avant tout d'un relief montagneux et accidenté. Vlorë et Durrës constituent les principaux ports et centres industriels du pays.



*Les marécages d'eau douce, comme celui-ci situé en Dalmatie, sont des habitats importants pour la flore et la faune sauvages. Le changement du climat pourrait signifier: davantage de sel, moins d'eau.*

Le littoral yougoslave est extrêmement découpé, avec plusieurs grandes îles parallèles à la bordure côtière. Le bord de mer se compose en majeure partie de grosses falaises calcaires avec, ici et là, de petites parcelles de terres basses, à l'exception du delta de la Neretva qui occupe une superficie de 500.000 hectares au sud de la Dalmatie, comprend des lagunes et des marais salins, des bancs de sable et des prairies humides, et dont les eaux douces servent à la pêche et à la chasse réglementées. De nombreux barrages construits en amont et ouvrages de régulation hydrographique à l'embouchure ont contribué à détériorer l'habitat des zones humides, important passage et site d'hivernage pour les oiseaux d'eau migrateurs.

L'Italie a 7.500 km de côtes alternant les rochers et les plages sablonneuses. Les terres basses les plus importantes sur la côte Adriatique sont celles du bassin du Pô. Sur la mer Tyrrhénienne, les plaines côtières sont reliées aux deltas de l'Arno, de l'Ombrone, du Tevere et du Volturno, et elles débouchent sur des ports, des zones industrielles et des agglomérations importantes. La plupart des plages italiennes sont sujettes à l'érosion, en partie du moins sous l'effet qu'exercent les barrages et les réservoirs sur l'apport de sédiments fluviaux.

## Un cas exemplaire: le delta du Pô



Les monuments de Venise et d'autres villes de l'Adriatique Nord sont menacés par la hausse des eaux et l'affaissement du sol.

Un littoral instable et des milieux dégradés aux eaux peu profondes rendent les terres basses de l'Adriatique particulièrement vulnérables aux effets des changements climatiques. L'existence même de Venise et des villes voisines d'une grande valeur historique et artistique se trouve exposée, tout comme le sont une industrie touristique florissante, des terres agricoles exceptionnelles et des ports importants.

Au cours des trente dernières années, le littoral a reculé en maintes parties, tandis que les lagunes ont accusé des niveaux sans cesse croissants en raison des houles dues aux tempêtes. La subsidence et la carence en sédiments ont laissé la côte en état d'instabilité physique. Des fléaux naturels ont périodiquement frappé la ré-

gion, notamment les crues dévastatrices de 1955 et 1966.

Ce ne sont pas les changements climatiques qui sont en cause mais le développement côtier mené sans faire grand cas des processus de l'environnement naturel: assèchement des terres, urbanisation intensive de la côte, construction de ports dans des rades profondes et d'ouvrages de défense côtière. Les superficies lagunaires ont été réduites, les cours d'eau détournés et les eaux peu profondes et superficielles polluées.

Un autre problème s'est posé par suite de l'utilisation excessive des ressources en eau pour les besoins des industries et des habitants de la région. Le delta du Pô, à l'instar d'autres plaines côtières deltaïques, subit une subsidence permanente causée par l'affaissement tectonique et le compactage des argiles et des tourbes. Dans les dernières décennies, le pompage de la nappe souterraine a encore accéléré la subsidence — jusqu'à 30 cm par an — de vastes étendues autour de Venise et du delta du Pô: c'est le fameux "naufrage" de Venise. Le phénomène a pu être freiné quand les autorités ont interdit le surpompage et ont commencé à amener l'eau des fleuves et rivières au moyen d'aqueducs; les aquifères se sont rapidement reconstitués et la subsidence a diminué. A l'heure actuelle, elle a repris son rythme naturel, mais l'abaissement de la surface du sol est irréversible.

L'influence de l'homme sur le delta n'est pas nouvelle: comme celui de l'Ebre, le delta du Pô s'est formé en grande partie sous l'effet des activités humaines. Pendant quatre siècles, la vocation du Pô a été restreinte à son utilisation par l'homme; des canaux ont été percés, des cours d'eau déviés, des lits fluviaux fixés. L'érosion due au déboisement de l'intérieur et l'expansion agricole ont contribué à fournir des sédiments pour le nouveau delta.

Récemment, la construction de barrages et l'extraction de sable en amont ont provoqué un recul du littoral par réduction de la sédimentation qui, jusqu'alors, compensait l'érosion. La flexibilité naturelle du rivage a été

entravée par de nombreuses structures fixes destinées à protéger les stations touristiques, les ports et les champs.

Les perspectives du delta du Pô ne sont guère brillantes. On estime qu'une simple hausse de 1,5°C de la température pourrait accroître la fréquence des étés chauds et secs, des tempêtes marines, des lames de marée, et des eaux stagnantes et eutrophes.

Une hausse de 10 à 20 cm du niveau de la mer aggraverait les crues lagunaires et accélérerait la dégradation des bancs découverts à marée basse, des marais, des lagunes et des terres agricoles exondées. Les conflits à propos de l'utilisation des sols gagneraient en acuité: aujourd'hui déjà, les secteurs de l'industrie, du tourisme, de l'agriculture et de la pêche font de plus en plus mauvais ménage à mesure que la population et le capital se concentrent sur la côte.

Comme la majeure partie de la zone côtière est inférieure au niveau de la mer, une hausse dépassant 40-50 cm pourrait bouleverser l'économie agricole et touristique, porter grandement atteinte aux activités portuaires et industrielles et détruire une part importante du patrimoine culturel et historique de la région.

---

Monaco occupe une frange côtière dont la superficie n'atteint pas deux kilomètres carrés. C'est l'une des stations balnéaires les plus luxueuses d'Europe; sa principale industrie est le tourisme, centré en grande partie sur ses plages et ses marinas.

Les terres basses du littoral français compris entre les Pyrénées et la Provence sont le domaine de l'élevage de bétail, de la culture du riz et des légumes, et du vignoble. Sète et Fos-sur-Mer abritent d'importantes entreprises d'extraction de sel, et des stations touristiques en essor rapide jalonnent la côte.

Le littoral méditerranéen de l'Espagne possède quelques terres basses qui sont situées en bordure de baies sablonneuses et limitées vers l'intérieur par des lagunes, des dunes et des marécages. Les plages sont sujettes à l'érosion et ont été, par endroits, protégées à l'aide d'épis. Les principales activités de ces zones sont le tourisme, la pêche et l'agriculture. Au nord se trouvent les deltas du Llobregat et de l'Ebre.



*Des sangliers prennent le frais dans les marais du fameux Coto Doñana, en Espagne.*

A l'évidence, s'agissant des modifications climatiques, chaque pays méditerranéen est confronté à un ensemble différent de problèmes. Certains dépendent davantage de l'agriculture, de l'industrie et du commerce côtiers, d'autres sont tout particulièrement vulnérables à des catastrophes soudaines; tous ont des villes côtières et des ports, mais ils varient dans les ressources financières qui seront nécessaires pour les protéger.

## IV. Un courant versatile

La mer Méditerranée occupe trois millions de kilomètres carrés. Elle a une profondeur moyenne de 1500 m, avec un maximum d'environ 5000 m en mer Ionienne centrale.

La mer comprend deux grands bassins séparés par une chaîne sous-marine entre la Sicile et l'Afrique. Chaque bassin possède son propre courant en sens inverse des aiguilles d'une montre. On distingue trois grandes couches d'eau: une couche superficielle de profondeur variable, une couche intermédiaire d'eau chaude salée provenant de la Méditerranée orientale, et une couche profonde homogène atteignant le fond. L'évaporation maintient une salinité élevée, soit en moyenne 38 parts pour mille contre 35 pour les océans. La température varie entre un maximum estival de 31°C au large de la Libye et un minimum hivernal de 5°C dans l'Adriatique Nord.

Comme, dans sa majeure partie, la Méditerranée est pauvre en éléments nutritifs, sa production primaire est généralement faible, les valeurs minimales se situant dans les bassins oriental et ionien. Il s'ensuit que le secteur de la pêche est relativement modeste bien que la demande soit forte et que les prix élevés du poisson permettent à la pêche artisanale de survivre. Les pays méditerranéens fournissent quatre millions de tonnes de produits comestibles de la mer par an. En 1987, 26.000 tonnes de poisson de qualité supérieure ont été produites par l'aquaculture, dont la plus grande partie en lagunes.

### Une mer en métamorphose

La circulation de l'eau de mer est fonction de plusieurs facteurs et notamment des régimes des vents et des précipitations, des taux d'évaporation, des différences de densité entre les masses d'eau adjacentes, du débit des cours d'eau et de la structure côtière.

Comme on s'attend à ce que des températures plus élevées retentissent sur tous ces facteurs, certains océanographes estiment que les changements

prévus au siècle prochain pourraient perturber la dynamique de l'ensemble de la mer Méditerranée: formation d'eaux intermédiaires et profondes, mouvements à travers les détroits, génération de courants et tourbillons locaux, modalités de la productivité marine et de la dispersion des polluants.

Les vents influent sur le niveau de la mer et exercent une action importante en générant une convection verticale et une formation d'eaux profondes. Le déplacement prévu vers le nord de la circulation atmosphérique et la cyclogenèse accrue devraient modifier les courants au-dessus du plateau continental et les échanges d'eau entre la mer Adriatique et la mer Ionienne. Il pourrait également changer les sites d'"upwelling" côtier (remontée d'eau froide) tel que celui situé au large de la côte ouest de Chypre.

*La plupart des eaux de surface de la Méditerranée proviennent de l'Atlantique en pénétrant par le détroit de Gibraltar.*





*La pêche a toujours été un pivot des économies méditerranéennes. Cette mosaïque romaine illustre une méthode de capture du poisson.*

Les courants engendrés par les vents sont également importants à l'échelon local où ils interagissent avec la topographie côtière pour déterminer la forme et le mouvement du littoral. C'est notamment le cas en Méditerranée septentrionale où la côte complexe, fortement découpée, donne naissance à de petits tourbillons et à des courants. De nombreux réseaux d'assainissement ont été conçus pour tirer parti de ces courants en vue d'une dispersion à distance de la côte.

### **Les effets d'une eau plus chaude**

Etant donné que le bassin méditerranéen est généralement aride, la mer perd davantage d'eau par évaporation qu'elle n'en reçoit des cours d'eau, autrement dit on a affaire à un flux permanent d'eau superficielle provenant de l'Atlantique à travers le détroit de Gibraltar et se dirigeant vers l'est au-delà de l'Afrique du Nord. A mesure que ce flux s'évapore, sa salinité et sa densité augmentent, cette eau plus lourde s'enfonce et se dirige vers l'ouest avec les courants plus profonds pour refluer au niveau du seuil de Gibraltar.

On obtient chaque année la preuve que des températures plus élevées affecteront ce processus en constatant que le courant de Gibraltar gagne en force à mesure que s'accroît l'évaporation. Les océanographes ont remarqué que les masses d'eau locales répondent également à des variations saisonnières, et ils estiment qu'elles pourraient constituer une mesure sensible du changement climatique. Certains ont même supposé qu'un changement climatique pourrait être à l'origine de l'augmentation de la salinité et du déplacement vers le haut de l'eau intermédiaire du bassin oriental observés depuis 1982.

Si la réponse de la mer à la chaleur estivale est un indicateur fiable, la hausse prévue de la température pourrait alors équivaloir à une catastrophe pour les baies fermées et relativement peu profondes de la Méditerranée. C'est pourquoi, entre autres facteurs, une température élevée de l'eau peut entraîner une stratification verticale de l'eau dans ces baies, et partant un déficit en oxygène et quelquefois la mort de communautés biologiques entières.

## **Des couches mortelles**

*Si nous sommes attentifs à ce qui se passe sous la surface de la mer, nous en conclurons probablement que la vie marine est aussi exposée aux effets des changements climatiques que ne l'est la vie du littoral.*

*Les communautés biologiques de la mer sont sensibles aux moindres changements physiques et chimiques. Des bouleversements plus radicaux tels que de violentes tempêtes, d'importantes modifications de la salinité et de la température, une pollution toxique et un déficit en oxygène, peuvent occasionner la dégradation et la mort de communautés entières. Quand cela se produit, il faut bien des années pour qu'on assiste à une restauration.*

*Les mortalités massives provoquées par le déficit en oxygène ne sont pas exceptionnelles en Méditerranée. Elles ont tendance à survenir dans les baies peu profondes à substrat mou où l'apport d'éléments nutritifs est élevé et où les efflorescences de plancton de la fin de l'été, dues à l'eutrophisation, entraînent une diminution de la teneur en oxygène.*

*La plus importante cause d'appauvrissement en oxygène est la stratification. Celle-ci apparaît quand une couche d'eau chaude à faible salinité située au-dessus d'une couche froide, dense et plus profonde, empêche le mélange et la reconstitution de l'oxygène du fond. Si ce fond est riche en organismes vivants — formant le "benthos" — la respiration des organismes peut aisément dépasser la production d'oxygène, et ce dernier finit par manquer.*

*La mer risque davantage d'être stratifiée quand elle est relativement confinée, quand il existe des variations marquées des températures et quand les cours d'eau déversent beaucoup d'eau à faible salinité.*

### **Une mer en suffocation**

*L'Adriatique Nord et des parties du littoral grec offrent deux exemples de ces régions sensibles. Une "crise d'oxygène" amenant une mortalité massive a été signalée dans l'Adriatique Nord en 1977, et une autre l'a été dans la baie d'Eleusis, en Grèce, en 1979. En septembre 1983, une équipe de chercheurs était en train d'achever une vaste étude sur une communauté d'ophiures dans le golfe de Trieste, quand un déficit en oxygène a tué 93% des organismes se trouvant à la surface en l'espace de quatre jours.*

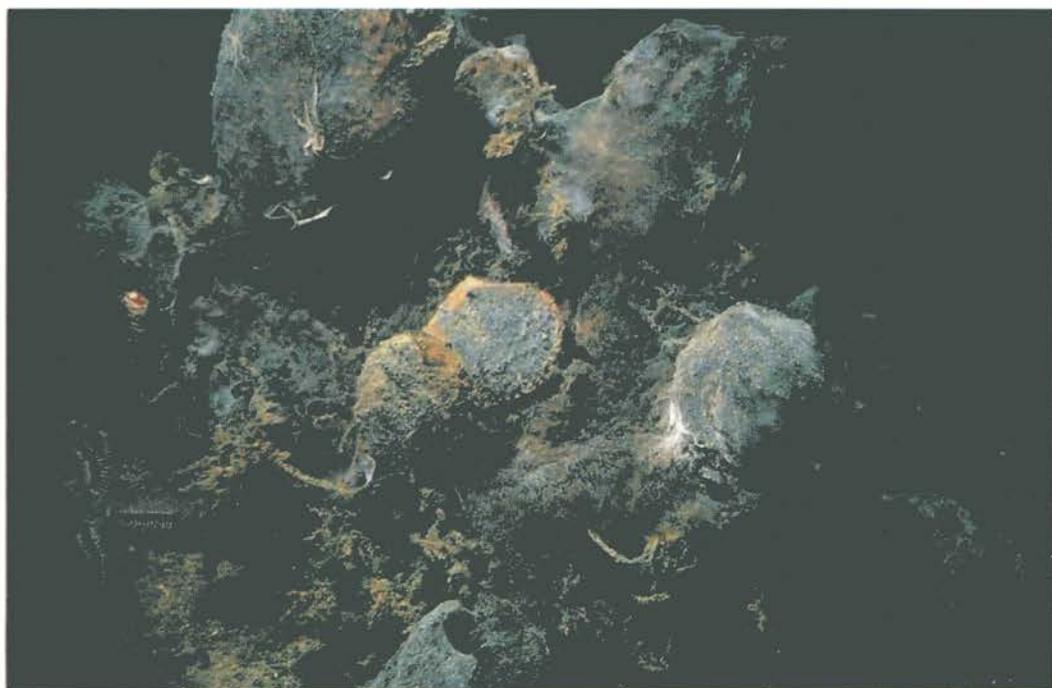
*Il y a sans doute bon nombre de ces accidents dont nous n'avons jamais connaissance à moins que la zone concernée ne fasse l'objet d'une observation scientifique. Mais nous savons quels sont les sites où ils risquent de se produire.*

*Parmi les effets prévus des modifications climatiques, nombreux sont ceux qui portent directement sur la probabilité de pareilles catastrophes. Le plus important consiste en la stratification accrue des baies peu profondes à mesure que l'air et les couches d'eau supérieures se réchauffent. Plus les étés s'allongent, et plus durera la période de stratification stable.*

*Comme ces mortalités en masse résultent de la combinaison de causes naturelles et humaines, la prévention est possible. Il importe de veiller à ce que ces zones ne soient pas soumises à une surcharge en déchets et en engrais entraînant une consommation d'oxygène par eutrophisation.*



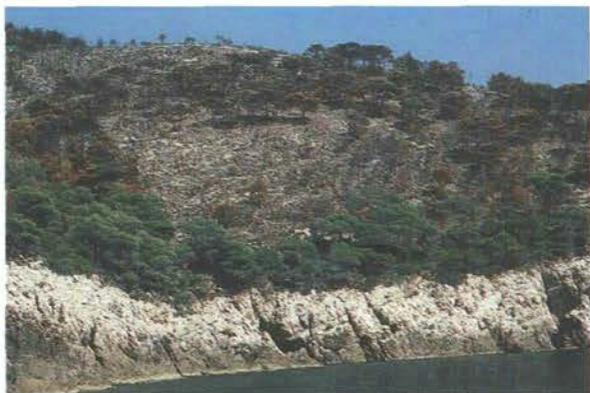
*Communauté d'ophiures  
dans le golfe de Trieste,  
avant et après quatre jours  
de stratification et de dé-  
ficit en oxygène.*



## V. Des parcs en péril

Le pourtour de la Méditerranée est riche en zones d'intérêt biologique et écologique, et c'est là que nombre des espèces migratrices d'Europe trouvent refuge. Environ 100 aires protégées sont situées dans la zone littorale, dans 15 des 18 pays.

De nombreuses réserves, avec leur flore et leur faune sauvages, sont menacées par les activités humaines en dépit des mesures de protection. Les changements climatiques pourraient aggraver ces menaces en augmentant la probabilité des incendies, en provoquant la salinisation des zones humides, en accroissant la turbidité des cours d'eau et des eaux côtières, et en modifiant les courants marins qui dispersent les eaux usées et les déchets industriels.



*Les incendies peuvent ravager les habitats jusqu'à la ligne des eaux.*

**Incendies.** Les incendies estivaux représentent un problème majeur pour de nombreux parcs nationaux. Les forêts du parc national d'El Kala, sur la côte nord-est de l'Algérie, sont confrontées à une menace constante d'incendie, comme le sont toutes les réserves côtières de la Grèce, et notamment le parc et réserve de la biosphère des gorges de la Samaria et la réserve naturelle de Vai sur l'île de Crète. Sont particulièrement exposés les parcs faisant l'objet d'une grande fréquentation touristique, tel le parc naturel régional de la Corse qui, avec une superficie de 220.000 hectares et un littoral

long de 75 km, occupe plus du tiers de l'île. Des parties de la réserve naturelle de Lokrum et du parc national de l'île de Mljet, près de Dubrovnik, en Yougoslavie, sont régulièrement dénudées par des incendies au cours de la saison touristique estivale qui est sèche.

Un autre exemple des dommages considérables qu'occasionne le feu nous est donné par le parc national de Dilek Yarimadasi, sur la côte occidentale de la Turquie, où les incendies de forêt ont grandement modifié la végétation. Une forêt entière a été détruite en 1943, et sept autres incendies importants se sont déclarés entre 1963 et 1979. Le pin maritime a disparu de la région ouest, et la paissance a eu sa part dans les ravages.

Le parc national de Beydaglari, en Turquie, nous offre l'exemple d'un parc méditerranéen ayant adopté des mesures efficaces de lutte contre les incendies pour protéger sa végétation riche et extrêmement endémique. Parmi les mesures en question, on relève un système d'alarme et de communication, un réseau de routes anti-incendie, une série de tours d'observation et une équipe formée à la lutte contre les incendies.

**Déforestation et surpâturage.** La coupe et le pâturage intensifs ajoutés aux dégâts causés par les incendies, ont laissé un maquis dégénéré au parc national de Zembra et Zembretta, deux petites îles montagneuses du golfe de Tunis. Les îles arides et rocailleuses du parc national de Kornati, en Yougoslavie, étaient autrefois couvertes de forêts à feuilles persistantes; aujourd'hui, la plupart sont presque dépouillées. Le surpâturage des lapins



*Bien que jadis couvert de végétation, le parc national de Kornati, en Yougoslavie, découvre une aridité saisissante au-dessus de la mer.*

affecte la réserve marine de l'île de Galiton, en Tunisie, tandis qu'au parc national libyen d'El Kouf les chèvres et les moutons sont les coupables.

**Dessiccation.** Des températures plus élevées pourraient causer une perte des réserves de zones humides qui sont sèches ou presque pendant l'été. On citera à titre d'exemple les deux réserves de gibier des lacs de Larnaca et de Limassol sur le littoral chypriote.

**Développement.** Dans de nombreux pays, le développement côtier a déjà grandement réduit les terres disponibles pour la flore et la faune sauvages. En Algérie, les zones humides du parc national d'El Kala sont en train d'être drainées et draguées. En Egypte, la construction de canaux d'irrigation et l'expansion agricole menacent la réserve naturelle de Bardaweel, une lagune d'une superficie de 60.000 hectares sur la côte méditerranéenne du nord de la péninsule du Sinaï.

On mentionnera également le parc national d'El Kouf, en Libye, dans une région relativement peuplée du nord-est qui offre la seule chaîne de montagnes naturellement boisée de la côte d'Afrique du Nord à l'est du golfe de Gabès. C'est un région aride, ayant une pluviométrie annuelle de 300 à 600 mm et des températures estivales atteignant 35°C, et qui est déjà frappée par le surpâturage. L'urbanisation est considérée comme une grave menace pour tous les parcs et réserves du littoral espagnol. Les marécages de la réserve humide de Reghaïa, en Algérie, subissent une forte pression de la part du tourisme, de la pollution industrielle et du braconnage.

**Eaux usées et déchets agricoles.** Tous les parcs d'Israël, y compris le parc et réserve naturelle du fleuve Alexander, entre Tel Aviv et Haïfa, sont vulnérables à la pollution par les eaux usées. C'est pareillement un problème chronique, en Italie, pour la réserve de la biosphère et parc national de Circeo, au sud de Rome, très variée et riche sur le plan écologique, qui est déjà classée comme zone humide d'importance internationale dans le cadre de la Convention Ramsar. Au sud de la Yougoslavie, au site du Patrimoine mondial de la baie de Kotor, les déchets industriels et domestiques ont été incriminés dans l'appauvrissement du secteur de la pêche commerciale.

Les herbiers, que l'on rencontre près du rivage, sont aisément altérés par des eaux turbides et polluées.



**Sédimentation.** Les herbiers de *Posidonia oceanica*, tels que ceux qui prolifèrent dans la réserve naturelle sous-marine de Monaco, sont abondants dans l'ensemble de la Méditerranée. Considérés comme un maillon déterminant du système méditerranéen, ils stabilisent et édifient le fond de la mer; ils fournissent de l'oxygène, produisent de la matière organique et alimentent la pêche; ils assurent un habitat et un vivier pour d'innombrables animaux marins; et ils protègent les plages et les côtes contre la houle des tempêtes et les courants érosifs.

La hausse du niveau de la mer et l'érosion accrue des côtes pourraient signifier la fin de nombreux herbiers de Posidonies en raison de la turbidité de l'eau et de la sédimentation. Les herbiers marins sont en diminution dans la réserve de pêche de Castellabate, en Italie, en partie à cause de l'érosion du sol. Et dans le golfe de Fos-Marseille (France), ils ont disparu de surfaces étendues.

**Hausse de la mer.** Une hausse de la mer pourrait compromettre les réserves humides qui sont séparées de la côte par une étroite bande terre, comme c'est le cas pour la réserve naturelle de Burano sur la côte toscane, déjà menacée par la pollution et les incendies, ainsi que pour la réserve naturelle de Bardaweel en Egypte.

La lagune d'Orbetello constitue l'un des nombreux écosystèmes de la Méditerranée qui sont particulièrement vulnérables à une hausse du niveau de la mer.

La réserve naturelle d'Orbetello est une lagune d'eau saumâtre qui se trouve au niveau de la mer, est séparée de cette dernière par deux longs et étroits cordons (ou *tomboli*) et est elle-même divisée en deux parties par un troisième cordon. La construction d'une marina a déjà entraîné l'érosion d'un *tombolo*, et l'aménagement de nouveaux ouvrages est prévu.



Plusieurs aires protégées sont situées dans des deltas où elles sont exposées au risque d'un recul du rivage et d'une hausse de la mer. Ces aires comprennent notamment: le delta de l'Ebre (Espagne); Bardaweel et El Arish-Rafal (delta du Nil); la Camargue (delta du Rhône) et le lac d'Ichkeul (alimenté par les cours d'eau tunisiens de la Djoumine, de la Rhezala et de la Sedjenane).

## *Delta de l'Ebre*

Ce delta réduit mais important, réputé pour sa production de riz et de coquillages, est d'un âge récent. Il a été essentiellement formé par le déboisement de la zone de drainage au cours du dernier millénaire avant lequel il n'était qu'un estuaire.

Deux des lagunes de la partie sud du delta sont classées comme aires protégées. De nombreux oiseaux migrateurs y transitent ou y hivernent. Dans la partie nord, 49 kilomètres carrés ont été déclarés parc naturel, et cinq sections du delta sont des zones d'une valeur écologique particulière.

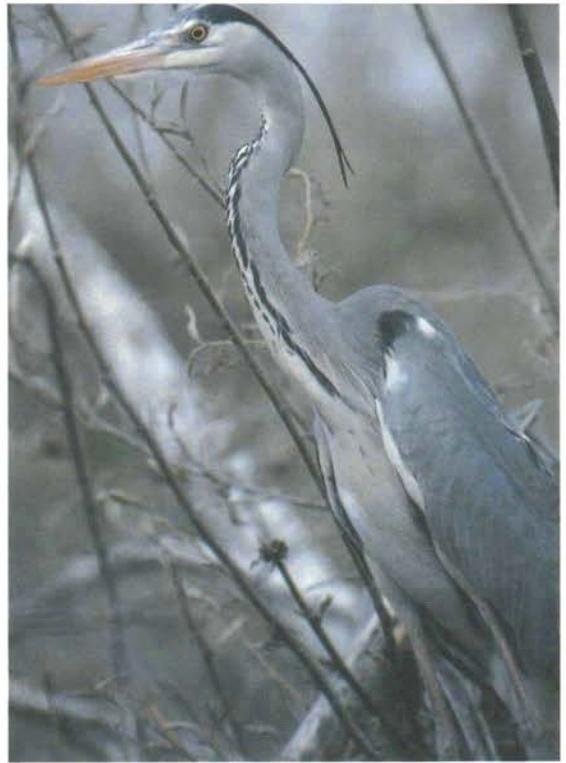
Les principales menaces qui s'exercent sur le delta et ses zones humides tiennent à l'érosion accrue du rivage et aux crues plus fréquentes qui peuvent endommager les sites de nidification des oiseaux migrateurs. Une élévation de la salinité des zones humides détruirait la flore existant actuellement.

Depuis 1970, la construction de barrages sur le cours de l'Ebre a presque totalement interrompu l'apport de sédiments au delta. Associé à d'autres modifications de l'embouchure du fleuve, cet effet a soumis les levées frontales et sud du delta à une érosion rapide. Il se peut que les baies se referment à mesure que le littoral reculera, ce qui aurait des répercussions sur la productivité marine de la zone.

Le delta de l'Ebre illustre de manière dramatique comment les activités humaines peuvent modifier la dynamique côtière en très peu de temps. Comme les changements attendus du climat et du niveau de la mer ne peuvent qu'aggraver l'état des choses, une réévaluation complète du bassin de l'Ebre est nécessaire si l'on tient à préserver les lagunes deltaïques et les zones humides.

## *Parc national d'Ichkeul*

Le parc national d'Ichkeul, en Tunisie, est l'un des plus importants sites d'Afrique du Nord pour l'hivernage de l'avifaune et il abrite de 200.000 à 300.000 oiseaux. Il a été déclaré site du Patrimoine mondial de l'UNESCO, réserve de la biosphère et site Ramsar. Il englobe un lac de 90 km<sup>2</sup> à salinité



*Les magnifiques oiseaux de la Méditerranée seront parmi les premiers à pâtir de la dégradation des habitats des zones humides. Ce héron gris a été vu au parc national de Kuskeneti en Turquie.*

Abandon d'un trésor: il est pratiquement certain que le lac d'Ichkeul deviendra un lac salé et peu profond.



variable selon les saisons et un marécage d'eau douce de 30 km<sup>2</sup>. Environ un tiers du lac est occupé par l'épi d'eau *Potamogeton pectinatus*, une plante aquatique qui est la principale nourriture des milouins, des siffleurs et des foulques en hivernage. Les marécages sont dominés par un jonc, *Scirpus maritimus*, aliment de base de l'oie cendrée.

Le lac est déjà en train de subir les effets du développement. Un canal a été creusé en 1985; il permet à l'eau de mer de pénétrer dans le lac de Bizerte voisin; la déforestation, la canalisation et l'exondation des terres ont eu d'autres incidences patentées. On a laissé le bétail surpâturer, ce qui a manifestement causé la mort par malnutrition de 18 buffles qui avaient été réintroduits dans les marécages en 1980. L'emploi massif d'engrais et de pesticides dans les champs environnants se traduira, prévoit-on, par un préjudice croissant pour les marécages.

Trois nouveaux barrages sur les cours d'eau alimentant le lac d'Ichkeul sont prévus d'ici l'an 2000. Près de 70 pour cent de leurs eaux seront détournées aux fins d'utilisation urbaine, industrielle, et d'irrigation.

L'impact le plus important sur le lac d'Ichkeul résultera de la réduction du débit des cours d'eau en raison de la construction de barrages et du réchauffement atmosphérique. Même si la libération d'eau par les réservoirs est soigneusement gérée, Ichkeul risque d'être complètement transformé en une *sebka* salée avec des espèces tolérantes au sel remplaçant la flore et la faune actuelles. Les tortues d'Ichkeul disparaîtraient presque aussitôt, et les mulets immatures ne disposeraient plus des plantes et des crustacés dont ils dépendent. Une pêche importante sur le plan national serait alors menacée.

Le projet de barrages risque d'occasionner un assèchement complet des marécages. Même si les marécages subsistent, leur végétation sera altérée par des modalités différentes d'inondation et de salinité de l'eau à mesure que le niveau de la mer montera. La végétation des marécages devrait se déplacer en altitude, et les espèces d'eau douce pourraient être restreintes aux lits des cours d'eau.

Les scientifiques sont pessimistes à propos des mesures de conservation et de gestion qui devraient permettre de sauvegarder le parc national d'Ichkeul, car ils redoutent les effets cumulatifs des barrages et des écarts climatiques prévus.

## *La Camargue:*

### *Les entreprises locales donnent un coup de main*

La Camargue est fameuse pour ses biotopes uniques, ses zones humides variées et l'importance qu'elle revêt comme lieu d'alimentation, de repos et d'hivernage pour des effectifs nombreux d'oiseaux migrateurs - dont au moins 323 espèces ont été recensées sur place.

Protégée depuis 1927, la région a été déclarée parc naturel régional de Camargue en 1972, et elle est devenue une réserve de la biosphère en 1977.

Dans maints endroits de la Méditerranée, le sel est encore récolté par évaporation de la saumure dans des puits salants de cristallisation construits au bord de la mer. Les puits salants abandonnés font d'excellentes lagunes artificielles qui peuvent être exploitées pour la reproduction et le développement d'oiseaux, de poissons et d'invertébrés. La réserve-zone humide de Ghadira, à Malte, offre l'exemple d'un pareil site.

L'extraction du sel a été pratiquée pendant plus d'un siècle en Camargue, et elle n'a eu qu'un faible impact sur la réserve. De fait, l'industrie salinière locale a commencé récemment à utiliser ses compétences techniques pour sauver les flamands roses de la région.

Les îles de Camargue au relief élevé offrent d'importants sites de reproduction pour 15 à 20.000 flamands roses. Le seul autre site connu en Méditerranée se trouve en Espagne, à Fuente de la Piedra, et on en compte moins de 35 dans le monde entier.

Dans les années 1960, nombreuses ont été les îles soumises à une érosion accélérée par les vagues poussées par le mistral; la reproduction des oiseaux en a été entravée. Plus récemment, une succession d'hivers exceptionnellement rigoureux ont entraîné une forte mortalité - 3.000 oiseaux sont morts en 1985.

Une association d'ornithologues sise à la station biologique de la Tour du Valat ainsi que le producteur de sel local, «Les Compagnies des Salines du Midi et des Salines de l'Est» (CSME), ont reconstitué des îles servant à la reproduction pour les oiseaux et ont créé de toutes pièces des îles artificielles. La compagnie salinière a maintenu un niveau constant dans une lagune peu profonde où les flamands roses ont niché avec succès depuis 1969.

L'oeuvre réalisée en Camargue constitue l'exemple encourageant d'une entreprise du littoral s'employant à aider l'un des plus précieux oiseaux de la Méditerranée. Elle montre comment on peut faire appel à la technique et à l'expérience des entreprises salinières si la hausse du niveau de la mer et le recul du rivage menacent les zones humides du littoral.

*Les flamands de Camargue: la protection des îles où ils se reproduisent contre une montée de la mer nécessitera peut-être un travail d'équipe.*



## VI. Un jeu serré

Que peuvent faire les pays méditerranéens pour se préparer à l'évolution du climat? Que devraient-ils faire, étant donné les problèmes auxquels ils sont déjà confrontés et les ressources limitées dont disposent nombre d'entre eux pour y répondre?

Ils peuvent y concourir en se joignant à d'autres pays pour s'attaquer aux causes du réchauffement mondial, dans l'espoir de maintenir à un niveau minimal son importance et ses effets. A l'instar d'autres pays, ils peuvent réduire les taux de combustion des combustibles fossiles, diminuer progressivement leur production et/ou utilisation de chlorofluorocarbones, appuyer les efforts internationaux pour la protection des forêts tropicales et promouvoir les formes d'énergie propres – énergie solaire, générateurs éoliens, réacteurs nucléaires plus sûrs et plus propres.

### Ce qu'il nous faut apprendre

La réunion de Split a recommandé qu'un modèle ou un scénario du changement climatique en Méditerranée soit mis au point. A cet égard, il convient de répondre à un certain nombre de questions:

Comment la circulation atmosphérique à grande échelle est-elle en rapport avec les caractères météorologiques locaux et régionaux?

Quels sont les mécanismes de la cyclogenèse?

Quelles sont les tendances relevées dans les précipitations, l'évapotranspiration et la survenue d'évènements exceptionnels?

Quelles sont les zones où la subsidence, le compactage, la sédimentation et les mouvements tectoniques provoquent des modifications du niveau relatif de la mer?

En outre, nous devons en apprendre davantage sur l'impact probable de l'évolution du climat sur les cours d'eau qui alimentent la Méditerranée, sur la circulation d'eau entre la Méditerranée et l'Atlantique, sur la dégradation du sol et sur la gestion des ressources en eau douce.

*L'eau douce à quel prix? Les nouveaux projets d'aménagement de barrages devraient être soigneusement évalués pour s'assurer qu'ils n'ont pas d'effets plus préjudiciables que bénéfiques. Sur la photo: le barrage du Litani sur le plus grand fleuve du Liban.*





*Le reboisement des bassins-versants méditerranéens est l'un des moyens de préserver le sol et de prévenir la sédimentation en aval.*

## Ce qu'il nous faut faire

D'une façon générale, les solutions techniques aux problèmes d'une montée de la mer - tels que des murs et des digues de grande ampleur - ne devraient être envisagées qu'en dernier ressort, car il est probable qu'elles ne seront pas économiquement réalistes à long terme. Bien qu'il puisse y avoir des exceptions, comme les cas de la baie de Salonique en Grèce et de la lagune de Venise, on devrait de préférence se tourner vers l'adaptation sociale et des modifications de l'utilisation des sols.

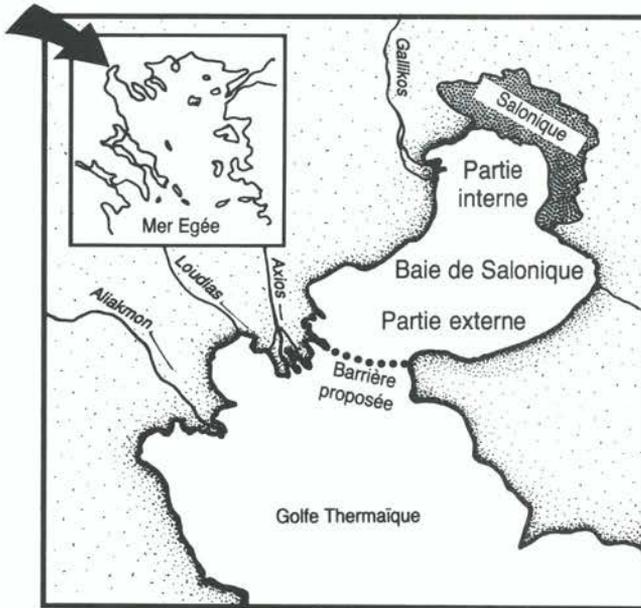
Par exemple, on devrait permettre aux terres exondées qui se trouvent actuellement sous le niveau de la mer, comme dans le delta du Pô, de retourner à leur état lagunaire antérieur qui se prête à la pêche et à l'aquaculture, tandis que les usines seraient déplacées à l'intérieur. Les lagunes serviraient de tampons de protection entre la mer et les terres plus élevées, et peut-être de réserves de flore et faune sauvages.

**Eau.** Les plans actuels de gestion de l'eau en Méditerranée devront être revus. Il conviendrait d'investir dans la construction de stations d'épuration et d'installations visant à protéger les eaux existantes contre la pollution. Les techniques permettant de réduire la consommation d'eau devraient être exploitées, comme par exemple les systèmes clos d'irrigation qui amènent l'eau à proximité des racines végétales. Les nouveaux barrages et autres projets de gestion de l'eau, qui ont souvent provoqué des dommages en aval dans le passé, devraient faire l'objet d'un réexamen très soigneux.

**Eaux usées.** De nouveaux réseaux d'assainissement devront être aménagés pour protéger la santé publique contre les effets d'une inondation des égouts par la mer, sans oublier les effets possibles de courants marins modifiés et d'une stratification plus fréquente des effluents évacués par les émissaires.

**Tourisme.** De nouvelles conceptions du tourisme balnéaire devraient être explorées afin de réduire au minimum l'impact de l'érosion et d'une hausse du niveau de la mer sur le tourisme estival.

**Conservation.** Il conviendra d'accorder une plus grande attention à la conservation du sol, des eaux souterraines et des ressources en zones humides. Les habitats côtiers - herbiers, lagunes, marécages et réseaux de dunes - devraient être protégés car ils contribuent à assurer la souplesse nécessaire pour maintenir la stabilité de l'environnement.



## Un dilemme technologique?

Quand est-ce que la construction de barrières contre la hausse du niveau de la mer est réalisable et rentable? La baie de Salonique pourrait se prêter à cette option.

Si le scénario climatique prévu se concrétise, cette région peut s'attendre à un grand nombre de conséquences fâcheuses.

La zone englobant la baie de Salonique et le golfe Thermaïque au nord de la Grèce, est semi-fermée et peu profonde; elle est alimentée par quatre fleuves: le Gallikos, l'Axios, le Loudias et l'Aliakmon.

La majeure partie de la côte se compose de terres basses et exondées. A mesure que la mer montera, il devrait se produire une inondation progressive, d'abord de l'étage intertidal, puis des deltas,

des lagunes et d'une partie des terres basses non protégées de la zone côtière industrielle du nord-ouest. Les usines et l'aéroport de Mikra, à situation basse, seraient alors exposés.

De même, les houles devraient facilement submerger les barrières de la ville de Salonique (un million d'habitants). Les murs du front de mer qui protègent aujourd'hui le port sont également insuffisants. La zone touristique, à l'est, pourrait être menacée par l'érosion.

La hausse prévue de la température pourrait provoquer une stratification dans la baie de Salonique, laquelle est déjà fortement polluée et le siège de processus d'eutrophisation et de déficit en oxygène au moment des tem-

Rassemblement de mouettes au-dessus d'une laisse de vase près du port de Salonique.





Les bateaux de pêche de la baie de Salonique restent désœuvrés depuis que la pollution a rendu dangereuse la consommation de poisson.

pératures maximales de l'été. La pêche a déjà été interdite dans la baie. Les modalités de la sédimentation pourraient également se modifier, bloquant la navigation dans le chenal.

Les pluies éparses de l'été pourraient disparaître. La réduction du volume des fleuves Axios et Aliakmon compromettrait les plans d'irrigation et d'aménagement de centrales hydroélectriques. L'agriculture de la plaine de Salonique pâtirait d'une chute de la fertilité et de l'humidité.

### **Une barrière à aménager**

Face à ces conséquences possibles aussi désastreuses, une solution audacieuse est proposée pour la zone de la baie. Elle consiste à isoler la baie de Salonique du golfe Thermaïque au moyen d'une barrière édifiée entre le delta de l'Axios et le cap M. Envolo (profondeur maximale de 7 m).

Cela nécessiterait d'édifier une barrière de 4,5 km de long en travers de l'accès de la baie, entreprise que l'on estime à la portée des ingénieurs de demain. La baie de Salonique deviendrait une lagune contrôlée avec des issues indispensables à la navigation et elle servirait de zone tampon entre le secteur littoral à situation basse et la mer en voie d'élévation. Il faudrait veiller avec soin à ce que la circulation de l'eau de mer et le déversement d'eaux usées dans le golfe Thermaïque adjacent restent normaux et que la lagune ne soit pas polluée davantage.

Des projets d'aménagement aussi grandioses représentent une solution exceptionnelle et que, pour des raisons économiques, la plupart des pays méditerranéens ne sauraient envisager. Mais quand les crédits sont disponibles, ce peut être un moyen de prévenir des pertes financières encore bien plus lourdes.

## *Il n'est jamais trop tôt*

Peut-être convient-il de qualifier le contenu de la présente brochure d'"hypothèses argumentées". On y expose ce qui pourrait arriver à la suite d'une certaine hausse de la température et des changements qu'elle entraînerait dans le niveau de la mer, les précipitations, les vents dominants et la circulation des océans.

Si ces hypothèses ne se réalisent pas et si le climat de 2025 est le même que celui d'aujourd'hui, rien n'aura été perdu: chacune des recommandations formulées par les scientifiques à la réunion de Split doit être appliquée face aux changements qui interviennent déjà dans le bassin méditerranéen. Il nous faut encore apprendre comment arrêter la dégradation du sol, gérer les ressources en eau douce, réduire la pollution de la mer et atténuer les effets exercés sur l'environnement côtier par l'expansion urbaine et industrielle. Il nous reste à obtenir une connaissance plus approfondie des systèmes méditerranéens - le sol, les cours d'eau, les zones humides et la mer - et de leurs rapports avec le climat de la région et du monde. Il nous faut apprendre comment intervenir de manière efficace en cas de catastrophes. Et il nous faut, en matière d'utilisation des sols, mettre au point des orientations qui ne suscitent ou n'exacerbent pas de problèmes écologiques.

Si les changements envisagés se produisent, ils aggraveront les problèmes de la Méditerranée et rendront encore plus urgentes les mesures recommandées. Ne pas nous y atteler dès maintenant serait inexcusable.

*Nous devons nous y mettre dès maintenant si nous voulons protéger la région de Fuente de la Piedra, en Espagne, ainsi que d'autres trésors de la Méditerranée, contre les effets du changement climatique.*



# RÉFÉRENCES

## Sources principales

Report of the Joint Meeting of the Task Team on Implications of Climatic Changes in the Mediterranean and the Co-ordinators of Task Teams for the Caribbean, South-East Pacific, South Pacific, East Asian Seas and South Asian Seas Regions, Split, 3-8 October 1988 (UNEP(OCA)/WG.2/25, 18 October 1988)

Baric, A., and F. Gasparovic, Implications of climatic changes on the socio-economic activities in the Mediterranean coastal zone (UNEP(OCA)/WG.2/12).

Corre, J.J., Implications of climatic changes on the Gulf of Lyon (UNEP(OCA)/WG.2/4E).

Elder, D., and A. Jeudy de Grissac, Effects of the sea-level rise on coastal ecosystems including those under special protection and threatened and migratory species (UNEP(OCA)/WG.2/5).

Flemming, N., Predictions of relative coastal sea-level change in the Mediterranean based on archaeological, historical and tide gauge data (UNEP(OCA)/WG.2/13).

Georgas, D., and C. Perissoratis, Implications of future climatic changes on the Inner Thermaikos Gulf (UNEP(OCA)/WG.2/9).

Hollis, G.E., Implications of climatic changes on the Garaet el Ichkeul and Lac de Bizerte, Tunisia (UNEP(OCA)/WG.2/a).

Imeson, A.C. and I.M. Emmer, Implications of climatic change on land degradation in the Mediterranean (UNEP(OCA)/WG.2/7).

Jelgersma, S., and G. Sestini, Impact of a future rise in sea level on the coastal lowlands of the Mediterranean (UNEP(OCA)/WG.2/10).

Le Houerou, H.N., Change in vegetation and land-use by the year 2050; a prospective study (UNEP(OCA)/WG.2/15).

Marino, M.G., Implications of climatic changes on the Ebro Delta (UNEP(OCA)/WG.2/3).

Sestini, G., Implications of climatic changes on the Po Delta and Venice Lagoon (UNEP(OCA)/WG.2/11).

Sestini, G., Implications of climatic changes on the Nile Delta (UNEP(OCA)/WG.2/14).

Sestini, G., L. Jeftic and J.D. Milliman, Implications of expected climate changes in the Mediterranean region: an overview. UNEP Regional Seas Reports and Studies No. 103, UNEP, 1989.

Simonett, O., GRID Nile delta case study (UNEP(OCA)/WG.2/8 Add.1).

Wigley, T.M.L., Future climate of the Mediterranean Basin, with particular emphasis on changes in precipitation (UNEP(OCA)/WG.2/6).

## Références complémentaires

UNEP/ICSU/WHO: Report of the International Conference on the assessment of the role of carbon dioxide and of other greenhouse gases in climate variations and associated impacts (Villach, 9-15 October 1985), WMO, 1986 (UNEP(OCA)/WG.2/Inf.4).

UNEP/IUCN: Draft directory of Marine and Coastal Protected Areas of the Mediterranean Region, May 1988.

WMO: Developing Policies for Responding to Climatic Change, a summary of the discussions and recommendations of the workshops held in Villach (28 September-2 October 1987) and Bellagio (9-13 November 1987), World Climate Impact Studies, April 1988.

WHO/UNEP/UNESCO: Interaction of the oceans with greenhouse gases and atmospheric aerosols. UNEP Regional Seas Reports and Studies No. 94, UNEP, 1988 (UNEP(OCA)/WG.2/Inf.5).

Hare, F. Kenneth, Climate Variations, Drought and Desertification (World Meteorological Organization: WMO No. 653, 1985).



*Une heure paisible dans le delta du Nil, près du Caire.*

*Cette brochure a été conçue et rédigée par Nikki Meith pour le Programme des Nations Unies pour l'environnement. Elle ne reflète pas nécessairement les vues officielles du PNUE ou de ses organismes coopérants.*

*Le PNUE tient à remercier les personnes et organisations suivantes pour leurs photographies: couverture: Anton Imeson; p.1: Andrej Avcin; p.2: UNICEF; p.3: André Maslennikov/WWF; p. 5: National Aeronautics and Space Administration (NASA) des Etats-Unis; p.6: PNUE, p.8: PNUE; p.9: (haut): FAO; p.9 (bas): Anton Imeson; p.10: Andrej Avcin; p.11: Marjan Richter; pp.12-13: Anton Imeson; p.14: Hartmut Jungius/WWF; p.15: UNESCO; p.16: Anton Imeson; p.17: Tibor Farkas; p.18: OMS; p.19: Udo Nessler/WWF; p.20: Michael Stachowisch; p.21: Hartmut Jungius/WWF; p.22: de haut en bas: Unipix/UNDRO, Kapareli Voiotias/UNDRO, UNDRO, Croissant rouge algérien/UNDRO; p.23: S.J. Kleinberg; p.24 (haut): P. Almasy/OMS; p.24 (bas): Kathy Patey; p.25: Frédy Mercav/WWF; p.26: PNUE/GRID; p.28 (haut): S.J. Kleinberg; p.28 (bas): Kathy Patey; p.29: Marjan Richter; p.30: Peter Hulm; p.31: Elizabeth Kemi/WWF; p.32: NASA; p.33: UNESCO; p.35: Michael Stachowisch; p.36: Marjan Richter; p.37: Andrej Avcin; p.38 (haut): Marjan Richter; p.38 (bas): Alessio Petretti/WWF; p.39: Tansu Gurpinar/WWF; p.40: Claude Charlet/WWF; p.41: Alessio Petretti/WWF; p.42: G. Tortoli/FAO; p.43: J.E. Clarke/WWF; pp.44-45: D. Georgas; p.46: Paul Géroudet/WWF; p.48: P. Almasy/OMS; p.4 de la couverture: Michael Stachowisch.*

*Pour de plus amples renseignements, contacter l'Unité de coordination du Plan d'action pour la Méditerranée du PNUE, 48 avenue Vassileos Constantinou, 11635 Athènes, Grèce.*

**Publié par l'Unité de coordination du Plan d'action pour la Méditerranée et le Centre d'activités du Programme des océans et zones côtières du Programme des Nations Unies pour l'environnement**

*Couverture (verso): Quel avenir pour la Méditerranée?  
L'heure est venue de choisir.*

