



**PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT
PLAN D'ACTION POUR LA MEDITERRANÉE**



MED POL

**LIGNES DIRECTRICES POUR L'APPLICATION DES MEILLEURES
PRATIQUES ENVIRONNEMENTALES (MPE) EN VUE
DE L'UTILISATION RATIONNELLE DES ENGRAIS
ET DE LA RÉDUCTION DES PERTES D'ÉLÉMENTS
NUTRITIFS PAR L'AGRICULTURE DANS
LA RÉGION MÉDITERRANÉENNE**



No. 143 de la Série des rapports techniques du PAM



Ministère de l'Environnement
Espagne



Gouvernement de la Catalogne
Ministère de l'Environnement

PNUE/PAM

Athènes, 2004

Note: Les appellations employées dans ce document et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du PAM/PNUE aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Le présent document a été établi dans le cadre du projet FEM "Détermination des actions prioritaires pour la poursuite de l'élaboration et de la mise en œuvre du Programme d'actions stratégiques pour la mer Méditerranée", sous la coordination de M. Ante Baric, directeur de projet.

La responsabilité de la conception et de l'élaboration du document a été confiée au CAR/PP.

Le CAR/PP a établi le projet de document avec la contribution de l'université de Lleida (Espagne). Le projet de document a été revu par deux experts extérieurs de l'IFA et de la FAO et adressé aux pays méditerranéens aux fins d'examen et d'observations. La version finale a été transmise à l'Unité de coordination du PAM/PNUE pour publication.

© 2004 Plan d'action pour la Méditerranée/Programme des Nations Unies pour l'environnement (PAM/PNUE)
P.O. Box 18019, Athènes, Grèce.

ISSN 1011-7148 paper. ISSN 1810-6218 online

Le texte de la présente publication peut être reproduit en tout ou en partie, et sous une forme quelconque, à des fins éducatives et non lucratives sans qu'il soit nécessaire de demander une autorisation spéciale au détenteur du copyright, à condition de faire mention de la source. Le CAR/PP souhaiterait recevoir un exemplaire de toute publication utilisant le présent document comme source.

Il n'est pas possible d'utiliser la présente publication pour la revente ou à toutes autres fins commerciales sans en demander au préalable l'autorisation par écrit au PAM/PNUE.

À des fins bibliographiques, citer le présent volume comme suit:

PAM/PNUE-CAR/PP: Lignes directrices pour l'application des meilleures pratiques environnementales (MPE) en vue de l'utilisation rationnelle des engrais et de la réduction des pertes d'éléments nutritifs par l'agriculture dans la région méditerranéenne. N°143 de la Série des rapports techniques du PAM/PNUE, Athènes, 2004.

La Série des rapports techniques du PAM s'ordonne autour des grands thèmes suivants:

- Réduction de la pollution
- Préservation des ressources naturelles et culturelles
- Gestion des zones côtières
- Intégration de l'environnement et du développement

AVANT-PROPOS

Les États riverains de la mer Méditerranée, conscients de leur obligation de préserver et développer la région de manière durable, et reconnaissant la menace que fait peser la pollution sur le milieu marin, sont convenus, en 1975, de lancer un Plan d'action pour la protection et le développement du Bassin Méditerranéen (PAM) sous les auspices du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et, en 1976, de signer une Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution (Convention de Barcelone). La Convention est entrée en vigueur en 1978 et a été modifiée en 1995.

Reconnaissant que la pollution provenant d'activités et de sources situées à terre avait le plus fort impact sur le milieu marin, les Parties contractantes à la Convention de Barcelone ont signé en 1980 un Protocole relatif à la protection de la mer Méditerranée contre la pollution d'origine tellurique (Protocole "tellurique"). Le Protocole est entré en vigueur en 1983 et il a été révisé en 1996 de manière à mieux couvrir les sources de pollution et activités industrielles et à élargir son champ d'application en y englobant le bassin hydrologique.

Un Programme d'actions stratégiques (PAS MED) visant à combattre la pollution due à des activités menées à terre, qui représente l'adaptation régionale des principes du Programme d'action mondial (GPA) du PNUE destiné à lutter contre les activités polluantes basées à terre, a été adopté par les Parties contractantes à la Convention de Barcelone en 1987, dans le prolongement des dispositions du Protocole "tellurique" révisé. Le PAS MED recense les principaux problèmes de pollution de la région, indique les mesures possibles pour y remédier, évalue le coût de ces mesures et établit un plan de travail assorti d'un calendrier d'application.

Pour aider les pays méditerranéens à mettre en œuvre le PAS MED dans le long terme, et en particulier à formuler, adopter et appliquer des Plans d'action nationaux (PAN), un Projet FEM d'une durée de trois ans intitulé "Détermination des actions prioritaires pour la poursuite de l'élaboration et de la mise en œuvre du Programme d'actions stratégiques pour la mer Méditerranée" a été mis à exécution par le PAM, et en particulier par le programme MED POL, les Centres d'activités régionales du PAM et l'OMS/EURO. Le Projet se compose de nombreuses activités qui comportent, entre autres, la préparation de lignes directrices régionales et de plan régionaux dont l'objet principal est de guider et d'aider les pays à atteindre les objectifs de réduction de la pollution spécifiés dans le PAS MED.

Le présent document s'inscrit dans les publications de la Série des rapports techniques du PAM qui comprennent tous les ensembles de lignes directrices et plans régionaux établis dans le cadre du Projet FEM pour la mise en œuvre du PAS MED.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1. Introduction et portée des lignes directrices	1
1.1 Exposé général du problème	1
1.2 Buts et portée des lignes directrices	3
2. Principaux impacts environnementaux des engrais utilisés dans l'agriculture	5
3. Systèmes agricoles et utilisation des engrais chimiques et organiques dans les pays du PAM	5
4. Engrais chimiques et engrais organiques utilisés dans l'agriculture: origines, caractéristiques et comportement	7
4.1 Engrais chimiques azotés	7
4.2 Engrais organiques	7
5. Meilleures pratiques environnementales	10
5.1 Gestion des éléments nutritifs	10
5.2 Réduction des émissions d'éléments nutritifs dans l'atmosphère	15
5.2.1 Réduction des émissions d'ammoniac	15
5.2.2 Réduction des émissions d'oxydes d'azote	37
5.3 Application des engrais	41
5.4 MPE connexes	61
5.5 MPE propres à certains systèmes agricoles	67
5.5.1 Production maraîchère intensive	67
5.5.2 Systèmes d'élevage intensif	68
5.5.3 Systèmes extensifs sur terres arides	77
5.6 MPE pour les zones présentant un excédent d'éléments nutritifs ou une qualité environnementale élevée	78
6. Discussion générale	83
6.1 Introduction	83
6.2 Cadre d'une mise en œuvre efficace des MPE	83
6.2.1 Planification de l'utilisation des sols	83
6.2.2 Normes environnementales	84
6.2.3 Éducation, formation et conseils techniques	84
6.2.4 Sensibilisation aux problèmes d'environnement et au rôle socio-économique de l'agriculture	85
6.2.5 Gestion intégrée des éléments nutritifs	85
6.2.6 Problèmes d'environnement liés aux éléments nutritifs (N, P) et autres processus de dégradation des sols dans les pays du PAM	86
6.3 MPE retenues	86
6.3.1 Visées générales des MPE retenues	86
6.3.2 Mesures visant à favoriser l'adoption des MPE par les exploitants agricoles	86
6.3.3 Situation concernant les MPE retenues	87
6.3.4 Ensemble de MPE pour chaque situation et nécessité de les intégrer	87
6.3.5 Plafonds techniques et paradoxes économiques	87

7.	Références.....	88
	• Sites web consultés pour l'élaboration des présentes lignes directrices.....	111

Annexes

Annexe 1	Utilisation des sols et production agricole (terres arides et irriguées) dans les pays du PAM.....	117
Annexe 2	Données climatiques de quelques stations météorologiques dans les pays du PAM	127
Annexe 3	Terres irriguées dans les pays du PAM.....	128
Annexe 4	Consommation d'engrais (N, P, K) dans les pays du PAM.....	129
Annexe 5	Élevage et effectifs animaux des exploitations d'élevage intensif dans les pays du PAM	131
Annexe 6	Bonnes pratiques agricoles adoptées dans les pays du PAM ou dans d'autres régions à climat de type méditerranéen.....	132
Annexe 7	Importations-exportations de produits agricoles de base dans les pays du PAM	134
Annexe 8	Effets d'une surcharge de l'eau en éléments nutritifs	136
Annexe 9	Situation générale de la pollution des eaux liée à l'utilisation d'engrais agricoles et autres perturbations des écosystèmes	138
Annexe 10	Processus de volatilisation de l'ammoniac et d'émission d'oxydes d'azote liés à l'utilisation d'engrais agricoles	145
Annexe 11	Glossaire	147

1. INTRODUCTION ET PORTÉE DES LIGNES DIRECTRICES

1.1 Exposé Général du Problème

L'agriculture dans les pays participant au Plan d'action pour la Méditerranée (PAM) ⁽¹⁾ comprend un large éventail de situations tant au point de vue de la production que de celui de l'environnement. Le terme de "méditerranéen" pourrait donner à penser qu'un trait commun de ces pays est un climat du même nom ⁽²⁾; mais cela n'est pas vrai dans la mesure, par exemple, où un pays comme la France comprend une région importante sous l'emprise d'un climat océanique et que la plupart des pays de la rive sud ont un climat de type désertique. Par commodité, nous nous attacherons aux zones de ces pays caractérisées par un climat méditerranéen ou similaire, bien que la plupart des meilleures pratiques environnementales (MPE) retenues puissent être appliquées dans d'autres zones.

Dans l'ensemble, la production agricole de tous ces pays est limitée par la pénurie d'eau (annexe 2), même si certaines régions ont des limitations dues à la température, comme les Pyrénées et que d'autres constituent des hautes montagnes. Comme il existe très peu de régions où les conditions d'humidité et de température soient optimales, l'agriculture très productive repose sur l'irrigation (annexes 1 et 3) dans la plupart des cas.

L'utilisation massive d'eau aux fins d'irrigation dans les pays du PAM confère à la problématique de l'eau une dimension différente que dans les pays d'Europe du Nord où l'irrigation⁽³⁾ est très limitée. Le bilan hydrique présente un déficit plus élevé dans les pays du PAM disposant de moindres ressources en eau, ce qui complique la réalisation de certains objectifs environnementaux (zones humides, nitrates dans les eaux souterraines, etc.) et accentue encore la gravité des pertes d'éléments nutritifs au cours des activités agricoles.

Les pays du PAM connaissent également des processus de dégradation des sols qui leur sont spécifiques. Bien que la désertification – un processus mal défini et imparfaitement compris – mérite d'occuper la première place dans les médias et l'arène politique, divers processus comme l'érosion, l'appauvrissement du sol en matière organique, la salinisation, le compactage et la modification de l'utilisation des sols sont les véritables facteurs déterminants de la dégradation des sols et devraient être envisagés en premier quand un ensemble de meilleures pratiques environnementales (MEP) concernant les engrais sont mises à l'essai.

La concentration spatiale de la fertilité est l'un des préalables au développement d'une agriculture productive. L'enrichissement en éléments nutritifs a été le défi posé à tous les systèmes agricoles; toute une série de techniques ont été utilisées, toujours adaptées aux conditions locales, et, de fait, les civilisations anciennes ont évolué près des grands fleuves, là où existait un système naturel de recharge de la fertilité du sol (comme les crues du Nil). C'est seulement à la fin du XIX^e et au début du XX^e siècle, mais surtout à partir de 1950, que le problème de la pénurie d'éléments nutritifs dans le sol a été résolu, permettant un accroissement spectaculaire des rendements.

Les systèmes agricoles sont très différents selon les pays. Dans les pays économiquement les plus développés (Espagne, Israël, Italie, France, Grèce) existent les systèmes les plus

⁽¹⁾ Le PAM regroupe les pays suivants: Albanie, Algérie, Bosnie-Herzégovine, Croatie, Chypre, Égypte, Espagne, France, Grèce, Israël, Italie, Liban, Libye, Malte, Maroc, Monaco, Serbie-et-Monténégro, Syrie, Tunisie et Turquie.

⁽²⁾ Le climat de type méditerranéen peut se définir comme un climat à pluviométrie limitée avec des températures suffisantes pour permettre la culture de plantes la plus grande partie de l'année. Il se caractérise avant tout par une période sèche en été et une période pluvieuse en hiver.

⁽³⁾ L'Irrigation a une signification différente dans les pays d'Europe du Nord et ceux de la Méditerranée. Dans les premiers, il s'agit d'une irrigation de complément; dans les seconds, elle nécessite de grosses quantités d'eau.

industrialisés, avec des apports élevés de fertilisants et de pesticides et des zones de forte densité en animaux d'élevage; dans certains autres (Albanie, Algérie, Maroc, Syrie, etc.), l'agriculture extensive domine, avec des apports minimes de fertilisants et un faible degré de concentration des animaux d'élevage (annexes 4 et 5). Cependant, les systèmes extensifs avec très peu d'apports de fertilisants sont assez courants sur de vastes étendues de la quasi totalité des pays du PAM, et l'essor des exploitations horticoles et/ou des cultures de serre gagne aussi les pays moins développés.

Les systèmes agricoles ⁽⁴⁾ sont de nature dynamique et résultent en fait de l'adaptation continue aux évolutions socio-économiques. La bonne gestion des sols n'est possible que dans le cadre d'un système agricole bien établi où les exploitants sont conscients du rôle qui est le leur pour le maintien d'une haute qualité de la terre; les systèmes agricoles à transformation rapide et peu productifs, où le sol sert de ressource ultime pour survivre ou pour répondre aux normes de productivité élevées qu'appelle l'élévation du niveau de vie dans d'autres secteurs d'activité qui suscitent un exode rural, conduisent souvent à la dégradation des sols.

Les pertes dans l'environnement d'éléments nutritifs provenant des fertilisants utilisés dans l'agriculture ont eu des incidences sur plusieurs parties des écosystèmes (cf. section 2 "Principaux impacts sur l'environnement"). Il est manifeste qu'une meilleure gestion des engrais s'impose. Nous utilisons le terme d'"engrais" au sens large, qui englobe toutes les matières contenant des éléments nutritifs utiles aux végétaux employées dans l'agriculture, à savoir les engrais minéraux et les engrais organiques. L'accent sera mis sur N et P, car ce sont les éléments nutritifs d'origine anthropique qui ont l'impact le plus marqué sur l'écosystème (naturel ou modifié par l'homme).

Un ensemble de meilleures pratiques environnementales (MPE) devraient reposer sur une utilisation rationnelle des engrais et devrait viser à:

A- Maintenir/accroître la production agricole

Plusieurs des pays du PAM ne sont pas autosuffisants en produits agricoles de base (annexe 7); en pareil cas, ce sont des terres marginales, sujettes à la dégradation, qui sont cultivées

Le maintien d'une productivité élevée dans les meilleurs sols permet d'épargner des terres pour une amélioration de l'environnement et d'autres fonctions de l'agriculture. Pour la plupart des espèces cultivées, la production finale est en relation directe avec la quantité d'eau (évapo)transpirée par la culture; une telle relation a été décrite pour la première fois par de Wit (1992). Une bonne gestion des cultures (lutte contre les adventices, calendrier des activités agricoles, etc.), mais en particulier la gestion des éléments nutritifs, améliorent cette relation.

Ainsi, à de nombreux points de vue (économique, social, environnemental), l'obtention et le maintien d'une bonne productivité du sol, qui ne sont possibles qu'avec l'utilisation d'engrais restituant au sol les éléments nutritifs exportés par les cultures, constituent la meilleure situation.

⁽⁴⁾ On entend par système agricole un complexe de relations entre la terre (sol, climat, hydrologie, végétation, etc), le travail et le capital dans un certain environnement économique et socio-politique contrôlé par un gestionnaire (exploitant agricole) ou groupe de gestionnaires en vue d'obtenir certains produits.

B- Réduire au minimum les pertes dans l'environnement (sol, eau et air) en concourant ainsi à améliorer la qualité du milieu

Les éléments nutritifs provenant de différentes matières contenant des fertilisants utilisées dans l'agriculture peuvent se perdre dans l'environnement. Certaines de ces pertes sont inévitables car le système est intrinsèquement inefficace, et sont donc appelées "pertes inévitables"; dans les conditions actuelles de la technologie, il n'est pas possible de les réduire en deçà d'un certain seuil.

Le risque de pertes est même plus grand dans des systèmes agricoles caractérisés par une pluviométrie irrégulière ou une mauvaise gestion agricole.

L'amélioration de l'environnement sera obtenue par:

- Le recours à des sous-produits agricoles comme fertilisants.
- L'utilisation de déchets urbains et industriels comme sources d'éléments nutritifs pour les végétaux, et de matière organique pour maîtriser la fertilité du sol.
- La séquestration du carbone: grâce à l'augmentation de la teneur du sol en matière organique.
- La qualité du sol.

C- Réduire les apports énergétiques et l'utilisation des ressources naturelles pour la production d'engrais.

Les engrais chimiques nécessitent de l'énergie et des ressources minérales pour leur fabrication. D'un point de vue environnemental, limiter leur utilisation est la meilleure option, et cela n'est possible que par une utilisation efficace de tous les éléments nutritifs disponibles.

D- Éviter les nuisances

Les nuisances associées à l'emploi des engrais, et en particulier des engrais organiques, devraient être réduites au minimum.

E- Ne pas exposer la santé humaine

Une mauvaise utilisation des engrais peut faire peser un risque sur la santé humaine dans certains cas. Une gestion avisée des engrais devrait éviter que de pareils cas ne se produisent.

Une approche rationnelle de l'utilisation des engrais chimiques et des engrais organiques implique que l'on envisage l'aspect productivité mais aussi les effets indésirables des pratiques agricoles. En outre, le facteur concentration, lequel, en termes d'échelle, signifie un accroissement de la productivité, devrait être contrebalancé par les autres fonctions pédologiques et agricoles. Ce qui revient, dans de nombreux cas, à accepter un certain plafond de productivité en fonction d'une capacité de charge définie en termes de caractéristiques d'écosystème, naturel ou modifié par l'homme, et des normes environnementales qui en découlent.

1.2 Buts et Portée des Lignes Directrices

Les présentes lignes directrices portent sur un ensemble complet de MPE relatives aux engrais utilisés dans les différents systèmes agricoles existant dans les pays du PAM. Comme il a été dit plus haut, l'on ne se limitera aux engrais minéraux mais l'on prêtera

attention à tous les éléments nutritifs utilisés dans l'agriculture⁽⁵⁾ car une approche globale de cette nature est le seul moyen d'obtenir de l'efficacité dans l'emploi des éléments nutritifs en réduisant de cette façon les émissions dans l'environnement.

Les lignes directrices ont pour objet, en partant des caractéristiques des systèmes agricoles des pays du PAM et des problèmes d'environnement liés à l'emploi de fertilisants dans l'agriculture, d'identifier et d'examiner un ensemble complet de MPE.

L'approche adoptée lors de l'examen des MPE consistera à envisager les systèmes agricoles du futur en les adaptant aux évolutions prévisibles des systèmes actuels dans la région. Perçue dans cette optique, l'approche revient clairement à procéder à un ajustement très précis des systèmes agricoles.

Dans ce contexte, on entend par "meilleures pratiques environnementales" l'adoption d'une approche globale (voir annexe 11 "Terminologie"), laquelle revient, au plan pratique, si on l'applique aux systèmes agricoles, à prendre en compte à la fois la productivité et la conservation des ressources naturelles (sol, air, eau, énergie, biodiversité) et des écosystèmes.

Les MPE ont pour objectif général une utilisation efficace des éléments nutritifs, autrement dit elles consistent à :

- a. réduire/réduire au minimum les émissions dans l'environnement (eau, air et sol) des éléments nutritifs utilisés dans l'agriculture;
- b. limiter les impacts de ces émissions sur les écosystèmes (tant naturels que modifiés par l'homme);
- c. maintenir les niveaux de production en sorte que l'agriculture reste une activité économique lucrative;
- d. préserver/restaurer la fertilité du sol en évitant d'extraire des éléments nutritifs de celui-ci.

Les MPE consistent à recourir aux technologies disponibles les plus propres, les moins polluantes. Elles sont centrées sur N et P car ce sont, à ce jour, les éléments les plus antagoniques. D'autres éléments, comme les métaux lourds, ne sont pas traités dans ces lignes directrices car ils restent limités à des cas très spécifiques.

Certains types d'agriculture LISA ("Low Input Sustainable Agriculture", ou agriculture durable à faibles intrants), notamment ceux à apports organiques, pourraient être considérés comme des MPE en soi. On peut en dire autant de l'agriculture intégrée.

Cependant, les présentes lignes directrices ne constituent pas en elles-mêmes un "ensemble complet" de pratiques agricoles ou une orientation particulière de l'agriculture. L'accent est mis sur telle ou telle MPE; pour chaque situation, une combinaison particulière de MPE sera la meilleure solution et devrait être choisie par les parties prenantes et les décideurs intervenant dans la zone considérée.

Comme certains des buts susmentionnés sont contradictoires au regard de chaque situation (système agricole), il convient de trancher; dans certains cas, pour maintenir de bonnes normes environnementales, il est nécessaire de diminuer légèrement la production.

⁽⁵⁾ Cultures et produits d'élevage; comprend aussi les terres de pâture soumises à une fertilisation artificielle.

2. PRINCIPAUX IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DES ENGRAIS UTILISÉS DANS L'AGRICULTURE

Les présentes lignes directrices portent à la fois sur les engrais minéraux et les engrais organiques (fumier solide, purin et lisier, compost, boues d'épuration, etc.). L'on s'attachera à l'azote et au phosphore car ce sont les éléments nutritifs d'origine anthropique essentiels en raison de leurs incidences sur l'environnement, spécialement sur l'air et l'eau. Jusqu'à présent, au point de vue environnemental, l'on s'est surtout intéressé à l'eau (directive "nitrates" 91/676/CEE) mais, de plus en plus, ce sont l'air (directive 2001/81/CE concernant les émissions de certains contaminants atmosphériques) et le sol (vers une stratégie thématique de protection des sols, COM 2002, 179 final) qui retiennent l'attention.

L'on trouvera aux annexes 8 à 10 des renseignements sur les impacts des engrais et de leurs éléments nutritifs sur l'environnement dans les pays du PAM. Il convient de noter que la mer Méditerranée proprement dite, étant une masse d'eau pauvre en éléments nutritifs, ne semble pas être très sensible à ces impacts environnementaux; cependant, certaines zones (Adriatique, quelques sections du littoral, etc.) sont davantage affectées.

Un examen détaillé de ces impacts déborderait du cadre des présentes lignes directrices; le lecteur intéressé est donc renvoyé aux nombreux manuels et rapports publiés sur cette question.

Les principales espèces chimiques provenant des engrais utilisés dans l'agriculture et susceptibles de porter atteinte à l'environnement sont:

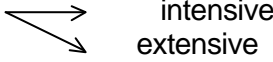
- Les nitrates. Ils causent avant tout une pollution des eaux souterraines. Ces eaux deviennent impropres à la préparation d'eau potable. Dans les zones côtières, les nitrates peuvent contribuer aux phénomènes d'eutrophisation et d'hypoxie.
- Ammoniac. Il se redistribue dans le paysage et est transporté à longue distance. Est à l'origine de pluies acides.
- NO_x et NO₂: donnent naissance aux gaz à effet de serre et il est admis qu'ils portent atteinte à la couche d'ozone.
- Phosphore. Responsable de phénomènes d'eutrophisation dans les eaux intérieures.

3. SYSTÈMES AGRICOLES ET UTILISATION DES ENGRAIS CHIMIQUES ET ORGANIQUES DANS LES PAYS DU PAM

Les systèmes agricoles existant dans les pays du PAM sont très variés en raison de la très grande diversité des climats (annexe 2), des sols⁽¹⁾ et des situations socio-économiques et politiques. Cependant, la plupart d'entre eux ont un rendement limité par l'eau, ce facteur - la disponibilité en eau - étant le principal facteur limitatif des cultures.

À titre préliminaire, l'on peut classer comme suit les systèmes agricoles:

⁽¹⁾ Comme l'a fait observer Mancini (1967), il n'y a pas lieu de parler de "sols méditerranéens". Bien que ces sols puissent avoir en commun une série caractéristiques, il est possible de trouver des sols similaires dans d'autres régions du monde. Mashali (2000), Roquero (1979) et d'autres auteurs soulignent les caractéristiques communes suivantes: des teneurs élevées en CaCO₃, des altérations salines, une proportion plus grande de sols pierreux, peu profonds, avec, très souvent, des conditions sèches.

- Systèmes agricoles en terres arides
 - Céréales, faibles intrants
 - Vignobles
 - Olives
 - Amandes
 - Cultures mixtes
 - Toutes les cultures ci-dessus + élevage intensif
- Systèmes agricoles en terres irriguées
 - Cultures mixtes
 - Arbres fruitiers
 - Agrumes
 - Monoculture céréalière
 - Certaines de ces cultures + élevage intensif
 - Horticulture
 - (Cultures maraîchères) 
 - Horticulture hors-sol
- Systèmes de pâturage
- Exploitations d'élevage intensif

Engrais chimiques

Le facteur "eau" limitant les rendements de nombreuses zones des pays du PAM empêche d'utiliser de fortes quantités de produits chimiques par hectare (annexe 4); c'est vrai notamment si l'on compare avec certains pays nordiques (par exemple, les Pays-Bas et la Belgique). Cependant, pour les terres irriguées, et en particulier pour la production maraîchère, d'importantes quantités d'éléments nutritifs sont utilisées par hectare.

Il existe de grandes différences entre les pays (annexe 4) et au sein d'un même pays dans certains cas. Les situations techniques, sociales et économiques sont très différents; ainsi les raisons de recourir aux engrais sont-elles également différentes. Dans certains cas, des facteurs environnementaux (directive "nitrates") peuvent jouer un rôle, dans d'autres, ce sont les retombées du système économique qui sont déterminantes.

Dans les pays d'Afrique du Nord et de Méditerranée orientale appartenant au PAM, les taux d'application d'engrais chimiques sont très faibles, et il est certain qu'une extraction des éléments nutritifs du sol de même qu'un appauvrissement de sa manière organique se produisent en de nombreuses régions. En pareil cas, le recours aux engrais chimiques est une solution avisée avec des effets bénéfiques tant au plan de la production qu'à celui de l'environnement.

Engrais organiques

La disponibilité d'engrais organiques est liée avant tout à l'existence d'un cheptel important (annexe 5) et, accessoirement, à celle d'agglomérations urbaines où d'importantes stations d'épuration des eaux usées produisant des quantités significatives de boues d'épuration et de compost.

À l'intérieur des pays, il existe plusieurs zones qui se caractérisent par d'importantes concentrations d'animaux d'élevage, notamment porcin (ITP, 2001) mais aussi avicole et laitier. Ces zones à forte concentration de cheptel et d'ateliers d'engraissement sont celles où le risque d'émission d'éléments nutritifs dans l'environnement est le plus grand. La spécialisation de l'agriculture avec la séparation (spatiale ou non) des entreprises d'élevage et des entreprises de culture accroît ce risque.

En pareil cas, les apports d'éléments nutritifs excèdent leurs sorties et le recyclage interne est médiocre.

4. ENGRAIS CHIMIQUES ET ENGRAIS ORGANIQUES UTILISÉS DANS L'AGRICULTURE: ORIGINES, CARACTÉRISTIQUES ET COMPORTEMENT

La présente section expose les principaux engrais qui sont ou peuvent être utilisés dans les zones de la Méditerranée plutôt que de présenter une liste exhaustive des produits disponibles dans ces pays. Selon leur origine, ils peuvent être classés en engrais minéraux ou engrais organiques. Il existe certains engrais spéciaux connus comme engrais retard (à libération progressive d'azote), qui sont mentionnés comme l'une des MPE spécifique à certains systèmes agricoles.

4.1 Engrais Chimiques Azotés

Les engrais minéraux azotés sont classés selon la forme que revêt l'azote: nitrates, ammonium, ammo-nitrates et ammoniac.

Engrais à nitrates: les nitrates sont des sels très solubles. L'azote des nitrates est facilement disponible pour les végétaux et il est la forme de N que la plupart d'entre eux préfèrent. Les nitrates peuvent être lessivés par percolation des eaux bien que l'alternance de périodes sèches puisse entraîner un net mouvement d'ascension capillaire. Ils sont recommandés pour satisfaire une demande de culture rapide, le plus souvent au printemps, mais aussi lors des périodes de pluies sporadiques dans les zones arides et pour fractionner les applications de N.

Engrais à ammonium: le cation ammonium des sels d'ammonium n'est pas très mobile dans les sols; quand il est dissous, il est en grande partie adsorbé par échange de cations dans les sols; tantôt les ions ammonium peuvent rester en solution dans le sol, tantôt ils peuvent être fixés. L'ion ammonium peut être utilisé directement par les végétaux, le plus souvent aux premiers stades de la croissance. L'ion ammonium dans les sols s'oxyde en nitrate. Ce processus peut prendre des jours ou des semaines. Les engrais à base d'ammonium sont recommandés en automne ou en hiver ou pour des cultures à cycle long.

Engrais à ammo-nitrates: ils associent dans un seul produit les caractéristiques des engrais à ammonium et des engrais à nitrates.

Engrais à ammoniac: l'ammoniac est obtenu à partir de l'hydrogène naturel et de l'azote de l'air. Il a donc un coût énergétique important. Il est le premier produit de toute fabrication d'engrais azotés. L'ammoniac est soluble dans l'eau et, en raison de sa polarisation, il est adsorbé sur l'argile ou la matière organique.

4.2 Engrais Organiques

Les engrais organiques azotés consistent en déjections animales soit seules soit associées à des constituants de litière, habituellement de la paille, en quantités variables et à divers stades de décomposition. D'autres produits organiques sont considérés comme des engrais organiques azotés tels que les boues d'épuration, le compost à base de diverses matières premières comme le sang séché, les résidus urbains et d'autres sous-produits. Les différences entre ces engrais peuvent être reliées à la différence du taux de minéralisation azotée. La relation entre la teneur en carbone et en azote de la matière organique est considérée comme un indicateur du taux de minéralisation potentielle.

Les engrais organiques azotés à rapport C/N faible (inférieur à 8), comme le lisier de porc, présentent une évolution rapide de l'azote (minéralisation dans un délai de trois à cinq semaines). Les engrais organiques azotés à rapport C/N élevé comme le fumier de ferme avec de la paille (supérieur à 8) présentent un taux de minéralisation plus faible en fonction de la répartition de différents produits carbonés. Néanmoins, il existe quelques associations:

déjections-produits carbonés avec un carbone à dégradation difficile qui peuvent être considérées comme des engrais organiques à transformation rapide de l'azote.

Tableau 4.1
Engrais azotés minéraux

Type d'engrais azoté minéral	Teneur en N %	Indice de salinité	Indice de salinité par unité de N	Action sur le pH du sol	Observations
I. Engrais à nitrates					
Nitrate de sodium NaNO_3	15	100	6,06	Basique	Teneur en Na de 25 %. Des ions Na additionnels ne sont pas recommandés dans les milieux arides et semi-arides
Nitrate de calcium $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15			Basique	19 % de Ca. Généralement recommandé pour les sols acides, qui ne se rencontrent pas fréquemment dans les pays méditerranéens. Degré hygroscopique élevé, un avantage pour l'absorption par les plantes pendant les périodes de sécheresse
Nitrate de potassium KNO_3	13	74	5,34		36 – 38 % de K. Coût élevé. L'utilisation de K par les plantes ne contribue pas à la charge de salinité. Le faible rapport N/K respecte les besoins des plantes
II. Engrais à ammonium					
Sulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	20	69	3,25	Acide	23 – 24 % de S. Des pertes d'ammoniac (jusqu'à 30 %) peuvent être relevées sur les sols calcaires à la suite d'épandage sur des surfaces humides
III. Engrais à ammonium – nitrates					
Nitrate d'ammonium NH_4NO_3	35	105	2,99	Acide	Lors de l'épandage sur les sols calcaires, les pertes d'ammoniac sont plus réduites qu'avec le sulfate d'ammonium.
Nitro-chaux (nitrate d'ammonium avec du calcaire)	20 - 33			Acide	C'est un engrais à nitrate d'ammonium stabilisé
Nitro-sulfate d'ammonium	26				15 % de S
IV. Engrais à ammoniac					
Urée. $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	44	75	1.62	Acide	Solubilité élevée. Dans les sols, l'urée est hydrolysée en ammoniac.
Eau Ammoniacale	20			Acide	Engrais liquide, injecté dans les sols

Tableau 4.2
Teneur en N de quelques engrais organiques

Type d'engrais organique azoté	% de N total, sur la base du poids sec	N total	N organique	N ammonium	Remarques
I. C/N < 8					
Lisier de génisse		2,7	0,6	2,1	
Lisier de porc		5,9	2,5	3,4	
Lisier de porcins		3,4	0,9	2,5	
Lisier de poule		12,9	2,2	10,7	
Boues d'épuration	4,3	-	-	-	
II. C/N > 8					
Fumier de vache de ferme		5,0	4,5	0,5	
Fumier de porc de ferme		4,7	4,2	0,5	
Compost de déchets municipaux	1,3	-	-	-	
Fumier de volaille		30,7	20,8	9,9	

Le tableau 4.2 donne une indication sur la teneur en N de plusieurs types d'engrais organiques. S'agissant des produits très volumineux (en vrac), leur composition est en rapport étroit avec la teneur en matière sèche, mais d'autres facteurs interviennent: le type d'animal concerné, le système d'élevage, le régime alimentaire des animaux, les traitements appliqués aux produits, etc.

En règle générale, la vérification de la composition des déchets organiques est un préalable à une bonne gestion quand ils sont utilisés en grandes quantités.

5. MEILLEURES PRATIQUES ENVIRONNEMENTALES

5.1 Gestion des éléments nutritifs

Appellation de la MEP: Plan de gestion des éléments nutritifs de l'exploitation agricole

Description: Un plan de gestion des éléments nutritifs est établi pour l'ensemble de l'exploitation agricole. Il comporte une prévision des éléments nutritifs disponibles dans l'exploitation (animaux, légumineuses), les besoins sur place ainsi que le surplus éventuel. Il devrait être établi avant tout investissement important. Habituellement, le plan est calculé sur la base de N, mais dans certains cas il devrait l'être sur la base de P, ce dernier cas se présentant dans des zones ou sols de haute qualité environnementale à très forte teneur en P.

Remarques générales: cette MPE est fondamentale dans les zones où sont gérées de grandes quantités d'éléments nutritifs (N et P) par unité de surface. Bien que les exploitants puissent être peu enclins à l'adopter, le plan devrait être encouragé et effectivement appliqué.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à son adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Outil de base pour une bonne gestion des éléments nutritifs • Évite des surplus imprévus d'éléments nutritifs dans certaines zones • Contribue à l'adoption de mesures de gestion (tactiques) 	<ul style="list-style-type: none"> • Besoin de conseils techniques ou d'aptitudes spéciales 	<ul style="list-style-type: none"> • MPE Obligatoire, en particulier pour de grandes exploitations d'élevage, ou de grandes exploitations maraîchères • Éducation et formation • Disponibilité de logiciel intégré • Service constant 	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes exploitations • Disponibilité de personnel technique 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitations à apports minimes/faibles d'éléments nutritifs 	<ul style="list-style-type: none"> • Forcer les entreprises à l'adopter peut compromettre la viabilité de petites exploitations respectueuses de l'environnement

Appellation de la MPE: Capacité suffisante et étanchéité des cuves à purin ou lisier

Description: les cuves à déjections animales et autres eaux résiduelles de l'exploitation devraient avoir une capacité suffisante pour permettre leur épandage sur les champs en fonction des besoins des cultures. Ces cuves devraient être étanches et, bien entendu, couvertes.

Remarques générales: Le sous-dimensionnement des cuves est l'une des principales causes des problèmes de pollution de l'eau; en outre, le programme d'épandage des champs est déterminé par la dimension des cuves.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Aide à ajuster les besoins en éléments nutritifs des cultures aux apports des sols • Évite les rejets dans le sol • Évite la pollution des eaux souterraines et la volatilisation de l'ammoniac 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût 	<ul style="list-style-type: none"> • MPE réglementaire dans le cadre des autorisations d'exploitation • Intégration des coûts de gestion du fumier 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation d'élevage intensif 	<ul style="list-style-type: none"> • Système de pâturage extensif 	<ul style="list-style-type: none"> • La même MPE s'applique aux stations d'épuration des eaux usées et autres sous-produits organiques • La séparation des eaux de ruissellement et des bâtiments est nécessaire pour éviter le débordement des cuves

Appellation de la MPE: Application uniforme des éléments nutritifs au débit requis.

Description: Un matériel mécanique d'épandage d'engrais organiques et chimiques devrait permettre une application uniforme des éléments nutritifs sur l'ensemble du champ. Un tel matériel doit aussi permettre une application au même débit. Le matériel de fertirrigation est à inclure dans cette MPE.

Remarques générales: Un épandage non uniforme aboutit dans de nombreux cas à une surfertilisation. Un contrôle régulier s'impose pour obtenir cette maintenance.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Meilleure utilisation des éléments nutritifs • Évite la surfertilisation et diminue le risque de lessivage des nitrates • Une quantité moindre d'engrais est utilisée (coût) 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût • Disponibilité du matériel • Disponibilité de terres pour épandre les engrais organiques à faible débit • Main-d'œuvre 	<ul style="list-style-type: none"> • Rendre obligatoire la vérification du matériel • Démonstrations sur le terrain • Éducation • Favoriser l'acquisition du matériel (subventions) 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes à haute technicité • Irrigation par aspersion et au goutte-à-goutte 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes marginaux • Systèmes où il n'existe pas suffisamment de terres pour épandre des engrais organiques • Irrigation de surface 	

Appellation de la MPE: Traitement et transformation des déchets organiques.

Description: Modification des caractéristiques des déchets organiques en vue d'améliorer leur capacité à servir d'engrais.

Traitement	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> Séparation des phases solide-liquide 	<ul style="list-style-type: none"> Meilleure gestion et traitement plus poussé des résidus 	<ul style="list-style-type: none"> Investissement dans le matériel mécanique Exige du temps Consomme de l'énergie 	<ul style="list-style-type: none"> Subventions 	<ul style="list-style-type: none"> Tous Ceux où la réduction de la masse et du volume des résidus peut être nécessaire 		<ul style="list-style-type: none"> Un traitement plus poussé est nécessaire
<ul style="list-style-type: none"> Compostage 	<ul style="list-style-type: none"> Assainissement des déchets Stabilisation de la matière organique Réduction du volume et de la densité 	<ul style="list-style-type: none"> Approx. >15% matière sèche dans les déchets Connaissances sur les mélanges adéquats de déchets 	<ul style="list-style-type: none"> Promouvoir le marché du compost 			<ul style="list-style-type: none"> Le rapport C/N est déterminant Les éléments nutritifs sont concentrés Émissions gazeuses si le système utilisé n'est pas clos
<ul style="list-style-type: none"> Digestion anaérobie 	<ul style="list-style-type: none"> Réduit les émissions de COV Permet de récupérer de l'énergie Stabilise (transforme en CH₄) la majeure partie de la matière organique Surtout, réduit les émissions de CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> Coût de la construction du digesteur Contrôle technique nécessaire Émission de gaz dus à la combustion 	<ul style="list-style-type: none"> Gestion centralisée Conseil technique 	<ul style="list-style-type: none"> Grandes exploitations ou associations si l'énergie doit être un facteur limitatif 		<ul style="list-style-type: none"> Garder à l'esprit les implications de la cogénération Récupère seulement de l'énergie La faisabilité économique est subordonnée à la codigestion de certains mélanges de

Traitement	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
	(si une cogénération électrique n'est pas appliquée)					déchets <ul style="list-style-type: none"> Traitement plus poussé nécessaire avant épandage des résidus
<ul style="list-style-type: none"> Lagunage 	<ul style="list-style-type: none"> Bon marché si disponibilité de terres n'est pas un facteur limitatif Réduction des éléments nutritifs dans les déchets 	<ul style="list-style-type: none"> Contrôle des émissions gazeuses Seules des quantités restreintes de déchets peuvent être traitées en fonction de la disponibilité de superficies La zone lagunée devient impropre à d'autres utilisations Des boues sont produites 	<ul style="list-style-type: none"> Diffuser les connaissances 	<ul style="list-style-type: none"> Là où la superficie foncière n'est pas un facteur limitatif Déchets liquides 		<ul style="list-style-type: none"> Mesure inopérante ou ralentie par temps froid (<5°C)
<ul style="list-style-type: none"> Nitrification-dénitrification 	<ul style="list-style-type: none"> Réduit la quantité d'éléments nutritifs (N) dans les zones présentant des quantités importantes (excédentaires) d'éléments nutritifs 	<ul style="list-style-type: none"> Coût (énergie) Des boues sont générées Applicable de manière satisfaisante aux seuls déchets liquides 	<ul style="list-style-type: none"> Si l'azote et le phosphore sont en excès, ce traitement s'attaque directement au cœur du problème 	<ul style="list-style-type: none"> Élevage (intensif) 	<ul style="list-style-type: none"> Dans les systèmes extensifs, mesure dénuée d'intérêt 	

Il existe d'autres traitements non biologiques. Dans l'ensemble, ils ne sont pas optimisés pour le traitement des déchets à charge organique élevée, leur réalisation est relativement coûteuse (énergie et biens consommables) et ils entraînent la formation de sous-produits difficiles à gérer.

5.2 Réduction des émissions d'éléments nutritifs dans l'atmosphère

5.2.1 Réduction des émissions d'ammoniac

Appellation de la MPE: Mesures tendant à modifier le régime alimentaire des animaux

Description: Adapter plus précisément les apports d'azote aux besoins des animaux. L'efficacité d'utilisation de N est encore faible en raison des teneurs inopportunément élevées en protéines grossières, de l'utilisation de protéines de qualité insuffisante pour être dégradées dans le rumen, de la teneur limitante en acides aminés métabolisables ou de l'omission des compléments alimentaires adéquats au cours du pâturage estival dans des prairies intensément fertilisées. La réduction des protéines alimentaires, sans réduction des performances, accroît l'utilisation de N et, dans le même temps, réduit la volatilisation de l'ammoniac de l'engrais en raison d'une baisse en valeur absolue et relative de la quantité d'urée dans l'excrétion totale de N. Il est très important d'appliquer ces mesures car elles constituent une minimisation à la source.

Remarques générales: L'adoption de cette MPE dépend beaucoup de la zone considérée, à savoir de l'importance des émissions atmosphériques et de l'existence de ressources naturelles de valeur.

Mesures de modification du régime alimentaire	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> Maintenir dans le fourrage une teneur en protéines (azote) et une composition en acides aminés optimales 	<ul style="list-style-type: none"> Réduit au minimum les pertes d'ammoniac à partir de l'urine 	<ul style="list-style-type: none"> Apport extérieur de fourrage Peut nécessiter un complément alimentaire d'acides aminés (coût) 	<ul style="list-style-type: none"> Répercuter directement la teneur en protéines du fourrage sur le prix de celui-ci L'effet de la réduction de N alimentaire sur la volatilisation d'ammoniac pourrait être suffisamment important pour que les exploitants agricoles acceptent des coûts de 	<ul style="list-style-type: none"> Toute exploitation avec suffisamment d'animaux pour gérer différentes parcelles d'élevage 	<ul style="list-style-type: none"> Systèmes de pâturage extensif 		Kirchmann <i>et al.</i> , 1998. Kröber <i>et al.</i> , 2000

Appellation de la MPE: Mesures tendant à modifier le régime alimentaire des animaux (*suite*)

Mesures de modification du régime alimentaire	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
			fourrage nettement élevés, à condition que les demandes de réduire les émissions de N soient suffisamment fortes				
<ul style="list-style-type: none"> • Compenser la fertilisation azotée des terres de pâture pour obtenir une teneur en protéines optimale de l'herbe 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimise la teneur en protéines de l'herbe 	<ul style="list-style-type: none"> • Savoir-faire 	<ul style="list-style-type: none"> • Conseils techniques • Taxation de l'azote résiduel (du sol) 		<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes d'élevage sans pâturage 		Kirchmann <i>et al.</i> , 1998

Appellation de la MPE: Mesures concernant le logement des animaux.

Description: Ôter les déchets des surfaces (planchers/sols) aussi rapidement que possible ou les concentrer dans des aires confinées, et limiter les émissions par des mesures de construction relatives à la ventilation.

Remarques générales: Les grandes exploitations d'élevage récentes sont davantage à même d'adopter certaines de ces mesures. L'application effective par le biais d'autorisations est l'un des moyens. L'adoption de cette MPE est toujours fonction des conditions locales.

Mesures concernant le logement des animaux	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/conditions se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de curage et lavage à grande eau 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit la surface d'émission en ôtant les déchets le plus rapidement possible 	<ul style="list-style-type: none"> • Dépenses d'investissement 	<ul style="list-style-type: none"> • Subventions 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation d'élevage intensif 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation d'élevage extensif 		
<ul style="list-style-type: none"> • Biofiltration de l'air des logements avec ventilation mécanique 	<ul style="list-style-type: none"> • Piégeage (évite la diffusion dans l'air) de l'ammoniac émis dans le logement des animaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Logement à ventilation mécanique • Dépenses d'investissement • Entretien des biofiltres 	<ul style="list-style-type: none"> • Subventions • Formation à la compréhension et à l'entretien de la biofiltration 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation d'élevage intensif avec ventilation mécanique 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation d'élevage extensif 	<ul style="list-style-type: none"> • Garder à l'esprit le bien-être des animaux • Ne pas utiliser cette mesure pour justifier l'accroissement de la densité des animaux 	
<ul style="list-style-type: none"> • Régulation de la température pour favoriser l'excrétion sur une superficie minimale 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentre les émissions • Réduit au minimum la surface d'émission • Accroît la maîtrise de la génération des émissions 	<ul style="list-style-type: none"> • Dépenses d'investissement 	<ul style="list-style-type: none"> • Subventions 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation d'élevage intensif 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation d'élevage extensif 		
<ul style="list-style-type: none"> • Application de copeaux de bois /sciure sur le sol (et 	<ul style="list-style-type: none"> • La hausse de la température de la litière avec la chute 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût 	<ul style="list-style-type: none"> • Subventions 	<ul style="list-style-type: none"> • Jeunes poulets • Dindes 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation d'élevage extensif 	<ul style="list-style-type: none"> • Garder à l'esprit la persistance possible d'agents pathogènes 	IPPC, 2001

Appellation de la MPE : Mesures concernant le logement des animaux (*suite*)

Mesures concernant le logement des animaux	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/conditions se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
renouvellement fréquent pendant l'engraissement)	des déjections est réduite					dans les résidus de bois	
<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes d'abreuvement à pipettes - ou sous le sol - pour le logement de la volaille (jeunes poulets) 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit au minimum les pertes d'eau d'abreuvement afin d'obtenir des résidus aussi solides que possible et éviter ainsi leur écoulement 	<ul style="list-style-type: none"> • Dépenses d'investissement 	<ul style="list-style-type: none"> • Subventions 	<ul style="list-style-type: none"> • Jeunes poulets • Unité d'élevage intensif 			Lekkerkerk, 1998
<ul style="list-style-type: none"> • Refroidissement des rigoles d'évacuation du lisier pour maintenir la température des excréta et du courant d'air autour des excréta aussi basse que possible 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit l'ammoniac susceptible d'être émis (en modifiant l'équilibre ammoniac/ Ammonium) 	<ul style="list-style-type: none"> • Consomme de l'énergie • Investissement 	<ul style="list-style-type: none"> • Subventions 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation d'élevage intensif 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation d'élevage intensif 		Kirchmann <i>et al.</i> , 1998

Appellation de la MPE : Mesures concernant le logement des animaux (*suite*)

Mesures concernant le logement des animaux	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/conditions se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> Réduction de la ventilation de l'air au-dessus du lisier. Ventiler l'air respiré par les animaux mais non pas l'air au contact des déjections 	<ul style="list-style-type: none"> Réduit la volatilisation 	<ul style="list-style-type: none"> Dépenses d'investissement 	<ul style="list-style-type: none"> Subventions 	<ul style="list-style-type: none"> Exploitation d'élevage intensif 	<ul style="list-style-type: none"> Exploitation d'élevage extensif 	<ul style="list-style-type: none"> Garder à l'esprit le bien-être des animaux Ne pas s'en servir pour justifier l'augmentation de la densité d'élevage 	Kirchmann <i>et al.</i> , 1998
<ul style="list-style-type: none"> Utiliser des sols en béton banché à rainures et perforations et des racleurs de déjections 	<ul style="list-style-type: none"> Permet à l'urine de s'écouler et réduit ainsi la volatilisation d'ammoniac Évite les sols en béton à pente qui sont très glissants 	<ul style="list-style-type: none"> Dépenses d'investissement et d'entretien Les perforations peuvent s'obstruer, notamment celles derrière le râtelier où a lieu moins d'émission d'urine 	<ul style="list-style-type: none"> Subventions Autorisations 	<ul style="list-style-type: none"> Fermes bovines 		<ul style="list-style-type: none"> Le type de finition du sol/plancher peut influencer sur la santé des sabots ou onglons des animaux, sur le comportement et la locomotion de ceux-ci Les fosses à lisier recouvertes par des sols à rainures peuvent contenir des gaz toxiques pour l'homme et le bétail. Si l'on utilise des sols à rainures où la superficie des ouvertures est inférieure à 1% de la superficie totale, la toxicité de l'air dans la fosse augmente. <p>Ne pas pénétrer dans la fosse avant qu'elle n'ait été correctement</p>	Swierstra <i>et al.</i> , 2001

Appellation de la MPE : Mesures concernant le logement des animaux (*suite*)

Mesures concernant le logement des animaux	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/conditions se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
						ventilée	
<ul style="list-style-type: none"> • Sols compacts à double pente avec stockage du lisier en dessous mais dépourvu de courant d'air 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la volatilisation de l'ammoniac (d'environ 50% par comparaison avec les sols à caillebotis) 	<ul style="list-style-type: none"> • Investissement 	<ul style="list-style-type: none"> • Subventions • Taxation des émissions d'ammoniac 	<ul style="list-style-type: none"> • Fermes à bovins • Exploitations avec récurage associé à l'aspersion d'eau (permet d'obtenir une réduction accrue de la volatilisation) 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation d'élevage extensif 	<ul style="list-style-type: none"> • Prévenir un courant d'air sous le sol. L'échange d'air entre la fosse et le logement au cours de la période de stockage doit être réduit. Des battants flexibles verticaux raccordés aux ouvertures du sol et pénétrant dans le lisier peuvent être une solution • Des indicateurs fiables et justifiés de taxation peuvent s'avérer difficiles à déterminer 	Brama <i>et al.</i> , 1997

Appellation de la MPE : Mesures concernant le logement des animaux (suite)

Mesures concernant le logement des animaux	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/conditions se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> Sols à caillebotis intégral (CI) avec au choix: système d'aspiration pour le prélèvement du lisier, évacuation d'une couche de lisier permanente dans des canaux, caniveaux ou canalisations de vidange situées en dessous 	<ul style="list-style-type: none"> Réduction des émissions de NH₃-car durée de contact du lisier avec l'air écourtée (avant le transfert dans les structures de stockage) en facilitant un transfert fréquent ou rapide à ces structures La quantité d'eau nécessaire est moindre avec ce type de sol qu'avec les sols à caillebotis partiel (CP) ou en béton 	<ul style="list-style-type: none"> Besoins d'énergie Peut impliquer la génération d'un plus gros volume (lessivage à grande eau) Exige davantage de temps (enlèvement plus fréquent du lisier) 	<ul style="list-style-type: none"> Taxation des émissions Mesures rendues obligatoires 	<ul style="list-style-type: none"> Nouvelles installations pour les truies en accouplement ou gestation sur caillebotis intégral 	<ul style="list-style-type: none"> Exploitation d'élevage extensif 	<ul style="list-style-type: none"> En raison des modifications de la législation de l'UE sur le bien-être des porcs, le caillebotis intégral peut être interdit 	IPPC, 2001
<ul style="list-style-type: none"> Sol à caillebotis partiel (CP) soit avec fosse à lisier réduite, avec ailettes de refroidissement du lisier, système d'aspiration, vidange d'une couche permanente de lisier dans des canalisations, caniveaux ou canalisations de vidange, avec racleur 	<ul style="list-style-type: none"> Réduction des émissions de NH₃- (relatives au CI) car le temps de contact du lisier avec l'air est écourté (avant le transfert aux structures de stockage) en facilitant un transfert fréquent ou rapide à ces 	<ul style="list-style-type: none"> Investissement supplémentaire Besoins en énergie pour l'exploitation Exige davantage de temps (enlèvement plus fréquent du lisier) 	<ul style="list-style-type: none"> Taxation des émissions Mesures rendues obligatoires 	<ul style="list-style-type: none"> Nouvelle installation pour les truies en accouplement et gestation 	<ul style="list-style-type: none"> Exploitations déjà existantes Système d'exploitation extensif 		IPPC, 2001

Appellation de la MPE : Mesures concernant le logement des animaux (suite)

Mesures concernant le logement des animaux	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/conditions se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
sous les caillebotis, élimination rapide du lisier et allée externe à litière	structures						
• Sol en béton compact avec allée extérieure à litière	• Réduction des émissions de NH ₃ - (relatives au CI) car le temps de contact du lisier avec l'air est écourté (avant le transfert aux structures de stockage) en facilitant un transfert fréquent ou rapide à ces structures		• Taxation des émissions • Mesures rendues obligatoires	• Nouvelles installations pour les truies en accouplement et gestation			IPPC, 2001
• Techniques de logement intégrées pour la mise bas des truies telles que: cases à caillebotis, planche sur pente, combinaison de rigole eau et de rigole lisier, système de vidange par caniveaux de lisier, ailettes de refroidissement de la cuve ou de la surface de lisier; cases à caillebotis partiel et	• Réduction des émissions de NH ₃ - (relatives aux cases à CI) car la durée du contact du lisier avec l'air (avant transfert aux structures de stockage) est écourtée en facilitant un transfert fréquent ou rapide à ces structures	• Investissement supplémentaire • Besoins en énergie pour l'exploitation • Exige davantage de temps (élimination plus fréquente du lisier)	• Taxation des émissions • Mesures rendues obligatoires avec les autorisations	• Nouvelles installations pour la mise bas des truies. Certains systèmes sont aisément applicables à la reconstruction de bâtiments déjà existants	• Élevage extensif		IPPC, 2001

Appellation de la MPE : Mesures concernant le logement des animaux (suite)

Mesures concernant le logement des animaux	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/conditions se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
racleur de lisier							
<ul style="list-style-type: none"> Techniques de logement intégrées pour porcelets sevrés telles que: cases ou plateformes avec au choix: sol à caillebotis et ciment en pente pour séparer les fèces et l'urine, CI et fosse à lisier avec racleur, ou CI et caniveaux ou canalisations de vidange; et cases à caillebotis, sol solide à pente ou convexe, couche peu épaisse de lisier et rigole pour l'eau de boisson gâchée, treillis en fer triangulaires et caniveau de vidange du lisier, racleur de lisier, treillis en fer triangulaires et rigole de lisier à paroi(s) latérale(s) inclinées ou ailettes de refroidissement de la surface du lisier 	<ul style="list-style-type: none"> Réduction des émissions de NH₃- (relatives aux cases ou plateformes à CI) car la durée de contact du lisier avec l'air est écourtée (avant transfert aux structures de stockage) en facilitant un transfert fréquent et/ou rapide à ces structures 	<ul style="list-style-type: none"> Investissement supplémentaire Besoins en énergie pour l'exploitation Exige davantage de temps (élimination plus fréquente du lisier) Certains systèmes sont vulnérables à l'usure du revêtement supérieur du sol Une séparation supplémentaire phase liquide-phase solide est nécessaire dans certains systèmes 	<ul style="list-style-type: none"> Taxation des émissions Mesures rendues obligatoires avec les autorisations 	<ul style="list-style-type: none"> Nouvelles installations pour les porcelets sevrés. Certains systèmes sont aussi aisément applicables à la reconstruction de bâtiments déjà existants 	<ul style="list-style-type: none"> Système d'exploitation extensive 		IPPC, 2001
<ul style="list-style-type: none"> Techniques de logement intégrées pour les finisseurs 	<ul style="list-style-type: none"> Réduction des émissions de NH₃- (relatives aux porcs 	<ul style="list-style-type: none"> Investissement supplémentaire Besoins en énergie 	<ul style="list-style-type: none"> Taxation des émissions Mesures rendues 	<ul style="list-style-type: none"> Nouvelles installations pour les finisseurs. Certains 	<ul style="list-style-type: none"> Unité d'élevage extensif 		IPPC, 2001

Appellation de la MPE : Mesures concernant le logement des animaux (suite)

Mesures concernant le logement des animaux	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/conditions se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
avec au choix: CI avec rigoles de vidange et aération, CI avec caniveaux /canalisations de vidange et aération, CP avec ailettes de refroidissement de surface du lisier, treillis en fer ou en béton et canaux de vidange (avec ou sans aération), CP avec caniveaux /canalisations de vidange (avec ou sans aération), CP avec parois latérales inclinées et treillis en béton ou en métal ou CP avec racleur et treillis de métal	logés en batterie sur CI) car la durée du contact du lisier avec l'air est écourtée (avant transfert aux structures de stockage) en favorisant un transfert fréquent et/ou rapide à ces structures	pour l'exploitation <ul style="list-style-type: none"> Exige davantage de temps (élimination plus fréquente du lisier) 	obligatoires	systèmes sont aussi aisément applicables à la reconstruction de bâtiments déjà existants			
<ul style="list-style-type: none"> Mesures en fin de cycle pour la réduction des émissions d'ammoniac à partir des logements des porcs: bioépurateurs et séparateurs par voie humide 	<ul style="list-style-type: none"> Relativement facile à mettre en œuvre 	<ul style="list-style-type: none"> Investissement supplémentaire Besoins en énergie pour l'exploitation Consommation d'eau supplémentaire (environ 1 m³ par emplacement de porc par année) Les prescriptions 					IPPC, 2001

Appellation de la MPE : Mesures concernant le logement des animaux (suite)

Mesures concernant le logement des animaux	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/conditions se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
		en matière de rejets peuvent limiter son applicabilité <ul style="list-style-type: none"> • Nécessité de canaliser le flux d'air dans le bâtiment • Le séparateur chimique par voie humide consomme et évacue des acides 					

Appellation de la MPE: Gestion des résidus d'élevage.

Description: Mesure visant à réduire les émissions d'ammoniac par une gestion appropriée des résidus d'élevage.

Gestion des résidus d'élevage	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures d'appui à son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Transfert rapide des résidus à l'aire de stockage 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminue la durée et la surface d'émission en éliminant les déjections aussi rapidement que possible • Améliore le bien-être des animaux • Améliore les conditions de travail des exploitants agricoles 	<ul style="list-style-type: none"> • Dépenses d'investissement dans le matériel • Exige davantage de temps 	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement des dispositifs adéquats • Subventions à l'installation de dispositifs de nettoyage automatique (système de raclage et de lavage) 	<ul style="list-style-type: none"> • Unité d'élevage intensif • Élevage de vaches, porcs, moutons et lapins 	<ul style="list-style-type: none"> • Unité d'élevage limité • Animaux de pâture 		

Appellation de la MPE: Gestion des résidus d'élevage (*suite*)

Gestion des résidus d'élevage	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures d'appui à son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Séparation rapide des fèces et de l'urine provenant des étables 	<ul style="list-style-type: none"> • Évite le contact de l'enzyme uréase avec l'urée, ce qui réduit l'hydrolyse de l'urée et la volatilisation d'ammoniac qui s'ensuit 	<ul style="list-style-type: none"> • Dépenses d'investissement • Exige du temps 	<ul style="list-style-type: none"> • Conseils techniques • Subventions à l'investissement 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation d'élevage intensif 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation d'élevage marginale • Animaux de pâture 	<ul style="list-style-type: none"> • Il a été signalé que l'urée urinaire est en relation linéaire avec les émissions de NH₃ car elle est plus facilement convertie en NH₃ que le N fécal 	<p>Lekkerkerk, 1998 Kröber <i>et al.</i>, 2000</p>

Appellation de la MPE: Gestion des résidus d'élevage (*suite*)

Gestion des résidus d'élevage	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures d'appui à son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> Utiliser des inhibiteurs de l'uréase 	<ul style="list-style-type: none"> L'hydrolyse de l'urée est limitée et par conséquent une quantité moindre d'ammoniac est volatilisée Les inhibiteurs de l'uréase peuvent être utilisés pour maîtriser les émissions d'ammoniac émanant des déjections animales, prévenir les dommages causés à l'environnement et produire un engrais plus équilibré (N/P) à partir du fumier 	<ul style="list-style-type: none"> Coût Des produits chimiques sont libérés dans l'environnement 	<ul style="list-style-type: none"> Diffuser les connaissances 			<ul style="list-style-type: none"> Il existe des options de gestion alternatives et/ou complémentaires telle que des combinaisons multiples de gestion nutritionnelle, systèmes de logement, options de traitement, stockage et épandage des résidus d'élevage 	Varel <i>et al.</i> , 1999

Appellation de la MPE: Gestion des résidus d'élevage (suite)

Gestion des résidus d'élevage	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures d'appui à son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> Les techniques suivantes sont applicables au logement en batterie de poules pondeuses: enlèvement du lisier par convoyeur à bande jusqu'à l'aire de stockage confinée, cages verticales avec convoyeur à bande jusqu'à l'aire de stockage confinée, et "cages enrichies" (*) 	<ul style="list-style-type: none"> Diminue la durée et la surface des émissions grâce à un enlèvement aussi rapide que possible des déchets Améliore le bien-être des animaux Améliore les conditions de travail des exploitants et travailleurs agricoles 	<ul style="list-style-type: none"> Dépenses d'investissement (*) Apport énergétique dépendant du système de convoyeur. Il implique le remplacement complet du système de cages 	<ul style="list-style-type: none"> Subventions à l'investissement 	<ul style="list-style-type: none"> Logement en batterie des poules pondeuses 	<ul style="list-style-type: none"> Toutes autres 	<ul style="list-style-type: none"> (*) Système obligatoire en Europe à partir du 01/01/2012 (Ce système ou le système de logement sans cages) 	IPPC, 2001

(*) Cages contenant des nids, perchoirs, bains de poussière, etc., pour le bien-être des animaux

Appellation de la MPE: Mesures concernant le stockage du lisier.

Description: Réduisent au minimum le contact de la surface avec l'air et les perturbations sauf durant les opérations de remplissage et de vidage.

Remarques générales: Attention aux conditions locales.

Mesures concernant le stockage du lisier	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures d'appui à son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> Couvrir les cuves à lisier avec au choix: un couvercle bien ajusté, un toit, une couche d'argile expansée, une feuille plastique, ou toute autre méthode efficace 	<ul style="list-style-type: none"> Réduit au minimum le contact de la surface avec l'air et les perturbations, sauf pendant les opérations de remplissage et de vidage 	<ul style="list-style-type: none"> Dépenses d'investissement Dangereux 	<ul style="list-style-type: none"> Subventions 	<ul style="list-style-type: none"> Toute exploitation d'élevage 			Gustavsson, 1998.
<ul style="list-style-type: none"> Rectifier les dimensions des cuves 	<ul style="list-style-type: none"> Évite un débordement du lisier Réduit au minimum l'investissement 	<ul style="list-style-type: none"> Savoir-faire 	<ul style="list-style-type: none"> Formation (vulgarisation) Définition claire des options acceptables 	<ul style="list-style-type: none"> Toute exploitation d'élevage 			
<ul style="list-style-type: none"> Ajustement de la forme des cuves afin de réduire au minimum leur surface 	<ul style="list-style-type: none"> Réduit au minimum la surface de contact 	<ul style="list-style-type: none"> Dépenses d'investissement 	<ul style="list-style-type: none"> Subventions 	<ul style="list-style-type: none"> Toute exploitation d'élevage 			

Appellation de la MPE: Mesures concernant le stockage du lisier (suite)

Mesures concernant le stockage du lisier	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures d'appui à son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> Acidifier le lisier pendant le stockage 	<ul style="list-style-type: none"> Diminue la fraction d'azote présente sous forme d'ammoniac volatile 	<ul style="list-style-type: none"> Onéreux Peut entraver la poursuite de l'épandage 	<ul style="list-style-type: none"> Formation Technologie disponible 	<ul style="list-style-type: none"> Toute exploitation d'élevage 	<ul style="list-style-type: none"> Ceux comportant des sols acides 		
<ul style="list-style-type: none"> Homogénéiser le lisier dans les cuves avant le transfert aux champs 	<ul style="list-style-type: none"> Valeur fertilisante homogène du lisier épandu 	<ul style="list-style-type: none"> Dépenses d'investissement 	<ul style="list-style-type: none"> Subventions 	<ul style="list-style-type: none"> Toute exploitation d'élevage 			

Appellation de la MPE: Mesures concernant l'épandage du lisier ou purin.

Description: Réduire au minimum la quantité et/ou le temps d'exposition du fumier appliqué sur le sol en le délivrant sous la surface ou sous le couvert végétal.

Remarques générales: Les conditions du sol déterminent la faisabilité de la plupart des mesures; certaines d'entre elles sont très difficiles à mettre en œuvre sur les sols secs.

Mesures concernant l'épandage du lisier	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures d'appui à son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Injection du lisier 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit au minimum le temps d'exposition du lisier appliqué sur le sol • Diminue les nuisances olfactives 	<ul style="list-style-type: none"> • Investissement dans le matériel • Pentes fortes • Sols pierreux • Sols secs • Sols compactés • Matériel lourd nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Subventions • Avantage d'une utilisation plus efficace de N • Agriculture écologique • En diminuant les odeurs, accroît la compatibilité de l'exploitation avec d'autres activités 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes gérant des résidus liquides 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes gérant du fumier solide sur des pentes fortes, de sols pierreux ou compactés • Sols secs 		
<ul style="list-style-type: none"> • Raccordement rapide (dans les 4 heures suivant l'épandage) ou au moment de l'épandage à un incorporateur à lisier 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit au minimum le temps d'exposition du lisier épandu 	<ul style="list-style-type: none"> • Exige du temps • L'applicabilité dépend de la culture • Herbages • Fertilisation du couvert • Organisation des travaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser le matériel et la main-d'œuvre disponibles à la ferme comme critère de délivrance de l'autorisation d'exploitation (en fonction du cheptel) 		<ul style="list-style-type: none"> • Herbages • Sols secs • Zones de labour de conservation 		Gustavsson, 1998

Appellation de la MPE: Mesures concernant l'Épandage du lisier ou purin (*suite*)

Mesures concernant l'épandage du lisier	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures d'appui à son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Accroître l'infiltration en mélangeant les résidus à l'eau d'irrigation par aspersion 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit au minimum le temps d'exposition du lisier épandu 	<ul style="list-style-type: none"> • Ajuster aux disponibilités en eau 	<ul style="list-style-type: none"> • Formation (vulgarisation) 	<ul style="list-style-type: none"> • Terres irriguées 	<ul style="list-style-type: none"> • Sols secs 		
<ul style="list-style-type: none"> • Si l'épandage est la seule possibilité d'application, la dilution (diminution de 4,5% de la teneur en matières sèches) est à conseiller 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminue la volatilisation d'ammoniac 	<ul style="list-style-type: none"> • Accroît le volume à épandre 	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation de l'azote contenu dans le lisier 	<ul style="list-style-type: none"> • Ceux où l'épandage est la seule option 	<ul style="list-style-type: none"> • Ceux ayant des limitations d'eau 		Morken et Sakshaug, 1998

Appellation de la MPE: Forme chimique de l'engrais.

Description: Mesures visant à obtenir une réduction des émissions par un contrôle de la forme chimique de l'engrais utilisé

Forme chimique de l'engrais	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures d'appui à son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> Remplacement des produits à fortes émissions par des produits à faibles émissions dans l'ordre suivant (du plus mauvais au meilleur pour la réduction des émissions de NH₃) : urée > sulfate d'ammonium > solution d'azote (mélange d'urée et de nitrate d'ammonium) > phosphate diammonique > ammoniac anhydre > nitrate d'ammonium (NA) = calcium NA = phosphate monoammonique = engrais composés NK, NPK 	<ul style="list-style-type: none"> Diminue la génération d'ammonium 	<ul style="list-style-type: none"> Prix 	<ul style="list-style-type: none"> Formation (vulgarisation) Modifier les prix 		<ul style="list-style-type: none"> Exploitations marginales 		AEE, 2001

Appellation de la MPE: Forme chimique de l'engrais (*suite*)

Forme chimique de l'engrais	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures d'appui à son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Diminuer l'engrais commercial à épandre en le remplaçant par la quantité correspondante d'éléments nutritifs d'engrais de ferme 	<ul style="list-style-type: none"> • Économiques • Environnementaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Internalisation des coûts environnementaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Conseils techniques et vulgarisation (éducation) pour aider au bilan des éléments nutritifs 	<ul style="list-style-type: none"> • Tous 			CAST, 1996
<ul style="list-style-type: none"> • Ajouter des régulateurs/inhibiteurs de l'uréase 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit la génération d'ammonium 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût 	<ul style="list-style-type: none"> • vulgarisation et formation 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes à doses importantes uniques 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes à faibles apports de N 	<ul style="list-style-type: none"> • La substitution d'engrais peut être une option plus intéressante • Dans les régions tropicales et tempérées avec des rizières et des plantations de coton, blé et maïs irrigués, l'utilisation des inhibiteurs de l'uréase récemment mis au point peut accroître les rendements 	AEE, 2001. Ferney, 1996

Appellation de la MPE: Forme chimique de l'engrais (*suite*)

Forme chimique de l'engrais	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures d'appui à son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
						<ul style="list-style-type: none"> • Plus intéressant dans les systèmes irrigués 	
<ul style="list-style-type: none"> • Placer les granules d'engrais dans le sol à la même profondeur que les semis (environ. 7-8 cm) 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminue les pertes d'ammoniac 			<ul style="list-style-type: none"> • Cultures de printemps et herbes réensemencées en automne 		<ul style="list-style-type: none"> • En utilisant l'urée, veiller à ne pas la mettre trop près des semis, ce qui entraverait la germination 	AEE, 2001
<ul style="list-style-type: none"> • Incorporer l'engrais-N avant de planter le riz ou retarder l'épandage jusqu'à l'apparition de la panicule 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit les émissions d'ammoniac émanant des rizières 			<ul style="list-style-type: none"> • Sols de rizières (riz paddy) 		<ul style="list-style-type: none"> • Cette mesure peut ne pas réduire les pertes de N total dans les sols présentant des taux importants de nitrification ou dénitrification 	AEE, 2001

5.2.2 Réduction des émissions d'oxydes d'azote

Appellation de la MPE: Gestion de l'azote pour la réduction des émissions de NO_x (limiter les émissions d'oxydes d'azote).

Description: Possibilités de gestion des engrais, des résidus de culture et de l'eau en vue de limiter les émissions d'oxydes d'azote par la nitrification et/ou la dénitrification sans réduire les rendements des cultures.

Réduire les émissions de NO _x :	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures d'appui à son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • En ajustant mieux les apports d'engrais azotés aux besoins des cultures • En évitant un épandage d'azote excédant l'optimum économique 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des émissions de N₂O • Réduction des émissions de NO • Réduction des émissions de NH₃ 	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de baisse des rendements 	<ul style="list-style-type: none"> • Conseils techniques • Éducation • Comptabilisation de N • Tenir pleinement compte de N disponible dans le sol par suite des résidus de cultures précédentes, de l'épandage de résidus organiques et de la minéralisation des matières organiques du sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Cultures à cycle court de végétation • Cultures de haute valeur 			AEE, 2001

Appellation de la MPE: Gestion de l'azote pour la réduction des émissions de NO_x (suite)

Réduire les émissions de NO _x :	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures d'appui à son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> Faire en sorte que le moment d'épandage des engrais azotés coïncide avec la demande des cultures 	<ul style="list-style-type: none"> Réduction des émissions de N₂O Réduction des émissions de NO 	<ul style="list-style-type: none"> Exige du temps Connaissances technologiques 	<ul style="list-style-type: none"> Conseils techniques Éducation 	<ul style="list-style-type: none"> Céréales d'hiver 		<ul style="list-style-type: none"> Également efficace pour réduire le lessivage des nitrates 	AEE, 2001
<ul style="list-style-type: none"> Faire en sorte que le moment de l'incorporation des résidus de culture n'ait pas lieu quand les sols sont mal aérés 	<ul style="list-style-type: none"> Réduction des émissions de N₂O Réduction des émissions de NO 	<ul style="list-style-type: none"> Contraintes météorologiques Organisation du travail sur l'exploitation 	<ul style="list-style-type: none"> Conseils techniques Éducation 				AEE, 2001

Appellation de la MPE: Gestion de l'azote pour la réduction des émissions de NO_x (suite)

Réduire les émissions de NO _x :	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures d'appui à son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> En remplaçant l'urée par le nitrate d'ammonium 	<ul style="list-style-type: none"> Réduit les émissions de NO Réduit également les émissions de NH₃ 	<ul style="list-style-type: none"> Habitudes Prix, à certaines périodes 	<ul style="list-style-type: none"> Conseils techniques Éducation Politique de prix 	<ul style="list-style-type: none"> Tous 		<ul style="list-style-type: none"> Comme l'on estime que, sous les climats tempérés, les émissions de monoxyde d'azote (NO) sont avant tout une conséquence de la nitrification, l'utilisation de l'engrais urée produit des émissions plus importantes de NO que des quantités équivalentes d'azote épandues sous forme de nitrate d'ammonium (NA) À l'heure actuelle, on ne dispose pas assez de données pour distinguer entre les effets des sources d'engrais azotés sur les émissions de NO 	AEE, 2001

Appellation de la MPE: Gestion de l'azote pour la réduction des émissions de NO_x (suite)

Réduire les émissions de NO _x :	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures d'appui à son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • En améliorant le drainage des sols 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des émissions de N₂O • Réduction des émissions de NO 	<ul style="list-style-type: none"> • Peut accroître le lessivage des nitrates 					
<ul style="list-style-type: none"> • En améliorant l'irrigation 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit les émissions de N₂O • Réduit les émissions de NO • Réduit également le lessivage de nitrates 	<ul style="list-style-type: none"> • Anciens procédés d'irrigation en vigueur 	<ul style="list-style-type: none"> • Conseil technique • Investissement dans des infrastructures d'irrigation 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes irrigués • Systèmes dotés de procédés d'irrigation modernes 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes non irrigués 		

5.3 Application des engrais

Appellation de la MPE: Tenue d'un registre des épandages d'engrais organiques et chimiques pour chaque champ.

Description: Les registres sont tenus pour chaque champ et portent notamment sur le type, la quantité d'engrais et la date des épandages.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Permet d'avoir une vision claire des modalités de gestion des éléments nutritifs • Utilise moins d'engrais minéraux • Contribue à sensibiliser les exploitants • Permet une utilisation rationnelle des engrais 	<ul style="list-style-type: none"> • Exige du temps • Difficulté d'évaluer la composition des engrais en éléments nutritifs 	<ul style="list-style-type: none"> • Accès aux nouvelles technologies • Accès aux progiciels spéciaux et intégrés • Éducation et sensibilisation • Couplage à la gestion technique de l'exploitation agricole 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilité de conseils techniques • Éducation des exploitants • Systèmes d'exploitation avec d'importants apports d'éléments nutritifs • Vastes exploitations avec petit nombre de champs 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes agricoles marginaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu d'intérêt dans les zones à faibles apports d'éléments nutritifs • Contribue à ajuster les plans de fertilisation en utilisant des informations concrètes et une analyse des sols/plantes

Appellation de la MPE: Épandage de fumier sur toutes les terres disponibles.

Description: Utiliser toutes les terres disponibles pour épandre le fumier, en privilégiant les champs avec culture à forte demande en éléments nutritifs, et examiner les limitations dues aux sols et aux sites.

Remarques générales: Une surfertilisation des champs se produit très souvent près des logements des animaux et agit comme Source polluante.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Évite une accumulation excessive de P dans le sol • Accroît l'efficacité d'utilisation de N • Limite le lessivage des nitrates 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts de transport 	<ul style="list-style-type: none"> • Favoriser le transport de fumier • Remembrement des terres • Allocation d'exploitation d'élevage intensif • Transfert des droits d'épandage 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation d'élevage semi-intensif 	<ul style="list-style-type: none"> • Entreprises agricoles qui ne sont pas à proximité d'entreprises d'élevage 	<ul style="list-style-type: none"> • Rotation des champs • Préférence aux cultures à forte demande • Prise en compte des qualités propres aux sols

Appellation de la MPE: Déterminer la teneur en éléments nutritifs et en matière sèche des engrais organiques en vrac

Description: Analyser les engrais de manière à évaluer les quantités épandues. L'analyse devrait porter sur N, P, K et la matière sèche.

Des méthodes rapides in situ sont à recommander. De même peuvent être très utiles des estimations indirectes des quantités d'éléments nutritifs du fumier épandu.

Remarques générales: Une grande incertitude entoure la composition du fumier. Des renseignements précis sont nécessaires pour éviter les écoulements de purin.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Les éléments nutritifs épandus sont connus • Meilleure évaluation des futures applications d'éléments nutritifs au cours de la croissance des cultures 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût • Exige du temps et de la main-d'oeuvre • Hétérogénéité du fumier • Disponibilité de méthodes rapides et fiables in situ 	<ul style="list-style-type: none"> • Promouvoir les services de laboratoire et de conseil • Promouvoir des moyens d'homogénéisation • Conseils techniques • Taxation du N résiduel du sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes à base d'élevage • Unités d'élevage confinées 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de pâturage • Systèmes basés sur les engrais minéraux 	<ul style="list-style-type: none"> • L'hétérogénéité du fumier rend l'échantillonnage difficile • Il devrait y avoir suffisamment de terres pour épandre le fumier à un débit approprié

Appellation de la MPE: Analyse régulière des sols.

Description: Déterminer les principaux paramètres de fertilité du sol: N, P, K, etc., pour chaque champ.

Remarques générales: Quand d'importantes quantités d'éléments nutritifs sont utilisées par unité de surface, le seul moyen d'ajuster la gestion des engrais consiste à analyser le sol.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Permet d'affiner les pratiques de fertilisation en les ajustant aux valeurs effectives des sols • Évite l'accumulation d'éléments nutritifs (P) • Permet des économies (utilisation moindre d'engrais minéraux) 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût • Main-d'œuvre 	<ul style="list-style-type: none"> • Promouvoir la mise en place de services de laboratoire et de conseil 	<ul style="list-style-type: none"> • Cultures de haute valeur • Grandes quantités d'éléments nutritifs gérées 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes agricoles marginaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Des échantillonnages et analyses devraient être effectués périodiquement pour chaque situation

Appellation de la MPE: Bilan de l'azote disponible.

Description: La disponibilité de N est estimée pour chaque champ en tenant compte des entrées et sorties du système. Permet de prédire avec une précision raisonnable les besoins en engrais et de prendre en compte la contribution des engrais organiques, les rendements, etc.

Remarques générales: L'utilisation d'un bilan pour chaque exploitation est nécessaire en vue de planifier d'autres mesures que l'épandage.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • En première approximation, aide beaucoup à ajuster l'application des engrais • Permet des économies d'engrais minéraux et, dans de nombreux cas, accroît la production 	<ul style="list-style-type: none"> • Exige du temps • Compétences et conseils techniques disponibles 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise à disposition de conseils techniques, logiciels et progiciels • Adaptation aux conditions locales 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation importante d'engrais • Engrais organiques • Exploitations maraîchères 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes à faibles intrants et marginaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Viser des objectifs de rendement réalistes, en tenant compte des conditions météorologiques effectives • Compléter par des méthodes de mesure de la disponibilité de N • Confère un crédit précis aux engrais organiques et aux résidus de culture • L'intégration à d'autres logiciels agricoles est à recommander

Appellation de la MPE: Concilier apport et demande d'azote grâce à un certain contrôle de la disponibilité en azote.

Description: Le but est de fournir différents outils pour contrôler la situation azotée des systèmes agricoles en temps réel. Pour accorder l'apport et la demande d'azote dans les cultures ayant un réseau racinaire assez peu fourni, il conviendra de procéder à des formulations d'engrais azotés.

Remarques générales: Pour l'azote, il est indispensable de recourir à des technologies permettant un dosage précis.

Méthode de contrôle	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Azote minéral du sol (N min) 	<ul style="list-style-type: none"> • Test bon marché et facile. • Test rapide qui permet de modifier rapidement la fertilisation en fonction de la teneur en nitrates du sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité d'un service de conseil technique proche de l'exploitation 	<ul style="list-style-type: none"> • Développer un réseau de services techniques. Il peut simplement s'agir d'un véhicule-laboratoire pour les dosages de nitrates du sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitations d'agriculture intensive 	<ul style="list-style-type: none"> • Cultures de faible valeur • Faible apport de N 	<ul style="list-style-type: none"> • Il existe un test rapide pour les sols • Nécessité d'ajuster la méthode à chaque région et système d'exploitation • N-NH4 peut être important dans certaines situations 	Wetselaar <i>et al.</i> , 1998
<ul style="list-style-type: none"> • Dosage rapide des nitrates ou de la chlorophylle de la sève végétale 	<ul style="list-style-type: none"> • Test facile et rapide 	<ul style="list-style-type: none"> • Il est difficile d'établir une relation avec les rendements finaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Idem que ci-dessus 	<ul style="list-style-type: none"> • Céréales. • Cultures horticoles 	<ul style="list-style-type: none"> • Idem que ci-dessus 		Coulombe <i>et al.</i> , 1999

Appellation de la MPE: Concilier apport et demande d'azote grâce à un certain contrôle de la disponibilité en azote (suite)

Méthode de contrôle	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de recommandations sur N ou de modèles de la dynamique de l'azote 	<ul style="list-style-type: none"> • Ils prédisent la fixation, la mobilité et le lessivage de N minéral dans les profils de sol, permettant ainsi d'adapter facilement à temps l'irrigation et la fertilisation • Il existe aussi des systèmes mis au point pour la recommandation d'un épandage fractionné d'engrais azotés • Certains d'entre eux sont gratuits ou accessibles sans frais sur Internet 	<ul style="list-style-type: none"> • Manque de connaissances sur les moyens d'utiliser ces outils 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise à disposition d'un élément formation dans le système 	<ul style="list-style-type: none"> • Cultures horticoles • Céréales 	<ul style="list-style-type: none"> • Idem que ci-dessus 		<p>Greenwood <i>et al.</i>,1989. Lorentz <i>et al.</i>, 1989 Rahn <i>et al.</i>, 1996.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Réflexion de la lumière par la culture 	<ul style="list-style-type: none"> • Test indirect et rapide 	<ul style="list-style-type: none"> • Doit être pratiqué avec des experts car les relations dépendent de la culture 	<ul style="list-style-type: none"> • Idem que ci-dessus 				<p>Booij <i>et al.</i>,(1996)</p>

Appellation de la MPE: Passage d'épandages d'engrais organiques calculés sur la base de N à des épandages calculés sur la base de P dans les zones sensibles à P ou quand les niveaux de P dans les sols sont trop élevés.

Description et discussion: Les épandages basés sur N au moyen d'engrais organiques entraînent, dans la plupart des cas, une accumulation de P dans le sol, laquelle, à son tour, peut accroître la teneur en P des eaux de surface. Pour les zones sensibles à P et pour prévenir des teneurs excessives de P dans le sol à un moment donné, il est conseillé d'adopter des épandages basés sur P d'engrais organiques au lieu de ceux basés sur N.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Évite une accumulation excessive de P dans le sol 	<ul style="list-style-type: none"> • La quantité d'engrais à épandre par hectare est réduite; ainsi, la même quantité d'engrais doit être épandue sur une plus grande surface de sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Moyens pour transporter les engrais vers d'autres régions • Disponibilité de services de laboratoire et de conseil • Éducation 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitations d'élevage intensif 	<ul style="list-style-type: none"> • Zones agricoles où seuls sont utilisés les engrais minéraux 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu de zones agricoles ont adopté ces critères

Appellation de la MPE: Gestion des résidus de culture.

Description: Dans les stratégies de gestion, prendre en compte l'azote présent dans les résidus de cultures, notamment de cultures riches en cet élément.

Méthode de gestion	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> Laisser les résidus du sol riches en N sur la surface et les labourer avant de semer ou les ôter ultérieurement 	<ul style="list-style-type: none"> Peut aussi aider à lutter contre l'érosion du sol Évite une minéralisation rapide de N Les résidus peuvent être ôtés ultérieurement et compostés avec d'autres résidus pauvres en N 	<ul style="list-style-type: none"> Certains problèmes liés à la persistance de maladies ou à la commodité de circulation du matériel agricole dans les champs peuvent apparaître L'enlèvement des résidus peut accroître le coût de la main-d'œuvre La volatilisation de l'ammoniac augmente également 	<ul style="list-style-type: none"> Promouvoir les rotations de cultures 	<ul style="list-style-type: none"> Systèmes horticoles, qui maintiennent un sol nu pendant une période de pluie 			<p>Everaarts <i>et al.</i>, 1996</p>
<ul style="list-style-type: none"> Labourer les résidus du sol après la récolte 	<ul style="list-style-type: none"> L'azote des résidus de culture et l'azote minéral résiduel du sol peuvent apporter l'azote nécessaire à la culture. Dans ce cas, la fertilisation azotée peut être évitée, ce qui réduit les coûts 	<ul style="list-style-type: none"> Persistance de maladies La libération de la dynamique de N dépend du rapport C/N des résidus. Un rapport C/N élevé peut entraîner une immobilisation initiale de N et une fertilisation azotée supplémentaire doit être effectuée aux premiers stades de la prochaine culture Difficultés d'élaboration d'un plan de fertilisation par N 	<ul style="list-style-type: none"> Promouvoir les rotations de cultures 				<p>Rahn <i>et al.</i>, 1992 Neeteson <i>et al.</i>, 1994</p>

Appellation de la MPE: Fractionnement des applications d'engrais, en évitant ainsi des doses importantes.

Description: Pour répondre aux besoins en azote des cultures, il est recommandé de fractionner les applications d'engrais, notamment pour les cultures exigeant des quantités élevées de N, à longue saison de croissance, ou quand des quantités importantes d'engrais sont utilisées, ce qui permet, si nécessaire, des applications tardives, proches de la période de demande maximale ou l'application de petites quantités. Bien que cette méthode soit recommandée sur une base régulière, elle convient mieux lorsqu'elle est associée à un système d'analyse du sol et des plantes.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Accroît l'efficacité d'utilisation de N • Ajuste les épandages de N aux demandes des cultures • Ajuste les applications de N pour un bon équilibre entre croissance végétative et fructification 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite davantage de main-d'œuvre • De petites applications devraient être possibles 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre à disposition des services de laboratoire et de conseil • Instauration de primes à un faible taux d'azote minéral résiduel 	<ul style="list-style-type: none"> • Cultures à forte demande de N • Longue saison de croissance 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes marginaux • Faible quantité d'éléments nutritifs utilisée • Culture à court cycle de croissance • Difficile avec le fumier 	<ul style="list-style-type: none"> • Meilleurs résultats obtenus si association à une analyse du sol et des plantes • La combinaison d'engrais organiques et d'engrais chimiques est généralement recommandée pour répondre aux demandes en éléments nutritifs des cultures 	<p>Dobermann <i>et al.</i>, 2000 Toselli <i>et al.</i>, 2000</p>

Appellation de la MPE: Application localisée des engrais.

Description: Application localisée des engrais à proximité du système racinaire dans une partie seulement du sol. Ces méthodes d'application des engrais azotés ont pour objet d'accroître l'efficacité de leur utilisation.

Méthode d'application	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Injection d'une solution d'engrais starter 	<ul style="list-style-type: none"> • Manipulation mécanique facile • Facilite la disponibilité d'éléments nutritifs: • Jeunes cultures à système racinaire réduit • Plantes cultivées sur des sols exerçant des contraintes physiques sur le système racinaire • Compatibilité avec certains insecticides liquides 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'un engrais sélectionné • Des concentrations locales élevées en sels dans des sols en cours d'assèchement peuvent réduire la germination ou porter atteinte aux plantes • Sur des sols très fertiles, on pourrait ne pas observer de différences dans les rendements finaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Accès à un matériel d'exploitation adéquat 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes horticoles à rangs très espacés • Systèmes agricoles extensifs irrigués avec systèmes de culture en rangs comme le maïs 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes agricoles extensifs à terres sèches ou irriguées • Zones de pâturage 	<p>Bednarz <i>et al.</i>, 2000 Brewster <i>et al.</i>, 1991 Costigan, 1988 Greenwood, 1990 Stone, 2000 Thompson <i>et al.</i>, 1990</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Fertirrigation au goutte-à-goutte 	<ul style="list-style-type: none"> • Les éléments nutritifs peuvent être appliqués en fonction de la demande des plantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Système onéreux • Nécessité d'une technique d'irrigation plus précise 		<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes horticoles et maraîchers 	<ul style="list-style-type: none"> • Cultures en champ à grande échelle 	
<ul style="list-style-type: none"> • Application par bande de P 	<ul style="list-style-type: none"> • Accroît l'efficacité de P 		<ul style="list-style-type: none"> • Services de vulgarisation 	<ul style="list-style-type: none"> • Culture en rangs • Sols à forte fixation de P 		

Appellation de la MPE: Choix des périodes d'application de N.

Description: Ajuster aux besoins temporels des cultures le type d'engrais et le moment de l'application.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Améliore l'efficacité d'utilisation de N en réduisant les pertes 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilité de main-d'œuvre • Coût des applications supplémentaires 	<ul style="list-style-type: none"> • Prime aux produits de qualité • Limitations du N total utilisé • Taxation de N résiduel 	<ul style="list-style-type: none"> • Légumes • Céréales 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes marginaux • Systèmes d'élevage intensif 	<ul style="list-style-type: none"> • Tenir compte du comportement du sol en fonction du type d'engrais

Appellation de la MPE: Injecter ou incorporer du fumier chaque fois que c'est possible

Description: Injection ou incorporation de fumier peu de temps après l'épandage.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Évite la contamination par le ruissellement de surface • De même, réduit les apports de P aux eaux de surface • Accroît l'efficacité d'utilisation de N en diminuant la volatilisation de NH₃ 	<ul style="list-style-type: none"> • Davantage de main-d'œuvre nécessaire • Généralement, nécessité d'un matériel plus lourd 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre à disposition du matériel collectif • Réglementations à faire appliquer à bref délai pour l'incorporation ou l'injection 	<ul style="list-style-type: none"> • Sols à texture moyenne sous les climats tempérés 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de labour • Sols secs ou compactés • Surfaces en pente 	<ul style="list-style-type: none"> • L'incorporation devrait être pratiquée tôt, au moins à la fin de la journée de travail. Si possible, il est préférable d'injecter • Un matériel plus lourd est nécessaire; un compactage du sol peut se produire

Appellation de la MPE: Application d'engrais azotés retard (à libération progressive).

Description: L'emploi de ces engrais a pour but de retarder ou de maîtriser la disponibilité d'azote minéral en vue d'améliorer l'efficacité des engrais azotés.

Application d'engrais azotés retard	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Urée-aldéhydes 	<ul style="list-style-type: none"> • Ces engrais réduisent la volatilisation et les pertes d'ammoniac par lixiviation • Peuvent améliorer la disponibilité d'éléments nutritifs tout au long de la saison • Économies de main-d'œuvre dues à des applications d'engrais moins fréquentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Le rapport des polymères en mélange et les conditions environnementales influent sur le taux de transformation de N, et peuvent ne pas être synchronisés avec la demande des plantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Services de vulgarisation 	<ul style="list-style-type: none"> • Cultures hivernales avec une forte teneur du sol en eau • Cultures de haute valeur 	<ul style="list-style-type: none"> • Cultures à court cycle de croissance • Cultures horticoles 	Bharati <i>et al.</i> , 2000 Belligno <i>et al.</i> , 1995 Chaiwanakupt <i>et al.</i> , 1996 Guertal, 2000 McCarty, 1999 Owens <i>et al.</i> , 1999 Puttanna <i>et al.</i> , 1999 Rajendra <i>et al.</i> , 1995 Salas <i>et al.</i> , 1995 Sutton 1990 Wang <i>et al.</i> 1996
<ul style="list-style-type: none"> • Urée enrobée 		<ul style="list-style-type: none"> • Les améliorations des rendements ne peuvent s'obtenir que dans des situations agricoles spéciales en fonction du type de sol, de la durée de la lixiviation et d'autres aspects • Prix plus élevé que celui des engrais classiques par unité d'azote 	<ul style="list-style-type: none"> • Services de vulgarisation 	<ul style="list-style-type: none"> • Sols salins • Sols sableux • Cultures pratiquées en période de forte pluviométrie • Riz irrigué comme incorporation de base • Paysages urbains (parcs et jardins) • Cultures de haute valeur 		

Appellation de la MPE:: Utiliser un matériel étalonné permettant une application uniforme des éléments nutritifs.

Description: Les engrais chimiques et les engrais organiques devraient être appliqués de manière uniforme. En outre, les applications devraient être faites avec du matériel étalonné permettant de bien régler les quantités voulues.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • L'uniformité prévient (évite) la surfertilisation • Un matériel étalonné permet d'appliquer les quantités requises, et notamment de faibles quantités 	<ul style="list-style-type: none"> • Exige du temps et de la main-d'œuvre • Coût du matériel 	<ul style="list-style-type: none"> • Favoriser la vérification régulière • Encourager le recours à un matériel étalonné • Démonstrations de matériel • Conseils techniques 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes très mécanisés et à haute maintenance 		<ul style="list-style-type: none"> • Pour des produits très peu homogènes, tels que certains engrais organiques, il peut être difficile d'obtenir une uniformité • Le matériel de fertirrigation devrait être envisagé sous le même angle

Appellation de la MPE: Gestion spécifique de site.

Description: Prendre en compte les caractéristiques du site, principalement du sol, pour l'emploi des engrais.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Permet théoriquement de répondre avec précision aux besoins en éléments nutritifs en minimisant les pertes de ceux-ci dans l'environnement et d'optimiser la productivité 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût • Un environnement "high-tech" est nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilité de matériel standard • Services de laboratoire et de conseil 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes à haute technicité 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes marginaux • Champs petits et éparpillés 	<ul style="list-style-type: none"> • Est en quelque sorte synonyme d'agriculture de précision • Il convient de pousser les recherches (par ex, modélisation de la contribution de la matière organique du sol) pour que la méthode soit opérante

Appellation de la MPE: Ne pas appliquer de purin sur des sols en pente à moins qu'il ne soit injecté ou incorporé avant la fin du jour même d'application.

Description: Éviter l'application de purin sur un sol en pente afin de prévenir la formation d'un ruissellement susceptible de gagner les cours d'eau.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Évite la formation de ruissellement • Évite une pollution directe • En diminuant les nuisances olfactives, accroît la compatibilité de l'exploitation agricole avec d'autres activités 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite de la main-d'œuvre (coût supplémentaire) • Disponibilité de sols non pentus • Coût supplémentaire des systèmes d'injection • Sols pierreux • Sols secs • Sols compactés 	<ul style="list-style-type: none"> • Éducation • Subvention des investissements en matériel • Avantages à une plus grande efficacité d'utilisation de N • Agriculture écologique 	<ul style="list-style-type: none"> • Basés sur l'élevage 	<ul style="list-style-type: none"> • Marginaux, minéraux 	<ul style="list-style-type: none"> • L'injection ou l'incorporation rapide (dans les 4 heures suivant l'épandage) limite aussi la volatilisation de l'ammoniac

Appellation de la MPE: Ne pas appliquer les engrais organiques près de cours d'eau ou de puits.

Description: Éviter l'épandage d'engrais près des cours d'eau ou de puits afin de prévenir une pollution directe.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Évite une pollution directe • Préserve la bonne image sociale du secteur primaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilité de terres non sujettes à ce handicap • Durée du transport en raison d'une plus grande distance à des terres plus appropriées 	<ul style="list-style-type: none"> • Éducation • Conseils techniques • Échange des terres présentant ce handicap avec des terres qui en sont dépourvues • Paiement direct d'une gestion différenciée de ces zones 	<ul style="list-style-type: none"> • Tous les systèmes proches de cours d'eau ou de puits 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes où cette MPE est sans objet 	<ul style="list-style-type: none"> • Tenir compte des cours d'eau saisonniers

Appellation de la MPE: Ne pas appliquer le fumier ou le lisier sur des sols saturés d'eau.

Description: Éviter l'épandage de fumier ou de lisier sur des sols saturés d'eau ou sur des sols de zones inondables au cours des périodes très pluvieuses.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Prévient le lessivage de nitrates • Évite la dénitrification • Préserve la bonne image sociale du secteur primaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilité de terres non sujettes à ce handicap • Durée du transport en raison d'une plus grande distance à des terres plus appropriées 	<ul style="list-style-type: none"> • Éducation • Services techniques • Échange de terres présentant ce handicap avec des terres qui en sont dépourvues • Paiement direct d'une gestion différenciée de ces zones 	<ul style="list-style-type: none"> • Ceux où les sols deviennent saturés d'eau ou se trouvent en zones inondables au cours des périodes de crue 	<ul style="list-style-type: none"> • Ceux où cette MPE est sans objet 	<ul style="list-style-type: none"> • Les sols irrigués par gravité peuvent présenter des risques équivalents au cours de la saison d'irrigation

Appellation de la MPE: Ne pas épandre le fumier ou le lisier sur des sols gelés ou couverts de neige.

Description: Éviter une perte incontrôlée d'éléments nutritifs aux sites où le sol est gelé ou couvert de neige.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Intérêt des avantages au regard des contraintes et limitations	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Évite une pollution directe par ruissellement • Préviend le lessivage des nitrates • Évite la dénitrification • Préserve la bonne image sociale du secteur primaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilité de terres ne présentant pas ce handicap • Capacité de stockage suffisante du lisier ou de purin • Durée du transport en raison d'une plus grande distance à des terres plus appropriées 	<ul style="list-style-type: none"> • Éducation • Conseils techniques • Paiement direct d'une gestion différenciée de ces zones 	<ul style="list-style-type: none"> • Subventionner les investissements pour une capacité de stockage suffisante • Éducation à la réduction de la génération du volume de lisier ou purin 	<ul style="list-style-type: none"> • Ceux qui sont exposés aux chutes de neige et au gel 	<ul style="list-style-type: none"> • Ceux où ces handicaps n'existent pas 	

5.4 MPE connexes

D'une manière générale, toutes les pratiques favorisant un bon développement et un bon rendement des cultures devraient être considérées comme des MPE.

Ces pratiques ne seront pas toutes examinées; il devrait être retenu que seuls les systèmes agricoles productifs sont en mesure d'utiliser efficacement les éléments nutritifs des plantes.

Appellation de la MPE: Utilisation efficace de l'eau

Description: Il est possible d'utiliser l'eau de manière efficace, ce qui inclut l'utilisation combinée de l'eau de pluie et de l'eau d'irrigation. Il convient de recourir, chaque fois que c'est possible, à des méthodes d'épandage plus efficaces. Un épandage uniforme du sol est un impératif pour tout système. Une certaine planification de l'eau d'irrigation devrait être réalisée, avec notamment des appareils de mesure de l'eau sur le terrain. Dans certains cas, une irrigation déficitaire peut être recommandée.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Réduit la lixiviation de N, économise de l'eau • Meilleurs rendements. • Coûts moindres (eau et engrais) 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût 	<ul style="list-style-type: none"> • Incitations à des économies d'eau (modifications de la gestion de l'eau, etc.). Mise à disposition de moyens 			<ul style="list-style-type: none"> • MPE toujours importante

Appellation de la MPE: Mesures de lutte contre l'érosion.

Description: Ensemble de pratiques destinées à lutter contre l'érosion des sols et l'érosion hydrique. Elles comportent un large éventail de techniques que l'on appelle aujourd'hui "labour de conservation" ou "labour minimal". Parmi les autres mesures figurent la culture selon les courbes de niveau, l'aménagement en terrasses, etc. On range très souvent aussi sous ce concept les mesures de conservation de l'eau.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Conservation du sol et de l'eau • Dans certaines situations, de meilleurs rendements sont obtenus à moindre coût • Évite le ruissellement de surface 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût • Limitations au labourage du sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Éducation et formation 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes d'agriculture extensive 		<ul style="list-style-type: none"> • Si elle est proprement conçue, cette MPE réduit au minimum le ruissellement de surface et, par conséquent, les apports de P aux eaux de surface

Appellation de la MPE: Réutilisation de l'eau.

Description: Les eaux usées ou les eaux partiellement traitées contiennent très souvent une certaine quantité d'azote et d'autres éléments nutritifs. Il en va de même pour l'eau de puits de terres agricoles à exploitation intensive.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilité d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité des eaux usées (sanitaire, salinité) 	<ul style="list-style-type: none"> • Promouvoir des moyens d'utilisation des eaux usées 	<ul style="list-style-type: none"> • Cultures extensives 	<ul style="list-style-type: none"> • Légumes destinés à la consommation directe 	<ul style="list-style-type: none"> • Garder à l'esprit les implications sanitaires.
<ul style="list-style-type: none"> • Une quantité moindre d'éléments nutritifs est nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilité d'eau • Incertitude concernant la composition de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> • Services de laboratoire et de conseil 			

Appellation de la MPE: Lutte contre les plantes adventices, les ravageurs et les maladies

Description: Des cultures saines sont plus productives et assimilent davantage d'éléments nutritifs.

Remarques générales: Ainsi, un préalable pour éviter le lessivage des nitrates est-il de maintenir des cultures productives.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Il se produit un lessivage moindre des nitrates 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût 	<ul style="list-style-type: none"> • Formation • Vulgarisation 	<ul style="list-style-type: none"> • Tous 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes marginaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Tous les systèmes conviennent

Appellation de la MPE: Rotation des cultures

Description: Les cultures faites sur un champ donné, l'une après l'autre, qui peuvent être répétées ou non dans le même ordre. Les rotations de cultures peuvent être conçues pour maintenir la qualité du sol.

Type de rotation de cultures	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Cultures appartenant à différentes familles (par ex. sorgho – oignon) • Combiner des cultures et à fort et faible taux de résidus (par ex., coton – tomate – ail) • Cultures à racines profondes après cultures à racines peu profondes (par ex., blé – oignon) • Renforcer le maintien des niveaux organiques du sol • Renforcer la gestion biologiquement intégrée des ravageurs 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit au minimum les agents pathogènes du sol en brisant leurs cycles • Recycle la biomasse des résidus de culture qui est liée à l'entretien des niveaux organiques du sol • Le sol fixe les nitrates du sol pour les cultures qui peuvent tirer profit des nitrates restants, réduisant ainsi les besoins en engrais azotés des cultures à racines profondes 	<ul style="list-style-type: none"> • Les cultures sur un champ donné peuvent varier chaque année car elles sont avant tout basées sur des recettes anticipées 	<ul style="list-style-type: none"> • Favoriser l'information sur la planification de la fertilisation 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes agricoles irrigués 		<ul style="list-style-type: none"> • Dans certaines exploitations céréalières sur sol sec, des cultures de légumineuses à faible demande en eau peuvent être introduites au cours de la saison froide • Un très large recyclage de matières organiques résulte de différentes rotations de cultures 	Mitchell <i>et al.</i> , 1999

Appellation de la MPE: Cultures intercalaires.

Description: Le but est de faire pousser simultanément différentes cultures de manière à accroître l'efficacité de N.

Méthode de culture intercalaire	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Avec culture de légumineuses (par ex., association herbe-trèfle, maïs-soja, orge-petits pois) • Sans culture de légumineuses 	<ul style="list-style-type: none"> • La fertilisation azotée peut être réduite pour des rendements similaires ou, sinon, elle peut entraîner des teneurs en protéines plus élevées des céréales 	<ul style="list-style-type: none"> • Dans certains systèmes, le coût des labours augmente • D'autres facteurs antagoniques peuvent intervenir en rapport avec la compatibilité entre espèces, avec la durée de vie et d'autres aspects comme l'état du marché 		<ul style="list-style-type: none"> • Vergers ou • Pâturages avec disponibilité complète d'eau • Céréales 		Loiseau <i>et al.</i> , 2001

5.5 MPE propres à certains systèmes agricoles

5.5.1 Production maraîchère intensive

La production de légumes à ciel ouvert est pratiquée à divers degrés d'intensité. Parfois en rotation avec des cultures de plein champ, parfois avec d'autres légumes.

L'intensité d'utilisation des éléments nutritifs est parfois élevée ou très élevée quand on emploie des engrais de ferme. Dans certains cas, on a adopté une méthode de fertilisation qui ressemble à certains égards à la culture hors-sol (autrement dit, utilisation de solutions d'éléments nutritifs sans sol naturel). Cette méthode, même optimisée, nécessite de grosses quantités d'éléments nutritifs et des pertes dans l'environnement sont susceptibles de se produire. En pareil cas, il convient d'encourager le passage à des techniques de culture hors sol.

Dans d'autres cas, la plupart des MPE exposées à la section 5.3 (application d'engrais) ou 5.6 conviennent bien pour résoudre les problèmes résultant d'un système de production intensive de légumes.

Appellation de la MPE: Recycler les solutions nutritives dans les cultures hors-sol.

Description: La culture hors-sol utilise des solutions nutritives. Si elles sont réutilisées (remises en circulation) dans la même culture, l'on obtient une forte réduction des pertes d'éléments nutritifs.

Remarques générales: Dans les zones de production maraîchère très intensive, notamment sous serre.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Réduction spectaculaire des émissions d'éléments nutritifs dans le sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût • Installations pratiquement pas disponibles • Agents pathogènes dans la solution nutritive, y compris divers ravageurs 	<ul style="list-style-type: none"> • Restrictions à l'utilisation des éléments nutritifs • Moyens d'assainissement • Taxation des rejets 	<ul style="list-style-type: none"> • Cultures hors-sol uniquement 		<ul style="list-style-type: none"> • La destination de la solution résiduelle est à envisager 	Schwarz, 1995 Winsor et Schwarz, 1990

5.5.2 Système d'élevage intensif

Dans ces cas, l'accent est mis sur le régime alimentaire des animaux (réduction de N, P et du volume d'excréta) et également sur la réduction du volume résiduel. D'autres parties relèvent de plusieurs rubriques.

Appellation de la MPE: Régime alimentaire.

Description: La modification du régime alimentaire des animaux a pour but de maintenir ou augmenter l'indice de conversion/efficacité des aliments en produits animaux, en réduisant ainsi la quantité d'azote et de phosphore par unité de viande, lait, œuf. Cette mesure permet d'obtenir des réductions des quantités de P et de N atteignant 60%.

Réduction de N	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Accroître la digestibilité des protéines: utilisation d'aliments à teneur élevée en protéines 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmente l'efficacité de l'utilisation de l'azote par l'animal (kg de N de la production animale de l'exploitation par kg de N ingéré) • Réduit la quantité de N excrété dans le fumier • Bon rapport C/N • Possibilité d'avoir un cheptel plus important par unité de surface agricole • Réduit la perte de N ammoniacal (gazeux) 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût plus important des matières premières avec les aliments à haute digestibilité • Dépendance de l'extérieur pour obtenir les aliments ayant des protéines très digestibles (soja) • De nombreuses exploitations ne sont pas autosuffisantes en matière d'aliments pour animaux. Elles se procurent habituellement les aliments auprès d'un fabricant ou de sociétés à intégration verticale 	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir l'aliment protéinique convenant le mieux aux conditions de la zone • Subventionner les aliments à la plus forte teneur en protéines • Relever les prix payés aux exploitants agricoles pour la viande et autres produits d'élevage 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes industriels de production animale • Systèmes mixtes culture-élevage 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de production en pâturage 	Succi et Garçon, 1999

Appellation de la MPE: Régime alimentaire (*suite*)

Réduction de N	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Accroître la digestibilité des protéines: traitement thermique des aliments • Compression ou floconnage à la vapeur 	<ul style="list-style-type: none"> • Idem que ci-dessus • Rend l'amidon plus digeste 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts énergétiques plus élevés • Nécessité d'un matériel qui produira des aliments plus onéreux bien que d'une conception plus nouvelle • Perte d'activité phytasique 	<ul style="list-style-type: none"> • Intégrer le coût des aliments pour bétail et le coût de la gestion des excréments azotés 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes industriels de production animale • Systèmes mixtes culture-élevage 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de production animale en pâturage 	<p>Owens <i>et al.</i>, 1997 Bradford <i>et al.</i>, 1999 Latimier et Pointillart, 1993</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Accroître la digestibilité des protéines: utilisation d'enzymes 	<ul style="list-style-type: none"> • Améliore la digestibilité des aliments, notamment des fibres • Permet d'utiliser des céréales de qualité inférieure avec l'orge dans la ration des poulets • Augmente l'efficacité de l'azote utilisé par l'animal (kg de N dans la production animale de l'exploitation par kg de N ingéré) • Réduit la quantité de N excrétée dans le fumier • Bon rapport C/N • Possibilité d'avoir un cheptel plus important par unité de surface • Réduit l'azote ammoniacal (pertes) 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût des enzymes • Difficultés en cas de granulations (le traitement thermique peut être dommageable) • Les exploitants n'acceptent pas toujours les enzymes • Disponibilité d'enzymes 	<ul style="list-style-type: none"> • Intégrer le coût des aliments pour animaux et le coût de la gestion de l'azote excrété • Programmes sociaux visant à promouvoir leur utilisation. Le but est d'accroître la capacité en matières premières locales et de réduire la dépendance extérieure 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes industriels de production animale • Non ruminants, notamment la volaille 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de production animale en pâturage • Ruminants 	<p>Campbell, 1993 Bradford <i>et al.</i>, 1999</p>

Appellation de la MPE: Régime alimentaire (suite)

Réduction de N	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Ajuster la teneur en protéines du fourrage aux besoins des animaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmente l'efficacité de l'azote utilisé par l'animal (kg de N dans la production animale de l'exploitation par kg de N ingéré) • Réduit la quantité de N excrétée dans le fumier • Bon rapport C/N • Possibilité d'avoir un cheptel plus important par unité de surface agricole • Réduit la perte d'azote ammoniacal (gazeux) • Améliore le bien-être des animaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilité de matières premières permettant l'ajustement • Difficultés au cours de la gestion du processus de fabrication, de stockage et de distribution d'une grande variété d'aliments • Coût élevé de cette mesure • Nécessité d'un meilleur niveau technologique pour concevoir les régimes alimentaires 	<ul style="list-style-type: none"> • Intégrer le coût des aliments pour animaux et le coût de la gestion de l'azote excrété • Développer l'information technique requise permettant d'ajuster les besoins protéiniques des animaux aux conditions locales (matières premières disponibles et possibilités de production sur place, type d'animal, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes industriels de production animale • Systèmes mixtes culture-élevage 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de production animale en pâturage 	Succi et Grovotto, 1999

Appellation de la MPE: Régime alimentaire (suite)

Réduction de N	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Apport plus faible en protéines/azote grâce à l'administration de compléments d'acides aminés de synthèse 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmente l'efficacité de l'azote utilisé par l'animal (kg de N dans la production animale de l'exploitation par kg de N ingéré) • Réduit la quantité de N excrétée dans le fumier • Bon rapport C/N • Possibilité d'avoir un cheptel plus important par unité de surface agricole • Réduit la perte d'azote ammoniacal (gazeux) • Réduit la nécessité d'aliments enrichis en protéines (soja) • Réduit la dépendance extérieure 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité d'acheter des acides aminés de synthèse • Rejet social possible des moyens de production destinés à apporter des substances de synthèse dans le régime alimentaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Intégrer le coût des aliments pour animaux et le coût de la gestion de l'azote excrété • Réduire le coût des acides aminés 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes industriels de production animale. Porcs et volaille 		<p>Liebert, 1999 Shutte et Jong, 1999 Torrallardona, 1999</p>

Appellation de la MPE: Régime alimentaire (*suite*)

Réduction de P	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Références
<ul style="list-style-type: none"> Utilisation d'enzymes: phytases de synthèse 	<ul style="list-style-type: none"> Réduit la quantité de phosphore excrétée dans le fumier/lisier Améliore la minéralisation Diminue la surface foncière nécessaire à l'élimination du fumier et abaisse le coût d'application de celui-ci (critères P) Accroît la quantité de N et de K récupérés sur la culture, en cas de sélection des critères P 	<ul style="list-style-type: none"> Coûts de la phytase De nombreux exploitants achètent leurs aliments pour animaux auprès d'un fabricant 	<ul style="list-style-type: none"> Intégrer le coût des aliments pour animaux et le coût de la gestion du phosphore du fumier 	<ul style="list-style-type: none"> Systèmes industriels de production animale Porcs 	<ul style="list-style-type: none"> Système de production animale en pâturage Ruminants 	<p>Bradford <i>et al.</i>, 1999</p> <p>Bosch <i>et al.</i>, 1998</p> <p>Jongbloed et Lenis, 1999</p>
<ul style="list-style-type: none"> Utiliser des ingrédients végétaux ayant une haute activité phytasique 	<ul style="list-style-type: none"> Réduit la quantité de phosphore excrétée dans le fumier 	<ul style="list-style-type: none"> Difficultés techniques pour déterminer avec précision la teneur en phytase La teneur en phytase des céréales varie notablement d'un lot à l'autre 	<ul style="list-style-type: none"> Idem que ci-dessus 	<ul style="list-style-type: none"> Systèmes industriels de production animale Systèmes mixtes culture-élevage 	<ul style="list-style-type: none"> Systèmes de production animale en pâturage 	<p>Jongloeb <i>et al.</i>, 1991</p>

Appellation de la MPE: Régime alimentaire (suite)

Réduction de P	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Références
<ul style="list-style-type: none"> Ajuster la teneur en phosphore des aliments aux besoins des animaux 	<ul style="list-style-type: none"> Réduit la quantité de phosphore excrétée dans le fumier/lisier 	<ul style="list-style-type: none"> Disponibilité de matières premières permettant d'ajuster le niveau de phosphore Contraintes techniques 	<ul style="list-style-type: none"> Intégrer le coût des aliments pour animaux et le coût de la gestion du phosphore du fumier/lisier Conseils techniques 	<ul style="list-style-type: none"> Systèmes industriels de production animale Systèmes mixtes culture-élevage 	<ul style="list-style-type: none"> Systèmes de production animale en pâturage 	

Appellation de la MPE: Réduction du volume - Gestion de l'eau

Description: L'un des coûts les plus importants dans la gestion des engrais solides organiques et des purins ou lisiers est dû à leur transport et à leur application. La densité élevée d'animaux oblige à transporter les engrais assez loin, si bien que le coût du transport dépasse la valeur des éléments nutritifs contenus dans les engrais. En vue de faciliter la gestion précitée, il y a lieu d'adopter toutes les mesures qui permettent de réduire le volume et d'accroître la concentration des engrais.

Gestion de l'eau	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Nettoyage: système à forte pression et volume réduit 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit la consommation d'eau • Réduit le volume de lisier ou purin • Réduit la durée d'intervention 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts des équipements 	<ul style="list-style-type: none"> • Subventionner l'acquisition de ces types d'équipement • Estimer la réduction du coût de gestion du fumier ou du lisier • Installer des compteurs à eau 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de logement en bâtiments 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de production animale en pâturage • Systèmes en plein air 	Callejo et Diaz, 1998
<ul style="list-style-type: none"> • Garder l'eau de pluie à part des fosses à fumier ou lisier 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit la consommation d'eau • Réduit le volume de fumier ou lisier • Augmente la valeur fertilisante du fumier ou lisier 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût 	<ul style="list-style-type: none"> • Installer des compteurs à eau • Réutilisation de l'eau de pluie, lavage, etc., pour le nettoyage des aires les plus sales 			

Appellation de la MPE: Réduction du volume – Gestion de l'eau (suite)

Gestion de l'eau	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Concevoir des systèmes faciles à nettoyer 	<ul style="list-style-type: none"> • Améliore l'hygiène-salubrité de l'exploitation • Réduit le volume de fumier ou lisier 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité de couvrir les fosses à fumier ou lisier • Nécessité d'aménager des ouvrages de stockage et d'évacuation de l'eau de pluie ayant leurs propres réseaux de canalisations 				
<ul style="list-style-type: none"> • Aliments: limiter les rations à haute teneur en protéines brutes ou très salées 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit l'ingestion d'eau par l'animal • Réduit le volume de fumier ou lisier 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilité de matières premières 				
<ul style="list-style-type: none"> • Aliments solides 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit l'ingestion d'eau par l'animal • Réduit le volume de fumier ou lisier 					

Appellation de la MPE: Réduction du volume – Gestion de l'eau (suite)

Gestion de l'eau	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ Conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Limiter les conditions environnementales (température, humidité, ventilation) qui augmentent la soif chez l'animal 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit l'ingestion d'eau par l'animal • Réduit le volume de fumier ou lisier • Améliore le bien-être des animaux • Améliore la production animale 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût énergétique pour faire fonctionner l'installation 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositions juridiques sur les nouveaux équipements 	<p>Systèmes de logement en bâtiments</p>		
<ul style="list-style-type: none"> • Engrais solides avec litière 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit le volume d'engrais par comparaison avec le lisier • Engrais de meilleure qualité et meilleur rapport C/N • Facilite la gestion et le stockage • Bien-être des animaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût de la litière • Disponibilité de matières premières pour la litière • Coût et problèmes pendant la période où l'exploitation passe d'un système de lisier à un système d'engrais solides • Difficultés de la gestion mécanique et automatique des engrais 	<ul style="list-style-type: none"> • Subventionner la conception du projet de telles exploitations • Promouvoir la technique parmi les exploitants agricoles et les consommateurs 			

5.5.3 Systèmes extensifs sur terres arides

L'extraction d'éléments nutritifs se produit surtout dans ces systèmes extensifs mais peut également se produire dans d'autres systèmes.

Appellation de la MPE: Restituer (remplacer) les éléments nutritifs exportés par les cultures récoltées.

Description: Les cultures fixent des éléments nutritifs du sol et, une fois que la récolte a eu lieu, ceux-ci peuvent être exportés hors du champ. Un préalable à une agriculture durable consiste à éviter l'extraction des éléments nutritifs du sol, autrement dit à restituer au sol les éléments nutritifs exportés de manière à éviter à long terme une dégradation des sols et un déclin des rendements.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Maintenir et accroître les rendements, en rendant l'agriculture rémunératrice 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût des engrais minéraux • Disponibilité d'engrais organiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre des engrais à disposition des exploitants • Services de vulgarisation • Subventionner un certain plafond d'engrais par hectare 	<ul style="list-style-type: none"> • Tous les systèmes agricoles 		<ul style="list-style-type: none"> • Une extraction d'éléments nutritifs du sol se produit maintenant dans certaines zones à rendements fluctuants ou dans certaines anciennes économies centralisées 	<p>Ayanaba <i>et al.</i>, 1976 Jiménez et Lamo de Espinosa, 1998</p>

5.6 MPE pour les zones présentant un excédent d'éléments nutritifs ou une qualité environnementale élevée

Appellation de la MPE: Bandes de végétation tampon.

Description: La végétation naturelle empêche le ruissellement de surface de gagner directement les masses d'eau ou les cours d'eau en piégeant les sédiments et les éléments nutritifs. De même, les eaux souterraines peu profondes peuvent être interceptées par des plantes à racines profondes (arbres), les éléments nutritifs absorbés ou les nitrates dénitrifiés à proximité des cours d'eau où il existe des zones présentant une certaine anoxie.

Remarques générales: Mesure de grande importance pour la plurifonctionnalité des paysages agricoles qui revêt aussi une grande valeur pour prévenir la pollution des eaux.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Évite le flux d'éléments nutritifs vers les masses d'eau et cours d'eau • Mesure pouvant aussi contribuer à piéger les déchets particuliers ainsi que les microbes et pesticides fixés sur les sédiments • La végétation pérenne assure la diversité du couvert et des aliments pour la flore et la faune sauvages; elle ajoute aussi une diversité esthétique à un paysage de terres cultivées 	<ul style="list-style-type: none"> • Compétition pour la terre, la lumière et l'eau • Nécessite un coût d'aménagement supplémentaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Réglementaires • Paiement de la plurifonctionnalité agricole 	<ul style="list-style-type: none"> • Terres cultivées, pâturages, enclos de bétail et pâturages proches de petits cours d'eau et de lacs • Zones où l'érosion du sol est également importante et où les sédiments peuvent être préjudiciables aux habitats aquatiques et combler les retenues d'eau 		<ul style="list-style-type: none"> • Il s'agit d'une MPE avérée. 	Dosskey <i>et al.</i> , 1997a. Dosskey <i>et al.</i> , 1997b. Dosskey <i>et al.</i> , 1997c. Fajardo <i>et al.</i> , 2001 Nichols <i>et al.</i> , 1998

Appellation de la MPE: Éviter la stérilisation des sols.

Description: La stérilisation des sols est une méthode permettant de lutter contre les champignons pathogènes, plantes adventices, nématodes, parasites de phanérogames, bactéries et autres agents biotiques et abiotiques. Les bactéries nitrifiantes (*Nitrosomonas* et *Nitrobacter* spp.) sont très sensibles aux fumigants et leurs populations peuvent être fortement réduites. Comme le repeuplement par les bactéries nitrifiantes peut être très lent, la nitrification peut être inhibée pour une période de temps considérable, ce qui accroît l'ammonium dans les sols fumigés. En outre, la fumigation pourrait être préjudiciable aux champignons mycorhiziens vésiculaires-arbusculaires indispensables à la croissance normale de certaines cultures et au développement de bactéries fixatrices d'azote.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Évite les effets négatifs sur les microorganismes bénéfiques • Évite de perturber l'équilibre biologique du sol. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité de lutter contre les agents pathogènes et les ravageurs des sols à cultures intensives 	<ul style="list-style-type: none"> • Promouvoir des mesures de lutte alternatives comme les rotations de cultures ou du moins d'autres traitements modérés comme la solarisation des sols 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de culture maraîchère moins intensive 		Katan et Devay, 1991

Appellation de la BEP: Inhibiteurs de nitrification

Description: Adjonction d'inhibiteurs de nitrification aux engrais liquides ou utilisation d'engrais chimiques contenant de tels inhibiteurs afin de retarder la nitrification, prévenir le lessivage et répondre aux besoins en N des cultures.

Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Meilleure adaptation aux besoins en N des cultures si une bonne maîtrise de l'inhibition de la nitrification est obtenu. Est menée à bien peu de temps avant que la culture n'exige une quantité importante de N • Les inhibiteurs peuvent être ajoutés aux engrais organiques et minéraux (lisier de porc, boues d'épuration) 	<ul style="list-style-type: none"> • Le mélange des inhibiteurs de nitrification et du lisier n'est pas facile • Coût • Les effets inhibiteurs peuvent dépendre de la température, du pH et de l'humidité du sol • Il existe de vastes catégories d'inhibiteurs; le mode d'action de certains d'entre eux reste mal connu • S'ils ne sont pas enterrés après l'application, ils peuvent accroître les pertes par volatilisation de l'ammoniac • L'efficacité de l'inhibition de la nitrification fait encore débat au sein de la communauté scientifique 	<ul style="list-style-type: none"> • Démonstrations sur le terrain • Limitations à l'application de N total • Paiements effectués à l'atteinte des objectifs environnementaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes d'élevage • Cultures de haute valeur • Zones sensibles • Cultures hivernales avec fertilisation automnale 	<ul style="list-style-type: none"> • Applications faibles 	<ul style="list-style-type: none"> • Éviter le surdosage • Nécessité d'accroître les connaissances sur le comportement des inhibiteurs de nitrification 	<p>Barth <i>et al.</i>, 2001 Blaise <i>et al.</i>, 1997 Prakasa et Puttanna, 1987 Prasad et Power, 1995. Quemada <i>et al.</i>, 1998 Slangen et Kerkhoff, 1984</p>

Appellation de la MPE: Application foliaire de N.

Description: L'application foliaire de N est une mesure adoptée en cas de certaines limitations à l'azote du sol (par ex., conditions salines, sèches ou autres stress) ou pour réduire le lessivage des nitrates bien que l'azote appliqué sur le sol soit nécessaire. Mesure utilisée en outre pour des applications tardives quand des quantités élevées de N sont nécessaires. Dans des conditions normales, les réponses en rendement ne sont pas régulières.

Remarques générales: Son rôle consiste à apporter du N à la culture à certains moments critiques.

Produit fertilisant	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> • Urée, à biuret faible 	<ul style="list-style-type: none"> • Peut accroître la teneur en protéines du blé et des herbages • Peut être une mesure additionnelle pour maîtriser une croissance végétative excessive 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts supplémentaires élevés en rapport avec le nombre de pulvérisations • Réponses ne concordant pas avec l'application foliaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Objectifs de qualité 	<ul style="list-style-type: none"> • Système d'agriculture extensive • Autres systèmes tels que les agrumes et la pêche. • Cultures de haute valeur 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes à intrants faibles 	<ul style="list-style-type: none"> • D'autres produits peuvent tout autant être utilisés 	Clapp, 1993. Embelton <i>et al.</i> , 1974 Gooding <i>et al.</i> , 1992 Heitholt, 1994. Johnson <i>et al.</i> , 2001 Romero-Aranda <i>et al.</i> , 1996

Appellation de la MPE: Cultures de couverture/cultures dérobées.

Description: Les cultures de couverture et les cultures dérobées peuvent permettre de réduire le lessivage potentiel des nitrates en absorbant l'azote minéral résiduel des sols provenant de cultures précédentes et l'eau disponible, réduisant ainsi les pertes en dehors de la saison de croissance. Quand les cultures dérobées sont enfouies, une partie de l'azote absorbé est restituée au sol et est disponible pour la prochaine culture. Ces cultures contribuent aussi à réduire le ruissellement des précipitations et l'érosion des sols

Culture de couverture/ culture dérobée	Avantages (effets bénéfiques)	Contraintes et limitations à l'adoption par les exploitants	Mesures visant à encourager son adoption par les exploitants	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le mieux à l'adoption de la MPE proposée	Systèmes/ conditions agricoles se prêtant le moins à l'adoption de la MPE proposée	Remarques	Références
<ul style="list-style-type: none"> Légumineuses (par ex., vesces) 	<ul style="list-style-type: none"> Elles fournissent une source supplémentaire de N à la culture suivante par fixation biologique 	<ul style="list-style-type: none"> L'incorporation retardée d'une culture de couverture peut réduire la disponibilité de N pour la culture par immobilisation microbienne Augmente le coût de la main-d'œuvre Consommation d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> Subventions Élimination des contraintes structurelles (zones irriguées) 	<ul style="list-style-type: none"> Systèmes agricoles irrigués Systèmes agricoles alimentés par les pluies avec une disponibilité d'eau suffisante pendant l'hiver 	<ul style="list-style-type: none"> Systèmes agricoles à terres arides car en compétition pour l'eau en ce qui concerne les cultures 	<ul style="list-style-type: none"> La disponibilité en eau du sol est un facteur déterminant pour que les exploitants agricoles adoptent cette MPE 	Francis <i>et al.</i> , 1998 Martin <i>et al.</i> , 1983 Monks <i>et al.</i> , 1997 Rasse <i>et al.</i> , 2000 Wagger <i>et al.</i> , 1998 Wyland <i>et al.</i> , 1995
<ul style="list-style-type: none"> Non légumineuses (par ex., petites céréales) 	<ul style="list-style-type: none"> Elles peuvent éliminer l'azote inorganique résiduel du sol 						

6. DISCUSSION GÉNÉRALE

6.1 Introduction

Les meilleures pratiques environnementales (MPE), employées dans le sens d'une approche plus globale que ne l'impliquent des termes similaires ("bonnes pratiques agricoles", "meilleures pratiques de gestion") peuvent jouer un rôle important en réduisant les émissions d'éléments nutritifs (N, P) dans l'environnement, en enravant la dégradation des sols et en renforçant en particulier la qualité de ces derniers et, d'une manière plus générale, celle de l'environnement.

Cependant, il est clair qu'une approche intégrée devrait être adoptée pour traiter de cette sorte de problèmes; les politiques ont tendance à être sectorielles et à négliger les retombées dans des domaines connexes.

Les MPE représentent un ajustement précis de l'utilisation d'éléments nutritifs (N, P), mais d'un point de vue environnemental d'autres éléments sont à prendre en compte si elles doivent être efficaces. L'approche intégrée devrait se traduire par un ensemble concret de mesures pour chaque région et pour chaque secteur agricole.

6.2 Cadre d'une Mise en Oeuvre Efficace des MPE

6.2.1 Planification de l'utilisation des sols

À des échelles différentes, la terre est hétérogène. Parfois, les transformations sont brusques, parfois elles se produisent sur de longs cours. Ces variations ont lieu en termes de sols, climat, hydrologie, utilisation des sols, communautés biologiques, etc. Les valeurs humaines varient aussi d'un lieu à l'autre. Très souvent, par utilisation des sols, l'on tend à admettre que celle-ci est homogène sur de vastes étendues, si bien que ne sont pas prises en compte les caractéristiques pédologiques qui permettraient un réglage soigneux de la gestion; ainsi en résulte-t-il des effets marqués sur la qualité de l'environnement.

À cette heure même, des tendances très fortes se font jour pour accorder la prééminence aux forces concurrentielles de la mondialisation des marchés plutôt qu'aux dispositions réglementaires, bien que ces dernières ne cessent de gagner en nombre mais sans doute moins en efficacité. Si des concepts tels que "capacité de charge du sol " ou "charge critique" ont été introduites et recueillent une adhésion plus large, il est très difficile de les concrétiser au cas par cas comme c'est le cas avec l'étude d'impact sur l'environnement.

S'agissant des problèmes environnementaux liés aux éléments nutritifs (N, P) dans le domaine de l'agriculture, les situations les plus compliquées se rencontrent dans les zones d'élevage intensif (concentré) et de production maraîchère intensive. Dans ces deux cas, les surplus d'éléments nutritifs concernent de vastes superficies (dizaines ou centaines de milliers d'hectares), ce qui rend certains problèmes (comme les émissions de N dans l'air et l'eau) très difficiles à gérer, par exemple en assurant une dilution de la pollution qu'il est particulièrement ardu d'obtenir dans les zones arides de l'intérieur en Méditerranée. Mais une telle concentration spatiale d'activités économiques est favorisée par les conditions naturelles (climat, eau d'irrigation, etc.), les infrastructures et autres aménagements. De pareilles concentrations sont extrêmement efficaces au plan économique en raison des effets induits et tendent à amplifier concentration et intensification si elles sont abandonnées aux seules forces du marché.

La planification de l'utilisation de sols, à une bonne échelle, est un outil puissant pour concilier croissance économique et qualité de l'environnement. Elle peut prévenir les retombées environnementales fâcheuses, en permettant d'atteindre des normes de développement élevées, le plus souvent en diversifiant et en rendant compatibles sur une même étendue de terre des activités économiques différentes.

La planification de l'utilisation des sols, qui est un processus participatif, devrait être réalisée à diverses échelles sur la base de données solides concernant les sols et en assignant des objectifs économiques et environnementaux clairs. La compréhension des processus fondamentaux à l'œuvre dans une région est une condition préalable au succès d'un tel exercice de planification.

Les MPE ne sont pas en mesure, par elles-mêmes, d'inverser les tendances dans les zones d'exploitation intensive ou dans les zones marginales. Dans les deux cas, l'on peut s'attendre à des problèmes et des conflits (dans certaines zones) touchant plusieurs paramètres environnementaux associés à l'utilisation des éléments nutritifs (N, P): qualité des eaux souterraines, eutrophisation des eaux de surface, extraction d'éléments nutritifs, etc. Comme il a été dit plus haut, les MPE peuvent réduire notablement les émissions d'éléments nutritifs, mais, dans certains cas, il existe un plafond économique technique pour que ces réductions soient effectives en termes de normes environnementales instaurées, en un site donné, pour un système donné d'utilisation du sol. Ainsi, la planification de l'utilisation des sols est un préalable à l'adoption d'un ensemble efficace de MPE

6.2.2 Normes environnementales

Les normes de qualité concernant différentes ressources ou composantes environnementales sont instaurées à diverses fins (d'ordre sanitaire, écosystémique, technique, etc.).

L'eau est un problème capital de la planète, et tout spécialement en Méditerranée. Il a été suggéré ailleurs que certaines normes sont inapplicables dans des zones arides car:

- il existe moins d'eau dans des conditions naturelles;
- d'importantes quantités d'eau sont prélevées sur le système naturel;
- les normes sont exprimées en concentrations (masse/volume).

Il s'ensuit finalement que l'eau restante présente une concentration accrue de plusieurs constituants qui sont apportés par des activités humaines, comme les nitrates.

Cette discussion sort du cadre des présentes lignes directrices mais il convient de la garder à l'esprit quand les MPE ou les politiques qui s'y rattachent doivent être mises en œuvre et évaluées.

6.2.3 Éducation, formation et conseils techniques

Une bonne éducation de référence est nécessaire pour que les gestionnaires de la terre obtiennent un niveau satisfaisant d'adhésion aux MPE. Mais cette éducation n'a pu suffire dans de nombreux cas, si bien qu'il faut aussi ce que l'on appelle un "savoir traditionnel".

Par savoir traditionnel, on entend souvent une compréhension de la part naturelle des écosystèmes agricoles ainsi qu'un ensemble différent de valeurs associées à ces composantes. Dans cette acception, ce type d'éducation devrait être maintenu et encouragé.

De nombreuses MPE nécessitent une formation spéciale qui devrait être expressément dispensée. En plus de cela, des conseils techniques doivent être fournis. De plus en plus, les gestionnaires de la terre sont concernés davantage par les aspects économiques et le management et moins par les aspects techniques. Les services de vulgarisation agricole - aujourd'hui plutôt en déclin dans le monde - devraient être repensés en intégrant des objectifs environnementaux à l'approche productiviste qui prévalait jadis.

6.2.4 Sensibilisation aux problèmes d'environnement et au rôle socio-économique de l'agriculture

Les sociétés industrialisées ont tendance à attribuer un rang social dévalué aux activités agricoles et une sorte de marginalisation a lieu. L'adoption de MPE a conduit à une gestion avisée de la terre et cela n'est possible que si du personnel qualifié et motivé occupe les postes de responsabilité.

Bien que, dans la plupart des cas, les gestionnaires de la terre puissent avoir une bonne perception de la dégradation de l'environnement, ils se refusent souvent à admettre les effets de leur propre action. Avant que les MPE ne soient appliquées, il faut qu'intervienne une prise de conscience chez les acteurs du secteur agricole.

Bien que la productivité et que le revenu brut total augmentent dans la plupart des systèmes agricoles, leur contribution relative aux PNB diminue avec le temps, ce qui conduit à une situation de marginalisation de l'agriculture. Les citoyens ne reconnaissent pas l'importance de l'agriculture; une telle reconnaissance pourrait aider à la mise en œuvre des MPE.

Une agriculture hautement productive, telle qu'elle est pratiquée partout de nos jours, peut engendrer des effets néfastes sur l'environnement dans les pays du PAM et hors PAM. Du point de vue de la durabilité, les sources d'aliments locales sont très importantes; or, à ce jour, il n'a guère été porté d'attention à cette question.

Tous ces faits composent de l'agriculture le tableau d'une activité marginale; dans ces conditions, on ne peut guère s'attendre à ce que les exploitants agricoles adoptent les MPE si les pouvoirs publics ne prennent pas de mesures proactives.

6.2.5 Gestion intégrée des éléments nutritifs

L'utilisation de tous les éléments nutritifs biologiques existant dans une région donnée est un préalable à l'obtention d'une efficacité globale d'utilisation de ces éléments. Ce n'est pas très souvent le cas et, bien que certaines parties de la région en question puissent utiliser les éléments nutritifs de manière très efficace, le résultat d'ensemble est fort médiocre. Cette approche signifierait que chaque source d'éléments nutritifs (compost, boues d'épuration, eaux usées, lisier et purin, engrais minéraux, etc.) joue un certain rôle pour couvrir les besoins des systèmes agricoles.

Le résultat final consistera en une fertilisation de base opérée au moyen d'engrais organiques alors que les engrais minéraux y occupent une part plus réduite. Ce scénario se développe en pratique, en particulier dans les zones les plus urbanisées et industrialisées; les engrais minéraux sont de moins en moins employés comme engrais de grande consommation et sont remplacés par des produits très spécialisés (engrais enrobés, engrais retard, engrais très solubles, etc.).

Pour de grandes superficies, cela impliquera le transfert de grosses quantités de déchets (engrais à faible concentration) d'un lieu à un autre; cela impliquera aussi le traitement rationnel de ces déchets en fonction de leur destination agricole (Boixadera *et al.*, 2001) en vue de les adapter à leur utilisation comme engrais dans un système agricole spécifique. Il reste encore beaucoup à faire pour aller dans cette direction car, de nos jours, la plupart des traitements ne sont mis au point qu'en visant l'épuration des déchets industriels ou urbains. Une telle approche signifiera un effort considérable au niveau de l'exploitation agricole qui devra adopter une approche durable, parfois appelée "gestion intégrée des éléments nutritifs".

6.2.6 Problèmes environnementaux liés aux éléments nutritifs (N, P) et autres processus de dégradation des sols dans les pays du PAM

Les problèmes dus à un excédent d'éléments nutritifs (N, P) revêtent une ampleur moindre dans les pays du PAM que dans d'autres régions - comme l'Europe du Nord. Cependant, l'extraction d'éléments nutritifs peut être importante dans plusieurs parties des pays du PAM, spécialement dans les pays naguère à planification centralisée, ou dans les systèmes agricoles marginaux.

Toutefois, il se produit dans les pays du PAM d'autres formes de dégradation du sol en rapport avec les utilisations des terres agricoles. Ce sont: l'érosion des sols, la salinisation et la désertification.

6.3 MPE Retenues

Les MPE présentées à la section 5 ont été retenues entre les nombreuses possibilités existantes.

6.3.1 Visées générales des MPE retenues

Les MPE retenues ont plusieurs visées, mais qui s'inscrivent toutes dans l'objectif général consistant à réduire des émissions d'éléments nutritifs dans l'environnement et de faire en sorte que l'extraction d'éléments nutritifs soit une exception. À cet effet, divers moyens s'offrent:

- A. Réduire (diminuer) les apports extérieurs d'éléments nutritifs au système agricole (autrement dit, moins d'engrais chimiques, taux de stockage plus faible, etc.).
- B. Employer (prendre en compte) tous les éléments nutritifs existant dans une zone donnée, en augmentant leur efficacité globale d'utilisation.
- C. Utiliser de manière plus efficace les éléments nutritifs dans un compartiment donné du système agricole (par ex., fourrage, engrais, volatilisation de l'ammoniac).
- D. Accroître l'utilité (la valeur) des déchets en tant qu'engrais.
- E. Réduire/éviter le transfert des éléments nutritifs dans d'autres compartiments ou parties critiques de l'environnement.

Qui plus est, il convient de formuler une autre considération d'ordre général à propos des MPE. Certaines de celles-ci tendent à extensifier l'exploitation du sol alors que d'autres doivent en permettre une utilisation plus intensive; bien que ces dernières doivent améliorer la situation au plan de la gestion des éléments nutritifs, elles peuvent avoir d'autres effets secondaires qui sont moins connus et auxquels il conviendrait de prêter attention avant de généraliser leur adoption.

À titre de recommandation générale, les systèmes d'exploitation agricole mixtes avec différentes utilisations compatibles du sol devraient être encouragés comme le meilleur moyen d'atteindre les objectifs environnementaux.

6.3.2 Mesures visant à favoriser l'adoption des MPE par les exploitants agricoles

Comme on l'a vu plus haut, la sensibilisation (prise de conscience accrue) aux effets environnementaux de leur propre activité économique est, pour les gestionnaires de la terre - concept plus large que celui d'exploitants agricoles ou fermiers - un préalable à leur adoption délibérée.

La prise de conscience de leur rôle dans la gestion avisée des terres est fondamentale mais ne peut s'opérer dans le processus de marginalisation dont souffre actuellement l'agriculture.

D'autres outils disponibles sont:

- Intégrer l'adoption de certaines MPE dans les clauses des permis environnementaux d'exploitation.
- Taxation de l'utilisation de certains produits.
- Taxation de certains rejets (contenant des éléments nutritifs) dans l'environnement au delà d'un seuil critique.
- Appui financier à l'adoption de certaines MPE (comme c'est le cas actuellement des mesures agro-environnementales de la PAC).
- Règlements rendant exécutoire l'utilisation de certaines MPE dans des zones précises (zonage).
- Mise à disposition d'installations.
- Mise à disposition d'outils ou d'ensembles intégrés technologiques.

Le savoir traditionnel ou l'enseignement non conventionnel sont également importants mais leur rôle périclité rapidement et devient économiquement inutile dans les systèmes les plus intensifs aux coûts environnementaux externalisés. Les systèmes agricoles mixtes peuvent tirer un parti substantiel d'une utilisation de ce savoir dans leur gestion.

Comme on l'a déjà évoqué, de nombreuses MPE sont d'une grande complexité technique. Par conséquent, seules des personnes qualifiées et spécialement formées, avec des services techniques à leur portée, peuvent être en mesure de les adopter.

6.3.3 Situation concernant les MPE retenues

Certaines des MPE retenues sont actuellement appliquées dans plusieurs parties du monde, d'autres ont été proposées sur la base de quelques expériences pertinentes, mais leur application est en suspens; d'autres encore, bien que d'une efficacité démontrée, se heurtent toujours à des entraves (techniques, économiques, juridiques) pour leur application.

6.3.4 Ensemble de MPE pour chaque situation et nécessité de les intégrer

Chaque système agricole a ses propres spécificités en termes de caractéristiques physiques, biologiques, humaines et gestionnelles. Aussi ne peut-on définir un seul et même ensemble de MPE pour tous les systèmes agricoles existants. Des ensembles précis peuvent être recommandés pour tel ou tel système agricole mais, même dans ce cas, ils doivent être définis au plan local si l'on veut qu'ils répondent aux besoins de chaque exploitation agricole prise séparément.

Une autre remarque importante concerne la nécessité d'intégrer les MPE dans le système d'exploitation, faute de quoi elles pourraient être considérées comme extérieures à celui-ci en devenant inutiles. On n'insistera jamais assez sur la nécessité d'intégrer les MPE de telle manière qu'elles fassent réellement partie du système d'exploitation agricole.

6.3.5 Plafonds techniques et paradoxes économiques

Des milliers d'expérimentations sur le terrain ont été réalisées dans le monde dans le but de connaître la réponse des cultures à des doses croissantes de fertilisants. Certaines "lois" ont été déduites de ces expérimentations et des connaissances ont été acquises sur le comportement des éléments nutritifs, bien que la plupart de ces expérimentations aient été

incomplètes et qu'elles n'aient pas porté sur de nombreuses années en un même site (essais à long terme).

D'une manière générale, l'on peut constater que:

- Les éléments nutritifs agricoles - et tout spécialement l'azote - sont utilisés en s'accompagnant de pertes importantes dans l'environnement (sol, air et eau), un processus qui, dans de nombreux cas, reste mal compris ("au devenir ignoré" ainsi qu'il est mentionné dans la littérature scientifique).
- Il reste encore beaucoup à faire pour améliorer l'efficacité d'utilisation des éléments nutritifs, mais l'on s'accorde à reconnaître qu'il existe un plafond à une telle amélioration ("pertes inévitables").
- L'efficacité d'utilisation de l'azote est plus élevée dans les systèmes agricoles des zones tempérées que dans les systèmes agricoles plus arides (méditerranéens) ou irrigués. L'efficacité est liée à la disponibilité en eau.
- Il existe de grands écarts entre les diverses cultures quant à leur capacité à utiliser l'azote; les cultures maraîchères sont en général moins efficaces que, par exemple, les cultures céréalières.
- Des doses croissantes d'engrais sont utilisées avec moins d'efficacité (autrement dit la courbe de réponse culmine en plateau), probablement parce que d'autres facteurs deviennent limitatifs; par contre, de Wit (1992) a établi que, au plan du système agricole, l'efficacité d'utilisation des éléments nutritifs (N) augmente avec le temps en dépit du fait que les doses s'accroissent aussi. Cependant, il convient de garder à l'esprit que la quantité totale d'éléments nutritifs émise dans l'environnement par unité de superficie croît dans de nombreuses circonstances et que la dilution de la pollution joue un rôle en pareil cas.

En outre, du fait de l'incertitude entourant la pluviométrie, le coût des engrais et le prix des produits, le comportement le plus rationnel (au plan économique) consiste à utiliser un excédent d'engrais (surfertilisation) comme une sorte de garantie. D'autres paradoxes similaires peuvent être décrits concernant les exploitations maraîchères et l'incertitude sur l'azote dont disposent les plantes.

Il résulte de tout ce qui précède, s'ajoutant à la rareté de l'eau, qu'il pourrait s'avérer très difficile d'atteindre certains objectifs environnementaux (comme la concentration de nitrates dans les eaux souterraines) dans les conditions techniques et économiques actuelles, et notamment dans les régions comprenant un grand nombre d'exploitations d'agriculture intensive (concentration spatiale, "dilution" limitée). Cependant, l'adoption de MPE peut résoudre nombre de situations et en atténuer beaucoup d'autres.

7. RÉFÉRENCES

- Allemand N. 1991. Inventaire des émissions de NH₃ en France en 1985. Études documentaires du CITEPA (Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique) 99.CITEPA. 28 pp.
- Andreu V., Correal E., Erena M. and López F. (coord.). 1997. Convenio de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación (CCD). Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua de la Comunidad Autónoma Española de Murcia (CIDA).Murcia.70 pp.
- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. 1996. Bassin versant de la Saône, carte de la qualité des cours d'eau. DIREN Bourgogne, Franche-Comté et Rhône-Alpes, L'Agence de l'Eau (avec le concours des Services et Organismes départementaux).

- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. 1995. Franche-Comté. Carte de la qualité des cours d'eau. DIREN Franche-Comté, L'Agence de l'Eau. Besançon. France.
- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. 1996. Languedoc-Roussillon. Carte de la qualité des cours d'eau. DIREN Languedoc-Roussillon, L'Agence de l'Eau. Lyon, France.
- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. 1996. Provence-Alpes-Côte d'Azur. Carte de la qualité des cours d'eau. DIREN Provence-Alpes-Côte d'Azur, L'Agence de l'Eau. Marseille, France.
- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. 1996. Rhône-Alpes. Carte de la qualité des cours d'eau. DIREN Rhône-Alpes, L'Agence de l'Eau, France.
- Anonyme. 2001. Manual de Abonado. Guía Práctica. Compo Agricultura.BASF.
- Anonyme. 1997. Negotiating a Sustainable Future for Land. FAO (Food and Agriculture Organization) – UNEP (United Nations Environment Programme).60 pp.
- Anonyme. 1999. Environmental Resources. General Discussion and Conclusions. 64-68 pp. European Commission. DG Environment.
- Anonyme. 1999. Livestock Manures. Nitrogen equivalents. The Context. European Commission. DG Environment. 70 pp.
- Arah J.R.M., Smith K.A., Crichton I.J., and Li. H.S. 1991. Nitrous oxide production and denitrification in Scottish arable soils. *Journal of Soil Science* 42: 351-367.
- Armengol i Martín, F , Bou i Geli , J, Breton i Renard, F. *et al.* 1996. El Sistema Litoral. Un Equilibri Sostenible. Quaderns d'ecologia aplicada nº13. Diputació de Barcelona. Àrea del Medi Ambient.288 pp.
- Asman W.A.H. 1992. Ammonia emissions in Europe: Updated emission variations. Report num. 228471008 from the National Institute of Public Health and Environmental Protection, Bilthoven, The Netherlands, 88 pp.
- Asman W.A.H. and Janssen A.J. 1987. A long-range transport model for ammonia and ammonium for Europe. *Atmospheric Environment* 21, 2099-2119.
- Aulakh M.S., Doran J.W. and Mosier A.R. 1991. Field evaluation of four methods for measuring denitrification. *Soil Science Society American Journal* 55, 1332-1338.
- Aulakh M.S., Rennie D. A., and Paul E. A.. 1983. The effect of various clover management practices on gaseous nitrogen losses and mineral nitrogen accumulation. *Can. Journal of Soil Science* 63, 593-605.
- Avnimelech Y. and Laher. M. 1977. Ammonia volatilisation from soils: equilibrium considerations. *Soil Science Society of America Journal* 41, 1080-1084.
- Ayanaba A., Tuckwell S.B., and Jenkinson D.S. 1976. The effects of clearing and cropping on the organic reserves and biomass of tropical forest soils. *Soil Biology and Biochemistry* 8, 519-525.
- Bakken L.R. 1998. Denitrification under different cultivated plants: Effects of soil moisture tension, nitrate concentration and photosynthetic activity. *Biol. Fert. Soils*: 271-278.
- Bakken L.R., Børresen T. and Njøs A. 1987. Effect of soil compaction by tractor traffic on soil structure, denitrification and yield of wheat. *Journal of Soil Science* 38, 541-552.
- Banin A. 1986. Global budget for N₂O: The role of soils and their change. *Science Total Environment* 55, 27-38.
- Barberis R. and Pugliesi A. 2001. Atlanti Degli Indicatori del Suolo. ANPA.
- Barth G., von Tucher S. and Schmidhalter U. 2001. Influence of soil parameters on the effect of 3,4-dimethylpyrazole phosphate as a nitrification inhibitor. *Biology and Fertility of Soils* 34 (2), 98 – 102.

- Barton L. and Schipper L.A. 2001. Regulation of nitrous oxide emissions from soils irrigated with dairy farm effluent. *Journal of Environmental Quality* 30(6), 1881-1887.
- Beauchamp E.G., Trevors J.T. and Paul J.W. 1989. Carbon sources for bacterial denitrification. 131-142 pp. *In: Advances in Soil Science., Volume 10.* Springer-Verlag New York.
- Beck H. and Christensen S. 1987. The effect of grass maturing and root decay on nitrous oxide production in soil. *Plant and Soil* 103, 269-273.
- Beck J., Bicudo J.R., Bloxham P.F., Burton C.H., Carton O.T., Derikx P.J.L., Georgacakis D., Hahne J., Van der Kaa C., Hendriks J., Piccinini S., Martinez J., Oechsner H., Skjelhaugen O.J., Sommer S.G. and Svoboda I. Treatment strategies for sustainable agriculture. *Manure Management*.
- Beck J., Käck J., Hentschel A., Csehi K., and Jungbluth T. 1997. Ammonia emissions from composting animal wastes in reactors and windows. *International Symposium ammonia and odour control from animal production facilities.* Vinkeloord, Netherlands. October 6th-10th.
- Beline F., Martinez J., Chadwick D. Guiziu F. and Coste C.M. 1999. Factors affecting nitrogen transformation and related nitrous oxide emissions from aerobically treated piggy slurry. *Journal of Agricultural and Engineering Research* 73, 235-243.
- Belligno A., Muratore G., Sambuco G. and Izzo R. 1995. Increased efficiency of nitrification of slow-release nitrogen fertilizers in sandy soil. *Agricoltura Mediterranea* 125 (3), 296 – 304.
- Berdnarz C.W., Harris G.H. and Shurley W.D.. 2000. Agronomic and Economic Analyses of Cotton Starter Fertilizers. *Agronomy Journal* 92, 766 - 771.
- Beutier D. and Renon H. 1978. Representation of $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{S-H}_2\text{O}$, $\text{NH}_3\text{-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ and $\text{NH}_3\text{-SO}_2\text{-H}_2\text{O}$ vapour-liquid equilibrium. *Ind. Eng. Chem. Process Design Develop.* 17, 220-230.
- Bharati K., Mhanty S.R., Padmavathi P.V.L., Rao V.R. and Adhya T.K. 2000. Influence of six nitrification inhibitors on methane production in a flooded alluvial soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 58, 389. – 394.
- Blackmer A.M. and Bremner J.M. 1979. Stimulatory effect of nitrate on reduction of N_2O to N_2 by soil micro-organisms. *Soil Biology and Biochemistry* 11, 313-315.
- Blackmer A.M., Robbins S.G., and Bremner J.M. 1982. Diurnal variability in rate of emission of nitrous oxide from soils. *Soil Science Society American Journal* 46, 937-942.
- Blaise D., Amberger S., von Tucher S. 1997. Influence of iron pyrites and dicyandiamide on nitrification and ammonia volatilization from urea applied to losses brown earths (luvisols). *Biology and Fertility of Soils* 24, 179 – 182.
- Böckman O.C., Kaarstad O., Lie O.H. and Richards I. 1990. *Agricultura y Fertilizantes.* Hydro Agri, Norsk Hydro a.s., Oslo. Noruega 261 pp.
- Boixadera, J., Bosch, A. 2001. Gestión de la aplicación al suelo de residuos orgánicos. I Encuentro Internacional: Gestión de Residuos Orgánicos en el Ámbito Rural Mediterráneo. Cátedra Zurich de Medio Ambiente de la Universidad de Navarra. Navarra.
- Bolle H.J., Seiler W., and Bolin B. 1986. Other greenhouse gases and aerosols. Assessing their role in atmospheric radiative transfer. 157-203 pp. *In* B. Bolin, B.R. Döös, J. Jager and R.A. Warrick (eds.). *The greenhouse effect, climatic change and ecosystems.* SCOPE Vol. 29. Wiley and sons.
- Booij R., De Willigen P., Kreuzer A.D.H., Smit A.L. and Van der Werf A. 1996. Nitrogen balances during growth of brussels sprouts and leeks. *Acta Horticulturae* 428, 31 – 43.

- Bosch D. J., Zhu M. and Kornegay E.T: 1998. Net returns from microbial phytase when crops applications of swuine manure are limited by phosphorus. *J. Prod. Agric.* 11(2), 205-213.
- Bouabid R., Badraoui M., and Bloom P.R. 1991. Potassium fixation and charge characteristics of soil clays. *Soil Science Society American Journal* 55, 1493-1498.
- Bouma J. 1994. Sustainable land use as a future focus for pedology. *Soil Science Society of American Journal.* 58 (3), 645-646.
- Bouwman A.F. 1990. Exchange of greenhouse gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere. 61-127 pp. *In: A.F. Bouwman (ed.). Soils and the greenhouse effect.* Wiley and Sons.
- Bouwman A.F. 1995. Compilation of a global inventory of emissions of nitrous oxide. Doctoral thesis, Wageningen Agricultural University. 143 p.
- Bouwman A.F., Fung I., Matthews E., and John J. 1993. Global analysis of the potential for N₂O production in natural soils. *Global Biogeochem. Cycles* 7, 557-597.
- Braam C.R., Smits C.J., Gunnink H. and Swierstra D. 1997. Ammonia emission from a double-sloped solid floor in a cubicle house for dairy cows. *Journal of. Agricultural. Engineering. Research* 68, 375-386.
- Brandvold D.K. and Martínez P. 1988. The NO_x/N₂O fixation ratio from electrical discharges. *Atmospherical Environment* 22, 2477-2480.
- Bremner J.M. 1997. Sources of nitrous oxide in soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 49, 7-16.
- Bremner J.M. and Blackmer A.M. 1978. Nitrous oxide: Emission from soils during nitrification of fertiliser nitrogen. *Science* 199, 295-296 pp.
- Bremner J.M. and Blackmer A.M. 1978. Nitrous oxide: emission from soils during nitrification of fertilizer nitrogen. *Science*, 199. 295-296.
- Bremner J.M. and Blackmer A.M. 1980. Natural and fertiliser-induced emissions of nitrous oxide from soils. 1-12 pp. *In: Biogenic emissions of sulphur, hydrocarbons and nitrogen gases into the atmosphere.* APCA Special Publication. Air pollution control association, Pittsburgh, PA, USA.
- Bremner J.M. and Blackmer A.M. 1981. Terrestrial nitrification as a source of atmospheric nitrous oxide. 151-170 pp. *In C.C. Delwiche (ed.). Denitrification, nitrification and atmospheric N₂O.* John Wiley and Sons.
- Bremner J.M. and Shaw K. 1958. Denitrification in soil. II. Factors affecting denitrification. *J. Agric. Science* 51, 40-52.
- Brewster J.L.; Rowse H.R. and Bosch A.D. 1991. The effects of sub-seed placement of liquid N and P fertilizer on the growth and development of bulb onions over a range of plant densities using primed and non-primed seed. *Journal of Horticultural Science* 66 (5), 551-557.
- Bronson K.F., Mosier A.R., and Bishnoi S.R. 1992. Nitrous oxide emissions in irrigated maize as affected by nitrification inhibitors. *Soil Science Society American Journal* 56, 161-165.
- Brufau J. and Tacon A. (ed.) 1998. *Feed Manufacturing in the Mediterranean region. Recent advances in research and technology.* Centre International de Hautes Études Agronomiques Méditerranéennes.
- Buijsman E., Maas H.F.M., and Asman W.A.H. 1987. Anthropogenic NH₃ emissions in Europe. *Atm. Envir.* 21, 1009-1022.
- Burton C.H. (ed.). *Manure management. Treatment strategies for sustainable agriculture.* European Commission. 115 pp.

- Cabrera, M.L., Tyson S.C., Kelley T.R., Pancorbo O.C., Merka W.C., and Thompson S.A. 1994. Nitrogen mineralization and ammonia volatilisation from fractionated poultry litter. *Soil Science Society American Journal* 58, 367-372.
- Caceres J. (COORD.). 1997. L'agricultura a l'entreforc. Agricultura i gestió del territori. Departament de Medi Ambient Generalitat de Catalunya, Spain. *Medi Ambient. Tecnologia i Cultura* (18).
- Cambell G.L. 1993. Utilización de enzimas en granos de cereales: Fitasas, glucanas y pentonasas. IX Curso de especialización. *TECNOLOGÍA Y NUTRICIÓN. ExpoAviga*. 145-157.
- Cartagena M.C., Vallejo A. and Díez J.A. 2000. Pérdidas de nitrógeno por desnitrificación en cultivos tratados con purín de cerdo. *Porcinocultura* 58, 5-25.
- Casartelli S. and Druon J.N. 2001. Eutrophication in Europe's coastal waters. Topic Report,7. European Environment Agency.
- CAST (Council for Agricultural Science and Technology).1996. Integrated animal waste management. No. 128. CAST.87 pp.
- CAST. 1992. Water Quality agriculture role. CAST 103 pp.
- CAST. 2002. Relevance of soil testing to agriculture and the environment. Issue Paper Ed. CAST. 15, 1-11.
- Cates R.L. and Keeney D.R.. 1987. Nitrous oxide production throughout the year from fertilized and manured maize fields. *Journal of Environmental Quality* 16, 443-447.
- Chaiwanakupt P., Freney J.R., Keerthisinghe D.G., Phongpan S. and Blakeley R.L. 1996. Use of urease, algal inhibitors, and nitrification inhibitors to reduce nitrogen loss and increase the grain yield of flooded rice (*Oryza sativa* L.). *Biology and Fertility of Soils* 22 (1-2), 89 – 95.
- Chalameit A. 1985. Effects of environmental factors on denitrification. 729 pp. *In: H.L. Goltermann (ed.). Denitrification in the Nitrogen Cycle*. Plenum Press.
- Charles R. 2002. Légumineuses dans la rotation. *Revue Suisse Agriculture*, 34(3), 107-110.
- Chesson A. and Flint H.J. Modified ingredients in animal nutrition: Their safety and future. 49-60 pp. *In: Brufau J. and Tacon A. (eds). CIHEAM. Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Recent advances in Research and technology*.
- Chevry C. 1998. Agriculture Intensive et Qualité des Eaux. INRA.
- Chevry C. 1998. Agriculture intensive et qualité des eaux. INRA (Institut National de la Recherche agronomique). 297pp.
- Christensen S. 1983. Nitrous oxide emission from a soil under permanent grass: seasonal and diurnal fluctuations as influenced by manuring and fertilization. *Soil Biology and Biochemistry* 15, 531-536.
- Christensen S., Groffman P., Mosier A., and Zak D.R. 1990. Rhizosphere denitrification: A minor process but indicator of decomposition activity. 199-211 pp. *In: N.P. Revsbech and J. Sørensen (eds.). Denitrification in soil and sediment*. Plenum Press, New York, New York, USA.
- Cicerone R.L. 1989. Analysis of sources and sinks of atmospheric nitrous oxide (N₂O). *Journal of Geophysical Research* 94, 18265-18271.
- Clapp J.G. 1993. Foliar application of liquid urea-triazone-based nitrogen fertilizers and crop safety. *HortTechnology* 3(4), 442 – 444.
- Clemens J., Vandr e R., Kaupenjohann M. and Goldbach H. 1997. Ammonia and nitrous oxide emissions after landspreading of slurry as influenced by application technique and dry matter-reduction. II. Short term nitrous oxide emissions. *Z. Pflanzenern hr. Bodenk.*, 160, 491-496.

- Colbourn P. and Dowdell R.J. 1984. Denitrification in field soils. *Plant and Soil* 76, 213-226.
- Colomer J.C. and Sánchez J. 2000. Agricultura y procesos de degradación del suelo. 111-131 pp. In: De Santa Olalla F.M. (Coord.). *Agricultura y desertificación*. Mundi-Prensa.
- Commission of the European Communities. 2002. Communication from the commission to the council, the European parliament, the economic and social committee and the committee of the regions. Towards a thematic strategy for soil protection. Brussels. 35 pp.
- Conrad R., Seiler W. and Bunse G. 1983. Factors influencing the loss of fertilizer nitrogen into the atmosphere as nitrous oxide. *Journal of Geophysical Research* 88, 6709-6718.
- Costigan P.A. 1988. The placement of starter fertilisers to improve the early growth of drilled and transplanted vegetables. *Proceedings of the Fertilizer Society, London*, 274, 1 – 24.
- Coulombe J. and Villeneuve S. 1999. Evaluation of soil and petiole sap nitrate quick tests for broccoli in Québec. *Acta Horticulturae* 506, 147 – 152.
- Cowell D.A. and Apsimon H.M.. 1998. Cost-effective strategies for the abatement of ammonia emissions from European agriculture. *Atmospheric Environment* 32 (3), 573-580.
- Crouzet P., Nixon S., Laffon L., Bøgestrand J., Lallana C., Izzo G., Bak J. and Lack T.J. 1999. Nutrients in European ecosystems. European Environment Agency. Copenhagen.
- Crutzen P.J. 1970. The influence of nitrogen oxides on the atmospheric ozone content. *Quarterly J. of the Royal Meteorological Society* 96, 320-325.
- Crutzen P.J. 1974. Estimates of possible variations in total ozone due to natural causes and human activities. *Ambio* 3, 201-210.
- Crutzen P.J. and Schmaichl U. 1983. Chemical budgets of the stratosphere. *Planetary Space Science* 31, 1009-1032.
- Csehi K., Beck J. and Jungbluth T. 1996. Ammonia emissions during composting of separated solids from liquid manure and cattle solid manure. Investigation about compost quality. *Ageng Madrid* 96.
- Cumby T.R., Carton O.T., Eftichidis G., Monteny G-J., Provolo G., Sangiorni F. and Wolak F.J. 1992. The role of expert system in waste management. *Abattoirs, Feedlots and Tanneries R&D priorities in waste management*, 66-82.
- Dasch J.M. 1992. Nitrous oxide emissions from vehicles. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 42, 63-67.
- Davidson E.A. 1993. Sources of nitric oxide and nitrous oxide following wetting of dry soil. *Soil Science Society American Journal* 56, 95-102.
- Davidson, D. 1979. *Soils and Land Use Planning*. Longman.
- De Meeûs C. 2001. Good agricultural practices for the reduction of nitrate leaching in the production of fruits and vegetables. European Commission. DG Environment. Environmental resources management, London.
- De Soete G. 1991. Updated evaluation of nitrous oxide emissions from industrial fossil fuel combustion. CEC Report EUR 13473 EN, Brussels, Belgium.
- De Wit C.T. 1992. Resource use efficiency in agriculture. *Agricultural Systems* 40, 125-151.
- Demeyer P. 1993. Ammoniakvervluchting uit de bodem na toediening van ureum en ammoniumhoudende meststoffen. Ph.D. dissertation. University of Ghent.
- Denmead O.T. 1979. Chamber systems for measuring nitrous oxide emissions in the field. *Soil Science Society American Journal* 43, 716-718.

- Denmead O.T., Simpson J.R., and Freney J.R. 1977. A direct field measurement of ammonia emission after injection of anhydrous ammonia. *Soil Science Society American Journal* 41, 1001-1004.
- Department of Soil Science and Minnesota Extension Service. 1992. *Proceedings of Soil Specific Crop Management*. ASA, CSSA and SSSA.
- Devol A.H. 1991. Direct measurement of nitrogen gas fluxes from continental shelf sediments. *Nature* 349, 319-321.
- Diaz R.J. 2001 Overview of Hypoxia around the world. *Journal of Environmental Quality*. 30 (2). 275-290 pp.
- Dickinson R.E. and Cicerone R. 1986. Future global warming from atmospheric trace gases. *Nature* 19, 109-115.
- Diez J.A., de la Torre A.I., Cartagena M.C., Carballo M., Vallejo A. and Muñoz M.J. 2001. Evaluation of the application of pig slurry to an Experimental Crop using Agronomic and Ecotoxicological Approaches. *Journal of Environmental Quality* 30, 2165 – 2172.
- Dobermann A., Dawe D., Roetter R.P. and Cassman K.G. 2000. Soil Fertility. Reversal of Rice Yield Decline in a Long-Term Continuous Cropping Experiment. *Agronomy Journal* 92, 633 - 643.
- Doran J.W and Jones A.J.1996. *Methods For Assessing Soil Quality*. SSSA (Soil Science Society of America) Special Publication number 49.
- Döring A. Current state of mixed-feed manufacturing in (non)-community countries of the Mediterranean basin. 325-328 pp. *In: Brufau J. and Tacon A. (eds). Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Recent advances in Research and technology*. CIEHAM.
- Dosch P. and Gutser R. 1996. Reducing N losses (NH_3 , N_2 , N_2O) and immobilization from slurry through optimized application techniques. *Fertilizer Research* 43, 165-171.
- Dosskey M., Schultz D. and Isenhardt T. 1997 a. Riparian buffers for agricultural land. *Agroforestry Notes* 3, 1 – 4.
- Dosskey M., Schultz D. and Isenhardt T. 1997 b. How to design a riparian buffer for agricultural land. *Agroforestry Notes* 4, 1 – 4.
- Dosskey M., Schultz D. and Isenhardt T. 1997 c. A riparian buffer design for cropland. *Agroforestry Notes* 5, 1 – 4.
- Du Preez C.C. and Burger R.T. 1987. Effect of application methods on ammonia volatilisation from soil in a controlled environment. *S. Afr. Plant Soil* 4, 57-60.
- Dutch J. and Ineson P. 1990. Denitrification of an upland forest site. *Forestry* 23, 751-755.
- Edwards A.C. and Killham K. 1986. The effect of freeze/thaw on gaseous nitrogen loss from upland soils. *Soil Use and Management*. 2, 86-91.
- Eghball B. and Gilley J.E. 2001. Phosphorus risk assessment index evaluation using runoff measurements. *Journal of soil and water conservation* 56(3), 202-206.
- Ehball B. and Gilley J.E. 2001. Phosphorus Risk Assessment Index Evaluation using Runoff Measurements. *Journal of Soil and Water Conservation*. 56 (3) 202-206.
- Eichner M.J. 1990. Nitrous oxide emissions from fertilized soils: summary of available data. *Journal of Environmental Quality* 19, 272-280.
- Elliot P., Knightand D., Anderson J.M. 1991. Variables controlling denitrification from earthworm casts and soil in permanent pasture search *Biol. Fert. Soils* 11, 24-29.
- El-Sayed A.-F.M. 1999. Mixed-feed manufacturing in Egypt. 331-336 pp. *In: Brufau J. and Tacon A. (eds). Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Recent advances in Research and technology*. CIHEAM.

- Elvira M. 1999. Groundwater quality and quantity in Europe. European Environment Agency.
- Embelton T.W. and Jones W.W. 1974. Foliar-applied nitrogen for citrus fertilization. *Journal of Environmental Quality* 3, 388 – 391.
- Epinatjeff P., Beck P., Jungbluth T. and Schedule A. 1997. Reduction of ammonia emissions by air-conditioning with earth heat exchangers. *Revue Marocaine des Sciences et Techniques du Développement Rural, Trimestrielle 27eme Anne*, Rabat, Morocco 27(104), 120-123.
- European Communities. 2001. Environment 2010: Our future, our choice. The sixth EU environment action programme 2001-201. Luxembourg. 66 pp.
- European Environment Agency (EEA). 2001. EMEP/CORINAIR emission inventory guidebook. 3rd edition. Technical report No 30.
- European IPPC (Integrated pollution prevention and control) Bureau. 2001. Reference document on best available techniques for intensive rearing of poultry and pigs. Draft dated July 2001. European Commission. 327 pp.
- European IPPC Bureau. 2001. Reference document on Best Available Techniques for Intensive rearing of Poultry and Pigs. European Commission.
- Everaarts A.P., De Moel C.P. and van Noordwijk M. 1996. The effect of nitrogen fertilization and the method of application on nitrogen uptake of cauliflower and on nitrogen in crop residues and soil at harvest. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 44, 43 – 55.
- Fajardo J.J., Bauder J.W. and Cash S.D. 2001. Managing Nitrate and Bacteria in Runoff from Livestock confinement Areas with Vegetative Filter Strips. *Journal of Soil and Water Conservation*. 56 (3) 185-191.
- FAO (Food and Agriculture Organisation). 1996. Anuario de producción animal. Food and Agriculture Organisation, Roma, Italy.
- FAO European cooperative Research. Recycling of agricultural, municipal and industrial residues in agriculture. 9th International workshop of the European cooperative research network, Gargnano, Italy.
- FAO Food and Nutrition Division. 1997. Animal feeding and food safety. Report of an FAO expert consultation. Rome, Italy. 155-167 pp. *In*: Brufau J. and Tacon A. (eds). CIHEAM. Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Recent advances in Research and technology.
- FAO. 1991. Agrostat PC, Computerized information series 1/3: land use, FAO Publications division. FAO. Roma, Italy.
- Feigin A., Ravina I. and Shalhevet J. 1991. Irrigations with Treated Sewage Effluent. *Advanced Series in Agricultural Sciences*, 17.
- Fereres E. 1997. Els reptes de l'agricultura sostenible. L'agricultura a l'entreforc. *Medi ambient. Tecnologia i Cultura*. Generalitat de Catalunya. 135 pp.
- Ferguson R.B., Gotway C.A. Hergert G.W. and Peterson T.W. 1996. Soil Sampling for Site Specific Nitrogen Management. Roberts P.C., Rust R.H. and Larson W.E. (EDITORS) ASA, CSSA and SSSA.
- Fernandes T.H. 1999. Controversy: Growth promoters, clauses of safeguard in the European Community. 61-62 pp. *In*: Brufau J. and Tacon A. (eds). CIHEAM. Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Recent advances in Research and technology.
- Firestone M.K. 1982. Biological denitrification. 289-326 pp. *In*: F.J. Stevenson (ed.). Nitrogen in agricultural soils. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Firestone M.K., Firestone R.B., and Tiedje J.M. 1980. Nitrous oxide from soil denitrification: Factors controlling its biological production. *Science* 208, 749-751.

- Focht D.D. 1974. The effect of temperature, pH and aeration on the production of nitrous oxide and gaseous nitrogen - a zero order kinetic model. *Soil Science* 118, 173-179.
- Focht D.D. and Verstraete W. 1977. Biochemical ecology of nitrification and denitrification. 135-214 pp. *In* M. Alexander (ed.). *Advances in microbial ecology*, Vol. 1. Plenum Press, London, UK..
- Francis P.B. and Cooper P.E. 1998. Rate and timing of nitrogen fertilization on yield and gross revenue of fresh market tomatoes following a winter legume cover crop. *Journal of Vegetable Crop Production* 4(1), 55 – 65.
- Franzen D.W., Hopkins D.H., Sweeney M.D., Ulmer M.K. and Halvorson A.D. 2002. Evaluation of Soil Survey scale for zone development of site. *Specific Nitrogen Management*. *Agronomy Journal*. 94. 381-389.
- Freney J.R. 1997. Emission of nitrous oxide from soils used from agriculture. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 49, 1-6.
- Freney J.R., Denmead O.T., and Simpson J.R. 1978. Soil as a source or sink for atmospheric nitrous oxide. *Nature* 273, 530-532.
- Freney J.R., Denmead O.T., and Simpson J.R. 1979. Nitrous oxide emission from soils at low moisture contents. *Soil Biology and Biochemistry* 11, 167-173.
- Freney J.R., Simpson J. R., and Denmead O. T. 1983. Volatilisation of ammonia. 1-32 pp. *In*: J.R. Freney and J.R. Simpson (eds.). *Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems*. *Dev. Plant Soil Science* 9. Martinus Nijhoff, The Hague, The Netherlands.
- Freney J.R., Simpson J.R., Denmead O.T., Muirhead W.A., and Leuning R. 1985. Transformation and transfer of nitrogen after irrigating a cracking clay soil with a urea solution. *Australian Journal of Agricultural Research* 36, 685-694.
- Freney, J.R. 1996. Strategies to reduce gaseous emissions of nitrogen from irrigated agriculture. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 48 (1/2), 155-160.
- Fundació "La Caixa". 1993. *Residuos Ganaderos*. Editorial AEDOS.
- Gariglio N.F., Pilatti R.A. and Baldi B.L. 2000. Using nitrogen to calculate fertilization in strawberries. *Hortechology* 10(1), 147-150.
- Garrido S. (coord.). 1996. *Prácticas agrarias compatibles con el medio natural*. El agua. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- Génermont S. 1996. *Modélisation de la volatilisation d'ammoniac après épandage de lisier sur parcelle agricole*. Thèse de doctorat soutenue à l'Université Paul Sabatier le 29 mai 1996. 331 p.
- Gil J.M., Gracia A. and Angulo A.M. 1999. Trends in the consumption of animal food products in Mediterranean countries. 11 – 31 pp. *In*: Brufau J. and Tacon A. (eds). *Feed Manufacturing in the Mediterranean Region*. Recent advances in Research and technology. CIHEAM.
- Gooding M.J. and Davies W.P. 1992. Foliar urea fertilization of cereals: a review. *Fertilizer Research* 32 (2), 209 – 222.
- Goodroad L.L. and Keeney D.R. 1984. Nitrous oxide production in aerobic soils under varying pH, temperature and water content. *Soil Biology and Biochemistry* 16, 39-43.
- Graedel T.E. 1977. The oxidation of ammonia, hydrogen sulphide, and methane in non urban troposphere. *Journal of Geophysical Research* 82, 5917-5922.
- Granli T. and Bøckman O.Chr. 1994. Nitrous oxide from agriculture. *Netherlands Journal of Agricultural Science Supplement* No. 12, 129 p.
- Grano D. 1995. Clean air act requirements: Effect on emissions of NO_x from stationary sources. *ACS Symposium Series*, chapter 2, p 14-31.

- Grant R.F., Nyborg M., and Laidlaw J.W. 1993. Evolution of nitrous oxide from soil: II. Field experimental results and model testing. *Soil Science* 156, 266-277.
- Grasa, R. , Ulled, A(eds). 1997. *Medi Ambient I Governabilitat a la Mediterrània. Pro Mare Nostrum*.234 pp.
- Greenwood D.J. and Draycott A. 1989. Experimental validation of an N-response model for widely different crops. *Fertilizer Research* 18, 153 – 174.
- Greenwood D.J., Rahn C.R., Draycott A., Vaidyanathan L.V. and Paterson C.D. 1996. Modelling and measurement of the effects of fertilizer-N and crop residue incorporation on N-dynamics in vegetable cropping. *Soil Use and Management* 12, 13 – 24.
- Greenwood D.J.1990. Production or productivity : the nitrate problem?. *Annals of Applied Biology* 117, 209-231.
- Grimm M., Jones R. and Montanarella L. 2001. Soil erosion Risk in Europe. IES.
- Groffman P.M. and Tiedje. J.M. 1991. Relationships between denitrification, CO₂ production and air-filled porosity in soils of different texture and drainage. *Soil Biology and Biochemistry* 23, 299-302.
- Grundmann G.L., Lensi R., and Chalamet A. 1993. Delayed NH₃ and N₂O uptake by maize leaves. *New Phyt.* 124, 259-263.
- Guertal E.A. 2000. Preplant slow-release nitrogen fertilizers produce similar bell pepper yields as split applications of soluble fertilizer. *Agronomy Journal* 92 (2), 388 – 393.
- Gustavsson, J. 1998. Swedish measures to reduce ammonia emissions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51, 81-83.
- Hahne J., Beck J. and Oechsner H. *Mechanical Separation Processes*.
- Hales J.M. and Drewes D.R. 1979. Solubility of ammonia in water at low concentrations. *Atm. Envir.* 13, 1133-1147.
- Hamman R.A. and Dami I. E. 2000. Effect of irrigation on wine grape growth and fruit quality. *HortTechnology* 10(1), 162-168.
- Hansen S. Mæhlum J.E., and Bakken L.R. 1993. N₂O and CH₄ fluxes in soil influenced by fertilization and tractor traffic. *Soil Biology and Biochemistry* 25, 621-630.
- Harper L.A., Mosier A.R., Duxbury J.M. and Rolston D.E. (eds.) 1993. *Agricultural Ecosystem Effects on Trace Gases and Global Climate Change*. ASA, CSSA and SSSA. 206 pp.
- Harremoës P., Gee D. MacGarvin M., Stirling A., Keys J., Wynne B. and Guedes S. 2001. *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000*. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark 209 pp.
- Harrison R.M. and Kitto A.M.N. 1992. Estimation of the rate constant for the reaction of acid sulphate aerosol with NH₃ gas from atmospheric measurement. *J. Atm. Chem.* 15, 133-143.
- Hauck R.D. 1986. Field measurement of denitrification -an overview. 59-72 pp. *In: Field measurement of dinitrogen fixation and denitrification*. R.D. Hauck, and R.W. Weaver (eds.). Special Publication No. 18, Soil Science Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA.
- Hauck R.D. and Tanji K.K.. 1982. Nitrogen transfer and mass balances. 891-926 pp. *In: Stevenson F.J., Bremner J.M., Hauck R.D. and Keeney D.R. (eds.). Nitrogen in agricultural soils*. Agronomy 22, ASA, Madison, Wisconsin, USA. p 891-926.
- Hayhurst A.N. and Lawrence A.D. 1992. Emissions of nitrous oxide from combustion sources. *Prog. Energy Combust. Science* 18, 529-552.

- Haynes R.J. and Sherlock R.R. 1986. Gaseous losses of nitrogen. Chapter 5. 242-285pp. *In*: R. J. Haynes with contributions by K. C. Cameron, K. M. Goh, and R. R. Sherlock. (eds.). Mineral nitrogen in the plant-soil system. Academic Press, Inc., USA.
- Heil G.W. and Bruggink M. 1987. Competition for nutrients between *Calluna vulgaris* (L.) Hull and *Molinia caerulea* (L.) Moench. *Oecologia* 73, 105-107.
- Heitholt J.J. 1994. Effects of foliar urea and triazone-nitrogen, with and without boron, on cotton. *Journal of Plant Nutrition* 17 (1), 57 – 70.
- Helmers G.A., Yamoah C.F. and Varvel G.E. 2001. Separating the impacts of crop diversification and rotations on risk. *Agronomy Journal*, 93, 1337-1340.
- Higgs B., Johnston A. Salter J.L. and Dawson C.J. 2000. Some aspects of achieving sustainable phosphorus use in agriculture. *Journal of Environmental Quality* 29, 80-87.
- Higgs B., Johnston A.E., Salter J.L. and Dawson C.J. 2000. Some aspects of achieving Sustainable Phosphorus use in Agriculture. *Journal of Environmental Quality*, 29 (1), 80-87.
- Hixson S.E., Walker R.F., and Skau C.M. 1990. Soil denitrification rates in four subalpine plant communities of the Sierra Nevada. *Journal of Environmental Quality* 19, 617-620.
- Hoag D.L., Ascough J.C. and Frasier W.M. 2000. Will farmers use computers for resource and environmental management?. *Journal of soil and water Conservation* 55(4), 456-461.
- Hobbs P.J., Misselbrook T.H. and Cumby T.R. 1999. Production and emission of odour and gases from ageing pig waste. *Journal of Agricultural and Engineering Research* 72, 291-298.
- Hollands K.R. 1996. Relationship of Nitrogen and Topography. Roberts P.C., Rust R.H. and Larson W.E. (EDITORS) ASA, CSSA and SSSA.
- Høltan-Hartwig L. and Bøckman O.C. 1994. Ammonia exchange between crops and air. *Norwegian J. of Agric. Science supplement no. 14*, 41 p.
- Houghton T. 1992. The supplementary report to the IPCC Scientific Assessment. B.A. Callender and S.K. Varney (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK. 200 p.
- Humenik F., Ainsworth S., Carriker R.R., Cotruvo J.A., Hoffman G.J., Libby L.W., Mlay M., Parry R., Poltak R.F., Reeves M.B., St. Clair M.B., Thorne J. and Yates M. 1992. Water quality. Agriculture's role. Council for Agricultural Science and Technology 120.
- Hutchinson G.L. and Brams E.A. 1992. Nitric oxide versus nitrous oxide emissions from an ammonium ion amended Bermuda grass pasture. *Journal of Geophysical Research* 97, 9889-9896.
- Institut Technique du Porc. 2001. Le porc par les chiffres. ITP. France. 56 pp.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1990. Climate change. The IPCC scientific assessment. J.T. Houghton, G.J. Jenkins, and J.J. Ephraums (eds.). Cambridge University Press, Cambridge. 364 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1994a. Climate change, Intergovernmental Panel on Climatic Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 339 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1994b. Radiative forcing of climate change. The 1994 report of the scientific assessment working group of IPCC. Summary for policy makers, WMO, IPCC, UNEP, 28 p.
- Isaksen S.A. and Stordal F. 1986. Ozone perturbations by enhanced levels of CFCs, N₂O and CH₄: a two dimensional adiabatic circulation study including uncertainty estimates. *J. of Geophys. Research* 91, 5249-5263.

- Jackson L.L., Keeney D.R. and Gilbert E.M. 2000. Swine manure management plans in north-central Iowa: nutrient loading and policy implications. *Journal of soil and water conservation* 55(2), 205-211.
- Jambert C., Delmas R., Serça D., Thouron L., Labroue L., and Delprat L. 1997. N₂O and CH₄ emissions from fertilized agricultural soils in southwest France. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 48, 105-114.
- Janzen R.A., McGill W.B., Leonard J.J. and Jeffrey S.R. 1999. Manure as a resource-ecological and economic considerations in balance. *American Society of Agricultural Engineers* 42(5), 1261-1273.
- Japenga J. and Harmsen K. 1990. Determination of mass balances and ionic balances in animal manure. *Neth. J. Agric. Science* 38, 353-367.
- Jeppsson K-H. 1999. Volatilization of ammonia in deep-litter systems with different bedding materials for young cattle. *Journal of Agricultural and Engineering Research* 73, 49-57.
- Jhonson, D.L., Ambrose, S.H. Basset, T.J. *et al.* 1997. Meaning of Environmental Terms. *Environment Quality*. 26 , 581-589.
- Jiménez R.M. and Lamo de Espinosa J. 1998. *Agricultura sostenible*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Joandomènec R. 2001. *La natura marradeja*. Rubes Editorial, Barcelona. 191 pp.
- Johnson R.S., Rosecrance R., Weinbaum S., Andris H. and Wang J. 2001. Can we approach complete dependence on foliar-applied urea nitrogen in an early-maturing peach. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 126 (3), 364 – 370.
- Jongbloed A.W. and Lenis N.P. 1999. Nutrition as a tool to reduce the impact on environment. 229-240 pp. *In: Brufau J. and Tacon A. (eds). Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Recent advances in Research and technology*. CIHEAM.
- Jongbloed A.W., Poulsen H.D., Dourmad J.Y., Van der Peet-Schwering C.M.C. 1999. Environmental and legislative aspects of pig production in The Netherlands, France and Denmark. *Livestock Production Science* 58, 243-249.
- Jongloeb A.W., Kemme P.A. and Mroz Z. 1991. The role of phytases in pig production.
- Käck M., Beck J. and Jungbluth T. 1994. Low emissions dairy waste management by separating and composting. *Proceedings of the third international dairy house composting conference, Orlando, Florida*.
- Käck M., Beck J. and Jungbluth T. 1994. Low emissions dairy waste management by separating and composting. *University of Hohenheim. Ageng Milano*.
- Karim N. 1999. Animal feeding in Morocco. 329-330 pp. *In: Brufau J. and Tacon A. (eds). Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Recent advances in Research and technology*. CIHEAM.
- Katan J. and Devay J.E. 1991. *Soil Solarization*. CRC Press.
- Keeney D.R., Fillery I.R., and Marx G.P. 1979. Effect of temperature on the gaseous nitrogen products of denitrification in a silt loam soil. *Soil Science Society American Journal* 43, 1124-1128.
- Kelling K.A. and Schmitt M. A. 1996. Environmental and production considerations when applying manure to alfalfa. *Wisconsin Forage Council Symposium*. Not numbered.
- Khalil M.A.K. and Rasmussen R.A. 1992. The global sources of nitrous oxide. *Journal of Geophysical Research* 97, 14651-14660.
- Khan S.A., Mulvaney R.L. and Hoefl R.G: 2001. A simple soil test for detecting sites that are non responsive to nitrogen fertilization. *Soil. Science Soc. Am. J.* 65, 1751-1760.

- Kindnap A. 1999. Current State of the mixed-feed manufacturing in Turkey in relations with livestock and poultry sectors and raw material supply. Pp. 337-345. In: Brufau J. and Tacon A. (eds). Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Recent advances in Research and technology. CIHEAM.
- Kirchmann H. and Witter E. 1992. Composition of fresh, aerobic and anaerobic farm animal dung. *Bioresearch Technol.* 40, 137-142.
- Kirchmann K., Esala M. Morken J., Ferm M., Bussink W., Gustavsson J. and Jakobsson C. 1998. Ammonia emissions from agriculture Nutrient Cycling in Agroecosystems 51, 1-3.
- Klemedtsson L., Svensson B.H., and Rosswall T. 1987. Dinitrogen and nitrous oxide produced by denitrification and nitrification in soil with and without barley plants. *Plant and Soil* 99, 303-319.
- Kou Y.Z. and Chen J.C. 1991. Acute toxicity of ammonia to *Panaeus japonicus* Bate juveniles. *Aquacult. Fish. Manage.* 22, 259-263.
- Kramprath E.J., Beeogle D.B., Fixen P.E., Hodges S.C., Joern B.C., Mallarino A.P., Miller R.O., Sims J.T., Ward R. and Wolf A.M. 2000. Relevance of soil testing to agriculture and the environment. Issue Paper. Council for Agricultural science and technology, CAST. 15 pp.
- Kreileman G.J.J. and Bouwman A.F. 1994. Computing land use emissions of greenhouse gases. *Water, air and soil pollution* 76, 231-258.
- Kröber T.F., Külling D.R., Menzi H., Sutter F. and Kreuzer M.. 2000. Quantitative effects of feed protein reduction and methionine on nitrogen use by cows and nitrogen emission from slurry. *Journal of Dairy Science* 83, 2941-2951.
- Kroeze C. 1993. Global carbon by halocarbons and nitrous oxide. Ph. D. thesis, University of Amsterdam, The Netherlands.
- Kuhlbusch T.A., Lobert J.M., Crutzen P.J., and Warneck P. 1991. Molecular nitrogen emissions from denitrification during biomass burning. *Nature* 351, 135-137.
- L'hirondel J. and L'hironden J.L. 1996. Les nitrates et l'homme. Institut de l'Environnement. Liffre. France.
- Labrador Moreno J. 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Mundi prensa- MAPA. pp 174.
- Lag J. 1997. Some geomedical consequences of nitrogen circulation processes. International Symposium. The Norwegian Academy of Science and Letters, Oslo. 259 pp.
- Larson, W.E. 1986. The adequacy of world soil resources. *Agronomy Journal*.78 (2). 221-225.
- Latimier P. and Pointillart A. 1993. Influence de l'apport de phosphore (0,4-0,5-0,6%) sur les performances, les rejets de phosphore et la minéralisation osseuse chez le porc charcutier. *Journées Recherche Porcine en France*, 25, 277-266.
- Lauer D.A., Bouldin D.R., and Klausner S.D. 1976. Ammonia volatilisation from dairy manure spread on the soil surface. *Journal of Environmental Quality* 5, 134-141.
- Lee J. 1981. State of knowledge and problems related to the definition and delimitation of farming systems and land utilization types in Europe. *Pedologie*, 21(2), 207-242.
- Leitch J.A., Clifford W.B., Richardson J.L. and Sather J.H. 1994. Wetland policy issues. Council for Agricultural Science and Technology.
- Lekkerkerk L.J.A. 1998. Implications of Dutch ammonia policy on the livestock sector. *Atmospheric Environment* 32 (3), 581-587.
- Lenis N. P. and Jongbloed A.W. 1999. New technologies in low pollution swine diets: diet manipulation and use of synthetic amino acids, phytase and phase feeding for reduction

- of nitrogen and phosphorus excretion and ammonia emission. *Asia-Aus. Journal of Animal Science* 12(2), 305-327.
- Lensi R. and Chalamet A. 1981. Absorption of nitrous oxide by shoots of maize. In French. *Plant and Soil* 59, 91-98.
- Liebert F. Evaluation of amino acid availability in feed proteins and mixed feed for monogastrics-possibilities, limitations and outlooks. 241-247 pp. *In: Brufau J. and Tacon A. (eds). Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Recent advances in Research and technology. CIHEAM.*
- Limmer A.W. and Steele K.W. 1982. Denitrification potentials: measurement of seasonal variation using a short-term anaerobic incubation technique. *Soil Biology and Biochemistry* 14, 179-184.
- Linn D.M. and Doran J.W. 1984. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and non tilled soils. *Soil Science Society American Journal* 48, 1267-1272.
- Llorca M. and Masip J. 1999. La alfalfa deshidratada: cultivo, transformación y consumo. Ediciones de la Univesidad de Lleida. Catalonia, Spain.
- Lloveras J., Rao V.R. and Adhya T.K. 2000. Influence of six nitrification inhibitors on methane production in a flooded alluvial soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 58, 389. – 394.
- Loberst J.M., Scharffe D.H., Hao W.M., and Crutzen P.J. 1990. Importance of biomass burning in the atmospheric budgets of nitrogen-containing gases. *Nature* 345, 552-554.
- Logan T.J: 1993. Agricultural best management practices for water pollution control: current issues. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 46, 223-231.
- Loiseau P., Carrère P., Lafarge M., Delpy R. and Dublanquet J. 2001. Effect of soil-N and urine-N on nitrate leaching under pure grass, pure clover and mixed grass/clover swards. *European Journal of Agronomy* 14, 113 – 121.
- Lorentz H.P., Schlaghecken J., Engl G., Maync A. and Ziegler J. 1989. Ordnungsgemässe Stickstoff-Versorgung im Freiland-Gemüsebau – KNS – System. Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten Rheinland Pfalz. Mainz. 85 pp.
- Loveland P.J. and Thompson T.R.E. 2001. Identification and development of a set of national indicators for soil quality. R & D Technical report P5-05372/TR. Cranfield University, Silsoe, UK, 21 pp.
- Lyster S., Morgan, M.A., and O'Toole, P. 1981. Ammonia volatilisation from soils fertilised with urea and ammonium nitrate. *Journal of Life Science* 1, 167-176.
- Machin J. and Navas A. 1997. Impact of irrigation on the nitrate contamination of the surface waters in Bardenas, northeastern Spain. *Freshwater contamination* 243, 109-116.
- Mancini F. 1967. On the elimination of the term "Mediterranean" in Soil Science. Pp. 413 – 416. *In: Comunicaciones a la Conferencia de Suelos Mediterráneos. Sociedad Española de la Ciencia del Suelo.* 471 pp.
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). 1996. Anuario de estadística. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 178 pp.
- Maric D. and Burrows J.P. 1992. Formation of N₂O in the photolysis/photoexcitation of NO, NO₂ and air. *Journal of Photochemistry and Photobiology.* 66, 291-312.
- Martin G.W. and Touchton J.T. 1983. Legumes as a cover crop and source of nitrogen. *Journal of Soil and Water Conservation* 38 (3), 214 – 216.
- Martins O. and Dewes T. 1992. Loss of nitrogenous compounds during composting of animal wastes. *Bioresource technology* 42, 103-111.

- Mashali A.M. 1999. FAO Networks on soil management of degraded and problem soils. 6th International meeting soils with Mediterranean type of climate (ISMTC). Barcelona (Catalonia), Spain, pp 47.
- Masscheleyn P.H., DeLaune R.D., and Patrick Jr. W.H. 1993. Methane and nitrous oxide emissions from laboratory measurements of rice soil suspension: effect of soil oxidation-reduction status. *Chemosphere* 26, 251-260.
- McCarty G.W. 1999. Modes of action of nitrification inhibitors. *Biology and Fertility of Soils* 29, 1 – 9.
- McCarty G.W. and Bremner J.M. 1992. Availability of organic carbon for denitrification of nitrate in subsoils. *Biol. Fertil. Soils* 14, 219-222.
- McDowell R.W., Sharpley A.N., Beegle D.B. and Weld J.L. 2001. Comparing phosphorus management strategies at watershed scale. *Journal of soil and water conservation* 56(4), 306-315.
- McElroy M.B. and Wofsy S.C. 1986. Tropical forests: Interactions with the atmosphere. 33-59 pp. *In: G.T. Prance (ed.). Tropical rain forests and the world atmosphere.* Westview Press Inc., Boulder, Colorado, USA.
- McRae S.G. and Burnham C.P. 1985. *Land evaluation.* Oxford Science Publications.
- McRae S.G. and Burnham C.P. 1981. *Land Evaluation.* Oxford Science Publications, Monographs on Soil Survey.
- Meeus-Verdinne K., Scokart P.O. and Guns M. 1985. L'ammoniac émis par les déchets animaux et la pollution atmosphérique. *Revue de l'Agriculture* 2, 239-251.
- Minschwaner K., Salawitch, R.J. and McElroy M.B. 1993. Absorption of solar radiation by O₂: implications for O₃ and lifetimes of N₂O, CFC₃ and CF₂Cl₂. *J. Geophys. Research* 98, 10543-10561.
- Mitchell J., Hartz T., Pettygrove S., Munk D., May D., Menezes F., Diener J. and O'Neill T. 1999. Organic matter recycling varies with crops grown. *California Agriculture* 53 (4), 37 – 40.
- Moal J.F. 1994b. Volatilisation de l'azote ammoniacal des lisiers après épandage. Quantification et étude des facteurs d'influence. Thèse doctoral, présentée à l'Université de Perpignan. 230 p.
- Monks C.D., Basden T., Hatton J.L., McFarland M.L., Poland S.M. and Rayburn E. 1997. Cover crop response to late-season planting and nitrogen application. *Journal of Production Agriculture* 10 (2), 289 – 293.
- Moragrega Font J.F. 1995. Plant contribution to nitrous oxide emission in soil-plant systems. M. Sc. thesis, Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences, University of Ghent.
- Morken J. and Sakshaug S. 1998. Direct ground injection of livestock waste slurry to avoid ammonia emission. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51, 59-63.
- Mosier A. 1997. Nutrient redistribution by soil-atmosphere exchange of nitrogen compounds. 52 p. *In: Congress guide and abstracts. 11th World Fertilizer Congress, 7-13 September, 1997, Gent, Belgium.*
- Mosier A.R. 1993. Nitrous oxide emissions from agricultural soils. 273-285 pp. *In: A.R. Van Amstel (ed.). Proceedings of the International Workshop "Methane and nitrous oxide: methods in national emission inventories and options for control", February 3-5, 1993.* National Institute of Public Health and Environmental Protection, Bilthoven, The Netherlands. p 273-285.
- Mosier A.R. and Hutchinson G.L. 1981. Nitrous oxide emissions from cropped fields. *Journal of Environmental Quality* 2, 169-173.

- Mosier A.R., Parton W.J., and Hutchinson G.L. 1983. Modelling nitrous oxide evolution from cropped and native soils. *Ecol. Bull. Stockholm*, 35, 229-241.
- Mosier A.R., Mohanty S.K., Bhadrachalam A., and Chakravorti S.P. 1990. Evolution of dinitrogen and nitrous oxide from the soil to the atmosphere through rice plants. *Biol. Fertil. Soils* 9, 61-67.
- Mueller T.G., Pierce F.J., Schabenberger O. and Warncke D.D. 2001. Map Quality for Site-Specific Fertility Management. *Soil Science Society of America Journal*. 65, 1547-1558.
- Neeteson J.J. 1994. Residual soil nitrate after application of nitrogen fertilizer to crops. 347-365 pp. *In: Adriano D.C., Iskander A.K. and Murarka I.P. (eds.). Contamination of groundwaters. Science Reviews. Northwood.*
- Netti I.T. 1955. Denitrifying bacteria of the oak rhizosphere. *Mikrobiologiya* 24, 429-434.
- Nichols D.J., Daniel T.C., Edwards D.R., Moore Jr. and Poe D.H. 1998. Use of glass filter strips to reduce 17 β -estradiol in runoff from fescue-applied poultry litter. *Journal of soil and water conservation*. 53 (1), 74-78.
- Nieder R., Schollmayer G., and Richter J. 1989. Denitrification in the rooting zone of cropped soils with regard to methodology and climate: A review. *Biol. Fertil. Soils* 8, 219-226.
- Nihlgard B. 1985. The ammonium hypothesis - An additional explanation to the forest debark in Europe. *Ambio, Stockholm* 14, 2-8.
- Nõmmik H. 1956. Investigations on denitrification in soil. *Acta Agric. Scand.* 6, 195-228.
- Ogink N.W. and Kroodsma W. 1996. Reduction of ammonia emission from cow cubicle house by flushing with water or a formalin solution. *Journal of Agricultural and Engineering Research* 63, 197-204.
- Olav B. 1999. Determination of nitrogen status in winter wheat by measuring basal stem tissue sap nitrate concentration. *Acta Agriculturae Scandinavica* 49, 82-91.
- Osei E., Gassman P.W., Jones R.D., Pratt S.J., Hauck L.M., Beran W.D., Rosenthal W.D. and Williams J.R. 2000. Economic and environmental impacts of alternative practices on dairy farms in an agricultural watershed. *Journal of Soil and Water Conservation* 55(4), 466-472.
- Owens L.B., Edwards W.M. and van Keuren R.W. 1999. Nitrate leaching from grassed lysimeters treated with ammonium nitrate or slow-release nitrogen fertilizer. *Journal of Environmental Quality* 28 (6), 1810 – 1816.
- Parpal N. (COORD.) 1996. El Sistema Litoral, un equilibri sostenible? Diputació de Barcelona,
- Patten D.K., Bremner J.M., and Blackmer A.M. 1980. Effects of drying and air-dry storage of soils on their capacity for denitrification of nitrate. *Soil Science Society American Journal* 44, 67-70.
- Payne W.J. 1981. *Denitrification*. Wiley-InterScience.
- Paul J.M. and Beauchamp E.G. 1989. Relationship between volatile fatty acids, total ammonia, and pH in manure slurries. *Biol. Wastes* 29, 313-318.
- Paz de J. and Ramos C. 2002. Linkage of a geographical information system with the gleams model to assess nitrate leaching in agricultural areas. *Environmental Pollution* 118, 249-258.
- Pereira C.J. and Amiridis M. D. 1995. NO_x control from stationary sources. Overview of regulations, technology, and research frontiers. *ACS Symposium Series*, chapter 1, pp 1-13.
- Pichot F. and Rapado J.R. 1993. *La fiscalidad y medio ambiente*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

- Pierce, F.J. and Sadler, E.J. 1995. The State of Site-Specific Management for Agriculture. American Society of Agronomy. Crop Science Society. Soil Science Society of America. 430 pp.
- Powell J.M. Wu Z. and Satter L.D. 2001. Dairy diet effect on phosphorus cycles of cropland. *Journal of Soil and Water Conservation* 56(1), 22-26.
- Power J.F., Wiese R. and Flowerday D. 2001. Managing farming system for nitrate control: A research review from management systems evaluation areas. *Journal of Environmental Quality* 30(6), 1866-1880.
- Prakasa E.V.S. and Puttanna K. 1987. Nitrification and ammonia volatilization losses from urea and dicyandiamide-treated urea in sandy loam soil. *Plant and Soil* 97, 201 – 206.
- Prasad R. and Power J.F. 1997. Nitrification inhibitors for agriculture, health and the environment. *Advances in Agronomy*, 54, 233-281.
- Prasad R. and Power J.F. 1997. *Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture*. CRC Press.
- Puchal F. and Mascarell J. 1999. New strategies to improve consumer acceptance of animal products. 33-48 pp. *In: Brufau J. and Tacon A. (eds). Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Recent advances in Research and technology. CIHEAM. Q d'EA, 13.*
- Puttanna K., Nanje Gowda N.M. and Prakasa Rao E.V.S. 1999. Effect of concentration, temperature, moisture, liming and organic matter on the efficacy of the nitrification inhibitors benzotriazole, o-nitrophenol, M-nitroaniline and dicyandiamide. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 54, 251 – 257.
- Quemada M. and Cabrera M.L. 1997. Temperature and moisture effects on C and N mineralization from surface applied clover residue. *Plant and soil*. 189, 127-137.
- Quemada M., Lasa B., Lamsfus C., Aparicio-Tejo P.M. 1998. Ammonia volatilization from surface or incorporated biosolids by the addition of Dicyandiamide. *Journal of Environmental Quality* 27, 980 – 983.
- Rahn C.R., Greenwood D.J. and Draycott A. 1996. Prediction of nitrogen fertiliser requirement with the HRI Well –N computer model. 255-258 pp. *In: Van Cleemput O., Hofman G. and Vermoesen A. (eds). Progress in nitrogen cycling studies. Kluwer Academic Publishers.*
- Rahn C.R., Vaidyanathan L.V. and Paterson C.D. 1992. Nitrogen residues from brassica crops. *Aspects of Applied Biology* 30, 263 – 270.
- Rajendra P. and Power J.F. 1995. Nitrification inhibitors for agriculture, health, and the environment. *Advances in Agronomy* 54, 233 – 281.
- Ramos C., Agut A. and Lidón A.L. 2002. Nitrate leaching in important crops of the Valencian Community region (Spain). *Environmental Pollution* 118, 215-223.
- Rasse D.P., Ritchie J.T., Peterson W.R., Wei-J. and Smucker A.J.M. 2000. Rye cover crop and nitrogen fertilization effects on nitrate leaching in inbred maize fields. *Journal of Environmental Quality* 29(1), 298 – 304.
- Rauschkolb R.S. and Hornsby A.G. 1994. *Nitrogen Management in Irrigated Agriculture*. Oxford University Press.
- Reale L., Nori M. and Ferrari G. (COORD.). 1995. Holistic approach to sustainable development: interaction of soil science with different disciplines. ASTER and DSSPN of the University of Florence.
- Reddy K. R. and Patrick Jr. W. H. 1975. Effect of alternate aerobic and anaerobic conditions on redox potential, organic matter decomposition and nitrogen loss in a flooded soil. *Soil Biology and Biochemistry* 7, 87-94.

- Reitz P., Gallmann E. and Kutzbach H.D. 1999. Measurement of ammonia emissions after slurry application to grassland: influence of application techniques. *Int. Agrophysics*, 13, 149-155.
- Resh H.M: 1997. *Cultivos hidroponicos*. 509 pp. *In*: Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Spain.
- Rickeri D.H., Janssen L.L. and Wooland R. 2000. Buffered wetlands in agricultural landscapes in the prairie Pothole region: environmental, agronomic, and economic evaluations. *Journal of soil and water conservation* 55(2), 220-225.
- Riou C., Bonhomme R., Chassin P., Neveu A. and Papy F., éd. 1997. *L'eau dans l'espace rural. Production végétale et qualité de l'eau*. INRA editions, Paris.
- RIVM and RIZA. 1991. Sustainable use of groundwater. Problems and threats in the European communities. Ministers seminar Groundwater.
- Robert, P.C., Rust, R.H., and Larson, W.E. 1992. *Soil Specific Crop Management*. American Society of Agronomy. Crop Science Society. Soil Science Society of America. 395 pp.
- Robertson G.P., Vitousek P.M., Matson P.M., and Tiedje J.M. 1987. Denitrification in a clear-cut Loblolly pine plantation in the south-eastern US. *Plant and Soil* 97, 119-129.
- Rolston D.E., Broadbent F.E., and Goldhamer D.A. 1979. Field measurement of denitrification 2. Mass balance and sampling uncertainty. *Soil Science Society American Journal* 43, 703-708.
- Romero-Aranda R. and Syvertsen J.P. 1996. The influence of foliar-applied urea nitrogen and saline solutions on net gas exchange of citrus leaves. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121 (3), 501 – 506.
- Roquero C. 1979. Soils in Mediterranean Type Climates and their Yield potential. 14th Colloquium of the International Potash Institute.
- Ryden J.C. and Lund L.J. 1980. Nitrous oxide evolution from irrigated land. *Journal of Environmental Quality* 9, 387-393.
- Ryden J.C. and McNeill J.E. 1984. Application of the micrometeorological mass balance method to the determination of ammonia loss from a grazed sward. *J. Science Food Agric.* 35, 1297-1310.
- Ryden J.C., Lund L.J., and Focht D.D. 1978. Direct in-field measurement of nitrous oxide flux from soils. *Soil Science Society American Journal* 42, 731-737.
- Ryden J.C., Lund L.J., Letey J., and Focht D.D. 1979. Direct measurement of denitrification loss from soils. 2. Development and application of field methods. *Soil Science Society American Journal* 43, 110-118.
- Ryser J.P., Walther U and Flisch R. (ed.). 2001. Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages. *Revue suisse d'agriculture* 33(3), pp 80.
- Salas R., Molina E. and Castro A. 1995. Effect of sources and rates of immediate and slow-release nitrogen fertilizers in strawberry (*Fragaria x ananassa* cv. Chandler) cultivation. *Agronomia Costarricense* 19 (2), 1 – 6.
- Salgot M., Cortés A., Gomà P. and Pascual A. 1994. Prevenció del risc sanitari derivat de la reutilització d'aigües residuals depurades com a aigua de reg. Generalitat de Catalunya. Departament de Sanitat i Salut. 47 pp.
- Samuelson M.O. and Klemetsson L. 1991. Nitrous oxide production and emission. *Swedish. Vatten* 47, 317-320.
- Sangiorni F. Provolò G. and Di Vittorio. 1987. Economic evaluation of different systems of animal waste treatment. 4th International CIEC Symposium. Agricultural Waste Management and Environmental protection. Braunschweig, Germany.

- Schmitt M.A., Levins R.A. and Richardson D.W. 1997. Manure application planer (MAP): Software for environmental and economical nutrient planning. *J. Prod. Agric.* 10(3), 363-446.
- Schutte J.B. and De Jong J. 1999. Ideal amino acid profile for poultry. 259-263 pp. *In: Brufau J. and Tacon A. (eds). CIHEAM. Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Recent advances in Research and technology.*
- Schwarz M. 1995. *Soilers Culture Management*. Advanced series in agricultural sciences, 24. Springer.
- Seitzinger S.P. 1990. Denitrification in aquatic sediments. 301-322 pp. *In: N.P. Revsbech and J. Sørensen (eds.). Denitrification in soil and sediment. Plenum Press, New York, USA.*
- Sequí P. Impact of agriculture on the environment. 223-228 pp. *In: Brufau J. and Tacon A. (eds). CIHEAM. Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Recent advances in Research and technology.*
- Sharpley A. Foy B. and Withers P. 2000. Practical and innovative measures for the control of agricultural phosphorus losses to water: an overview. *Journal of Environmental Quality* 29(1), 1-10.
- Sharpley A., Daniel T.C., Sims J.T. and Pote D.H. 1996. Determining environmentally sound soil phosphorus levels. *Journal of soil and water conservation* 51(2), 160-170.
- Sharpley A., Daniel T.C., Sims J.T. and Pote D.H. 1996. Determining environmentally sound soil phosphorus levels. *Journal of soil and water conservation* 51(2), 160-166.
- Sharpley A., Foy B. and Withers P. 2000. Practical and innovate measures for the control of agricultural phosphorus losses to water: an overview. *Journal of environmental quality* 29(1), 1-9.
- Sharpley A.N., McDowell R.W., Weld J.L. and Kleinman P.J.A. 2001. Assessing Site Vulnerability to Phosphorus loss in an Agricultural Watershed. *Journal of Environmental Quality* 30 (6), 2026-2037.
- Simmins P.H. and Van Kempen T.A.T.G. 1999. Reduction of nitrogen excretion in mono gastrics. Improvement of precision in food manufacturing. 275-283. *In: Brufau J. and Tacon A. (eds). CIHEAM. Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Recent advances in Research and technology.*
- Sims D. 1997. *Negotiating a sustainable future for land. FAO and UNEP.*
- Sió J., Boixadera J., Danés R. and Rúbies C. 2001. Pacreg 4.1. Una eina per a l'ús eficient de l'aigua de reg en parcel·la. Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca. CD free version.
- Skiba U., Smith K.A., and Fowler D. 1993. Nitrification and denitrification as sources of nitric oxide and nitrous oxide in a sandy loam soil. *Soil Biology and Biochemistry* 25, 1527-1536.
- Slangen J.H.G. and Kerkhoff P. 1984. Nitrification inhibitors in agriculture and horticulture : A literature review. *Fertilizer Research* 5, 1 – 76.
- Smith C.J. and Patrick Jr. W. H. 1983. Nitrous oxide emission as affected by alternate anaerobic and aerobic conditions from soil suspensions enriched with ammonium sulphate. *Soil Biology and Biochemistry* 15, 693-697.
- Smith E.G., Heigh L., Klein K.K., Moyer J.R. and Blackshaw R.E. 2001. Economic analysis of cover crops in summer fallow-crop systems. *Journal of soil and water conservation* 56(4), 315-321.
- Smith K.A. and Arah J.R.M. 1990. Losses of nitrogen by denitrification and emissions of nitrogen oxides from soils. *The Fertilisers Society. Proceedings No. 299. Peterborough, UK. 34 p.*

- Smith K.A., Jackson D.R., Misselbroek T.H., Pain B.F. and Johnson R.A. 2000. Reduction of ammonia emissions by slurry application techniques. *Journal of Agricultural and Engineering Research* 77(3), 277-287.
- Smith M.S. and Tiedje J.M. 1979. Phases of denitrification following oxygen depletion in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 11, 261-267.
- Sommer S.G. 1992. Ammonia volatilisation from cattle and pig slurry during storage and after application in the field. Ph.D. Dissertation. The Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark. 37 p.
- Sommer S.G., Olesen J.E., and Christensen B.T. 1991. Effects of temperature, wind speed and air humidity on ammonia volatilisation from surface applied cattle slurry. *J. Agric. Science Cambridge* 117, 91-100.
- Sørensen J. 1995. Control by redox potential of nitrous oxide reduction in denitrifying bacteria. 58-64 pp. *In: NATO Advanced research workshop. The microbiology of atmospheric trace gases: sources, sinks and global change processes.*
- Stanners, D., Bourdeau, P. (eds). *Europe's Environment*. European Environment Agency. 663 pp.
- Stepniewska Z. and Pasztelam M. Evolution of CH₄ and N₂O from fields irrigated with municipal waste waters. Évolution des teneurs en méthane et oxyde d'azote de sols irrigués avec des eaux usées urbaines. 16th Soil Science Soc. Congress.
- Stevens R.J. and Laughlin R.J. 1996. Measuring the contributions of nitrification and denitrification to the flux of nitrous oxide from soil. 161-165 pp. *In: Transactions of the 9th Nitrogen Workshop. Technische Universität Braunschweig, Germany.*
- Stone D.A. 2000. The effects of starter fertilizers on the growth and nitrogen use efficiency of onion and lettuce. *Soil Use and Management* 16, 42-48.
- Succi G. and Crovetto G.M. 1999. Nutritional strategies in ruminant feeding. 241-257 pp. *In: Brufau J. and Tacon A. (eds). CIHEAM. Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Recent advances in Research and technology.*
- Sutton A.L., Huber D.M., Jones D.D. and Kelly D.T. 1990. Use of nitrification inhibitors with summer applications of swine manure. *Applied Engineering in Agriculture* 6 (3), 296-300.
- Sutton A.L., Power J.F., Day D.L. Fontenot J.P., Foster D.L., Huber D.M., Jones D.D., Kelling K.A., McCaskey T.A., Moore J.A. And Safley L.M. 1996. Integrated animal waste management. Council for Agricultural Science and Technology 128.
- Sutton M.A., Lee D.S., Dollard G.J. and Fowler D. 1998. International Conference on Atmospheric Ammonia: Emission, Deposition and Environmental Impacts.. Pergamon, *Atmospheric environment* 32 (3) 269-594.
- Swierstra D., Brama C.R. and Smits M.C. 2001. Grooved floor system for cattle housing: ammonia emission reduction and good slip resistance. *Applied Engineering in Agriculture* 17 (1), 85-90.
- Szabolcs I. 1974. Salt Affected Soils in Europe. Nijhoff M. and Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences- Budapest.
- Teira, M.R. 1998. Emission of NH₃ and N₂O from irrigated semi-arid calcareous Spanish soils. PhD dissertation. University of Ghent, Belgium. pp 221.
- Thiemens M.H. and Trogler W.C. 1991. Nylon production: An unknown source of atmospheric nitrous oxide. *Science* 251, 932-934.
- Thompson A.R., Rowse H.R., Springer P.H. and Edmonds G.H. 1990. Compatibility of liquid insecticide treatments and starter fertiliser solution applied under radish at sowing. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent* 55 (2b), 647-655.

- Thomson R.B., Morse D., Keeling K.A. and Lanyon L.E. 1997. Computer programs that calculate manure applications rates. *Journal of Production Agriculture* 10(1), 57-68.
- Tiedje J.M. 1988. Ecology of denitrification and dissimilatory nitrate reduction to ammonium. 179-244 pp. *In: A.J.B. Zehnder (ed.). Biology of anaerobic micro-organisms.* John Wiley & Sons Ltd., New York, USA
- Tillie M., Capdeville J., Jaubourg J., Aubert C., Texier C. and Rosseau P. 1993. Bâtiments d'élevage bovin, porcin et avicole. Réglementation et préconisations relatives à l'environnement. Ministère de l'agriculture de la pêche et de l'alimentation France. 140 pp.
- Torbert H.A. and Wood C.W. 1992. Effects of soil compaction and water-filled pore space on soil microbial activity and N losses. *Comm. Soil Science Plant Anal.* 23, 1321-1331.
- Torrallardona D. 1999. Reduction of Nitrogen excretion in pigs. Improvement of precision in nutrient requirements. 265-274 pp. *In: Brufau J. and Tacon A. (eds). CIHEAM. Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Recent advances in Research and technology.*
- Torres i Fernandez E. 1995. El impacto ambiental de las explotaciones ganaderas intensivas. pp 41.
- Toselli M., Flore J.A., Zavalloni C. and Marangoni B. 2000. Nitrogen Partitioning in apple Trees as Affected by Application Time. *HorTechnology, Research Reports.*
- Ueno H., Tatsuichi S. and Iwasaki Y. 1992. Studies on emission of nitrous oxide and methane from municipal refuse incinerators. In Japanese, English abstract, CA 119, 145-152.
- Unger P.W. 1984. Tillage systems for soil and water conservation, *FAO Soils bulletin*, 54.
- United Nations Economic Commission for Europe. 1999. Protocol to abate acidification, eutrophication and ground-level ozone. Convention of long-range transboundary air pollution. Göteborg, Sweden. <http://www.unece.org/env/lrtap>.
- USDA and EPA. 1999. Unified National Strategy for animal feeding operations. http://cfpub.epa.gov/npdes/afo/ustrategy.cfm?program_id=7.
- Van Cleemput O. and Patrick Jr. W. H. 1974a. Nitrate and nitrite reduction in flooded γ -irradiated soil under controlled pH and redox potential conditions. *Soil Biology and Biochemistry* 6, 85-88.
- Van Cleemput O. and Samater A.H.. 1996. Nitrite in soils: accumulation and role in the formation of gaseous N compounds. *Fert. Research* 45, 81-89.
- Van Cleemput O., Abboud S., and Baert L. 1988. Denitrification and interaction between its intermediate compounds. 302-311 pp. *In: D. S. Jenkinson and K. A. Smith (eds.). Nitrogen efficiency in agricultural soils. 1. Soils. Nitrogen.* Elsevier Applied Science Publishers Ltd. Barking, Essex, England, UK.
- Van Cleemput O., Van Hoorde J., and Vermoesen A. 1992. Emission of N_2O under different cropping systems. 20-21 pp. *In: E. François, E. Pithan, N. and K. Bartiaux-Thill (eds.). Proc. Workshop Cost 814, Nitrogen cycling and leaching in cool and wet regions of Europe.* Gembloux, CRA, Belgium.
- Van der Hoek K.W. 1998. Estimating ammonia emission factors in Europe: summary of the work of the UNECE ammonia expert panel. *Atmospheric Environment* 32 (3), 315-316.
- Van der Molen J., Van Faassen H.G., Leclerc M.Y., Vriesma R., and Chardon W.J. 1990. Ammonia volatilisation from arable land after application of cattle slurry. 1. Field estimates. *Neth. J. of Agric. Science* 38, 145-158.
- Van Lynden, G.W.J. 1995. European Soil Resources. Current status of soil degradation, causes, impacts and need for action. *Nature and Environment.* 71. 100 pp.

- Vandré R. and J. Clemens. 1997. Studies on the relationship between slurry pH, volatilisation processes and the influence of acidifying additives. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 47, 157-165.
- Varel, V.H., Nienaber, J.A., Freetly, H.C. 1999. Conservation of nitrogen in cattle feedlot waste with urease inhibitors. *Journal of Animal Science*, 77 (5), 1162-1168.
- Vilain L. 2002. IDEA, une méthode d'évaluation de la durabilité des systèmes agricoles. *Revue Suisse Agriculture* 34(3), 125 – 128.
- Vlek P.L.G. and Craswell E.T. 1981. Ammonia volatilisation from flooded soils. *Fert. Research* 2, 227-245.
- Vlek P.L.G. and Stumpe J.M. 1978. Effects of solution chemistry and environmental conditions on ammonia volatilisation losses from aqueous systems. *Soil Science Society American Journal* 42, 416-421.
- Wagger M.G., Cabrera M.L. and Ranells N.N. 1998. Nitrogen and carbon cycling in relation to cover crop residue quality. *Journal of Soil and Water Conservation* 53(3), 214 – 218.
- Walker T.W. 1956. Fate of labelled nitrate and ammonium nitrogen when applied to grass and clover grown separately and together. *Soil Science* 81, 339-351.
- Walter M.T., Brooks E.S., Walter M.F., Steenhuis T.S., Scott C.A. and Boll. J. 2001. Evaluation of soluble phosphorus loading from manure-applied fields under various spreading strategies. *Journal of soil and water conservation* 56(4), 329-335.
- Walter M.T., Walter M.F., Brooks E.S., Steenhuis T.S., Boll J. and Weiler K. 2000. Hydrologically sensitive areas: Variable source area hydrology implications for water quality risk assessment. *Journal of Soil and Water Conservation* 55(3), 277-284.
- Wang F.L. and Alva A.K. 1996. Leaching of nitrogen from slow-release urea sources in sandy soils. *Soil Science Society of America Journal* 60 (5), 1454 – 1458.
- Warneck P. 1988. Chemistry of the natural atmosphere. International geophysics series. Academic Press Inc., San Diego, USA. Vol. 41. 757 pp.
- Weier K.L. and Gilliam J.W. 1986. Effect of acidity on denitrification and nitrous oxide evolution from Atlantic coastal-plain soils. *Soil Science Society American Journal* 50, 1202-1205.
- Weier K.L., Doran J.W., Power J.F., and Walters D.T. 1993. Denitrification and the dinitrogen/nitrous oxide ratio as affected by soil water, available carbon, and nitrate. *Soil Science Society American Journal* 57, 66-72.
- Weiss R.F. 1981. The temporal and spatial distribution of tropospheric nitrous oxide. *J. of Geophysical Research* 86, 7185-7195.
- Wetselaar R., Smith G.D. and Angus J.F. 1998. Field measurement of soil nitrate concentrations. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 29 (5-6), 729 – 739.
- Wijler J. and Delwiche C.C. 1954. Investigations on the denitrifying processes in soil. *Plant and Soil* 5, 155-169.
- Williams E.J., Hutchinson G.L. and Fehsenfeld F.C. 1992. NO_x and N₂O emissions from soil. *Global Biogeochem. Cyc.* 6, 351-388.
- Winsor G.W. and Schwarz M. 1990. Soilless culture for a horticultural production. *FAO land production and production paper* 101. FAO.
- Wolendorp J.W., Dilz K. and Kolenbrander G.J. 1966. The fate of fertilizer nitrogen on permanent grassland soils. 53-68 pp. *In Nitrogen and grassland: Proc. Gen. Meeting European Grassland Federation, 1995 Wageningen, The Netherlands.*
- Wullschleger, S.D., Meinzer, F.C., and Vertessy, R.A. 1998. A review of whole-plant water use studies in trees. *Tree Physiol.* 18, 499-512.

- Wyland L.J., Jackson L.E. and Schulbach K.F. 1995. Soil-plant nitrogen dynamics following incorporation of a mature rye cover crop in a lettuce production system. *Journal of Agricultural Science* 124 (1), 17 – 25.
- Xu Hua, Xing Guangxi, Zu-Cong Cai, and Haruo Tsuruta. 1997. Nitrous oxide emissions from three rice paddy fields in China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 49, 23-28.
- Zaldivar J.M., Cattaneo E., Viaroli P. and Giordani G. 2001. A Biogeochemical model of a Mediterranean lagoon: (Sacca di Goro (I) 1989-1998). European Commission, Ispra, Italy, pp 64.
- Zanner C.W. and Bloom P.R. 1995. Mineralization, nitrification, and denitrification in Histosols of northern Minnesota. *Soil Science Society American Journal* 59, 1505-1511.
- Zdruli P., Jones R. and Montanarella L. 1999. Organic matter in the soils of southern Europe. European soil bureau, Space application institute, JRC, Ispra, Italy. pp 17.
- Zdruli P., Steduto P., Lacirignola C. and Montanarella L. 2001. Soil resources of southern and eastern Mediterranean countries. *Options méditerranéennes*. CIHEAM: Centre International de Hautes Études Agronomiques Méditerranéennes, Bari, Italy, pp 281.
- Zebarth B.J., Paul J.W. and Chipperfield K. 1999. Nutrient losses to soil from field storage of solid poultry manure. *Canadian Journal of Soil Science*, 79, 183-189.

Sites web consultés pour l'élaboration des présentes lignes directrices

Albanie

État de l'environnement en Albanie 1997-1998.

<http://www.grida.no/enrin/htmls/albania/soe1998/eng/index.htm>

Algérie

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement: <http://www.environnement-dz.org/>

Autorité palestinienne

Bureau Central Palestinien des Statistiques: <http://www.pcbs.org/>

Chypre

Water Department: <http://www.pio.gov.cy/wdd/eng/index.html>

Agricultural Research Institute (ARI): <http://www.ari.gov.cy/>

Site officiel de la République de Chypre: <http://www.cyprus.gov.cy/>

Croatie

Ministère de l'Agriculture et des Forêts: <http://www.mps.hr/>

Ministère de la Protection de l'environnement et de l'Aménagement du territoire: <http://www.mzopu.hr/>

Égypte

Agence égyptienne des affaires environnementales (EEAA): <http://www.eeaa.gov.eg/>

Ministère de l'Agriculture: <http://www.agri.gov.eg/webh.htm>

Ministère d'État des Affaires environnementales: <http://www.eeaa.gov.eg/>

Ministères des Ressources en eau et de l'Irrigation: <http://www.mwri.gov.eg/>

Espagne

Ministère de l'Environnement: <http://www.mma.es/>

Ministère de l'Agriculture: <http://www.mapya.es/>

Fertiberia: http://www.fertiberia.es/informacion_fertilizacion/medioambiente/buenas_practicas_mapa/index.html

Catalogne: <http://www.gencat.es/darp/c/camp/nitrogen/cnitro01.htm>

Andalousie: <http://platea.pntic.mec.es/~emoya/practicas.htm>

Aragon: <http://www.aragob.es/agri/pdf/it93.pdf>

Madrid: <http://www.comadrid.es/gema/revista/leyes/febmar99/boc041b.htm>

Estrémadure: <http://www.juntaex.es/consejerias/aym/sgt/publica3.htm>

France

Agence méditerranéenne de l'environnement: <http://www.ame-lr.org/>

Conservatoire du littoral: <http://www.conservatoire-du-littoral.fr/>

Institut français de l'environnement: <http://www.ifen.fr/>

Institut géographique national (IGN): <http://www.ign.fr/>

Institut français des relations internationales: <http://www.ifri.org/>

Institut Ifremer: <http://www.ifremer.fr/francais/>

Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire: <http://www.environnement.gouv.fr/>

PMPOA plan http://www.environnement.gouv.fr/rhone-alpes/bassin_rmc/poll_agricoles/pmhoa.htm

Programme "FertiMieux" http://www.anda.asso.fr/prog_actions/FertiMieux/ferti_accueil_principale.htm

Zones nitrovulnérables dans le Bassin Rhône-Alpes et pollution agricole:

http://www.environnement.gouv.fr/rhone-alpes/bassin_rmc/poll_agricoles/ZV_reexamen_99.htm

Grèce

Ministère hellénique de l'Agriculture: <http://www.minagric.gr/>

Ministère hellénique de l'Environnement, de l'Aménagement du territoire et des Travaux publics: <http://www.minenv.gr/>

Israël

ARIJ (Applied, Research Institute Jerusalem): <http://www.arij.org/>

Ministry of the Environment:

<http://www.environment.gov.il/Environment/bin/en.jsp?enPage=HomePage>

Italie

Ministère de l'Agriculture et des Forêts: <http://www.politicheagricole.it/>
 Ministère de l'Environnement: <http://www.minambiente.it/Sito/home.asp>
 Emilie-Romagne: <http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/acque1.htm>
 Milan: www.provincia.milano.it/ambiente/progettispeciali/pub
 Ombrie: www.regione.umbria.it/cridea/spazioambiente/numero02/pag17.pdf

Jordanie

Ministère de l'Agriculture: <http://www.moa.gov.jo/>

Liban

Association libanaise pour la maîtrise des énergies et l'environnement: [ww.almee.org.lb/](http://www.almee.org.lb/)
 Ministère de l'Agriculture: <http://www.agriculture.gov.lb/>
 Ministère de l'Environnement: <http://www.moe.gov.lb/>

Malte

Ministère de l'Environnement: <http://www.environment.gov.mt/>
 Gouvernement maltais: <http://www.magnet.mt/>

Maroc

Ministère de l'Aménagement du territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement
<http://www.minenv.gov.ma/>
 Ministère de l'Agriculture: <http://www.madrpm.gov.ma/>

Slovénie

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement:
<http://www.sigov.si/mop/vsebinska/angl/index.htm>

Turquie

Direction générale des forêts de Turquie: <http://www.ogm.gov.tr/homeng1.htm>
 Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles: <http://www.enerji.gov.tr/>
 Plan d'action national pour l'environnement: <http://www.dpt.gov.tr/dptweb/ekutup98/ucep/ucep-i.html>

Organisations des Nations Unies

FAO: <http://www.fao.org/>
 FAOSTAT: <http://apps.fao.org/>
 Plan d'action pour la Méditerranée/Programme des Nations Unies pour l'environnement:
<http://www.unepmap.org/>

Union européenne

http://europa.eu.int/eur-lex/es/lif/dat/1991/es_391L0676.html
 Directive 91/676/CEE. Directive "Nitrates"
http://europa.eu.int/comm/environment/water/water-nitrates/index_en.html
 Qualité de l'eau dans l'Union européenne
 Application de la directive "nitrates". Directive 91/676/EEC relative aux nitrates provenant de sources agricoles. Rapport COM(97) 473

Agence européenne de l'environnement

<http://www.eea.eu.int/>
 Rapport sur l'environnement n° 4: Éléments nutritifs dans les écosystèmes européens
 Rapport technique n° 51: Calcul des surplus d'éléments nutritifs d'origine agricole.
 Rapport thématique 7/2001: Eutrophisation dans les eaux côtières européennes.
 Rapport technique n° 22: Qualité et quantité des eaux souterraines en Europe.
 Rapport thématique 11/2001: Milieu marin et côtier. Mise à jour thématique annuelle 2000.
 Rapport technique n° 3: Données collectées dans le cadre des conventions marines régionales européennes.

Californie

Gouvernement de Californie: Fertilizer research and education program <http://www.cdfa.ca.gov/is/frep/>
 Université de Californie, Davis Sustainable agriculture:
http://www.aes.ucdavis.edu/ex/programs/Prog_sust_ag.htm

Régions de type climatique non méditerranéen

U.S. Department of Agriculture: <http://www.usda.gov>

Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis: <http://www.epa.gov>

Université du Dakota du Nord: <http://www.soilsci.ndsu.nodak.edu/bmp/>

Université du Minnesota:

<http://www.extension.umn.edu/distribution/horticulture/DG1731.html>

<http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/DC6074.html>

<http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/DC6130.html>

BMP Minnesota state: <http://www.mda.state.mn.us/AgBMP/default.htm>

Université du New Hampshire: <http://ceinfo.unh.edu/bmpnutr.htm>

Alberta government, Canada:

http://www.agric.gov.ab.ca/navigation/sustain/soil/fertilizers/col_index.html

Canadian Institute of Fertilizers:

<http://www.cfi.ca/>

ANNEXES

Annex 1
Land Use (ha) and Agricultural production (Mt=Metric tons) (Dryland and Irrigated) of MAP Countries+B3

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Albania							
Total Area	2875000	2875000	2875000	2875000	2875000		
Non Arable and no permanent crop	2038000	2038000	2040000	2041000	2041000		
UAS (Ha)	1127000	1131000	1129000	1128000	1128000		
Arable Land	577000	577000	578000	577000	577000		
Permanent crops	125000	125000	122000	122000	122000		
Permanent pasture	425000	429000	429000	429000	429000		
Vegetable cultivated Surface (Ha)	34,200	38,600	35,100	35,200	34,300	34,400	34,400
Vegetable Production (Mt)	580,000	730,000	600,000	626,000	630,000	652,000	652,000
Total cereal cultivated surface (Ha)	245,137	220,526	227,488	226,906	193,400	222,200	222,200
Total cereal production (Mt)	662,400	518,714	616,043	620,746	512,000	580,000	580,000
Wheat Cultivated Surface (Ha)	141,219	124,721	136,200	140,910	109,000	132,000	132,000
Wheat Production (Mt)	405,342	271,150	388,391	395,067	272,000	330,000	330,000
Barley Cultivated Surface (Ha)	3,229	2,388	2,565	1,700	1,600	1,900	1,900
Barley Production (Mt)	7,274	3,195	3,738	3,248	2,900	3,500	3,500
Corn Cultivated Surface (Ha)	68,870	65,654	61,145	56,599	55,000	60,000	60,000
Corn Production (Mt)	215,566	214,059	194,818	189,130	206,000	215,000	215,000
Citrus Cultivated Surface (Ha)	500	450	470	480	480	480	480
Citrus Production (Mt)	3,782	3,001	3,017	2,216	2,200	2,200	2,200
Argelia							
Total Area	238,174,000	238,174,000	238,174,000	238,174,000	238,174,000		
No Arable land and no permanent cr	230,145,000	230,134,000	230,015,000	230,000,000	229,959,000		
UAS (Ha)	39,649,000	39,636,000	39,690,000	42,641,000	42,715,000		
Arable Land	7,519,000	7,521,000	7,650,000	7,661,000	7,700,000		
Permanent crops	510,000	519,000	509,000	513,000	515,000		
Permanent pasture	31,620,000	61,596,000	31,531,000	34,467,000	34,500,000		
Total cereal cultivated surface (Ha)	2,579,490	3,663,900	1,115,640	3,575,400	1,888,810	1,083,720	1,848,630
Total cereal production (Mt)	2,139,957	4,902,005	869,898	3,025,659	2,020,891	934,508	1,942,000
Wheat Cultivated Surface (Ha)	1,680,720	2,278,500	825,240	2,577,150	1,372,400	827,000	2,400,000
Wheat Production (Mt)	1,499,920	2,982,604	661,514	2,280,000	1,470,000	760,361	1,980,000
Barley Cultivated Surface (Ha)	824,170	1,282,500	264,840	939,210	468,960	216,000	482,000
Barley Production (Mt)	584,980	1,800,222	190,892	700,000	510,000	163,287	500,000
Corn Cultivated Surface (Ha)	260	260	120	180	240	400	400
Corn Production (Mt)	419	446	257	310	537	1,556	1,500
Citrus Cultivated Surface (Ha)	40,280	38,810	40,240	41,110	40,780	41,380	41,340
Citrus Production (Mt)	323,078	334,094	350,724	418,356	453,925	433,015	440,780
Vegetable cultivated Surface (Ha)	237,480	231,630	227,920	235,880	254,080	252,400	253,400
Vegetable Production (Mt)	2,561,626	2,434,032	2,421,177	2,621,637	2,961,637	2,559,219	2,560,200

Bosnia and Herzegovina	Total Area	5,113,000	5,113,000	5,113,000	5,113,000	5,113,000		
	No Arable land and no permanent cr	4,450,000	4,450,000	4,450,000	4,450,000	4,450,000		
	UAS (Ha)	1,850,000	1,850,000	1,850,000	1,850,000	1,850,000		
	Arable Land	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000		
	Permanent crops	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000		
	Permanent pasture	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000		
	Total cereal cultivated surface (Ha)	187,200	237,900	352,483	381,091	364,509	473,100	473,100
	Total cereal production (Mt)	671,360	841,400	1,242,059	1,326,635	1,273,585	1,311,100	1,311,100
	Wheat Cultivated Surface (Ha)	70,000	55,000	95,178	106,165	82,250	114,000	114,000
	Wheat Production (Mt)	238,750	165,700	287,372	340,931	257,764	275,000	275,000
	Barley Cultivated Surface (Ha)	16,200	18,000	21,571	24,065	22,046	27,000	27,000
	Barley Production (Mt)	42,000	47,000	58,032	63,402	56,295	64,000	64,000
	Corn Cultivated Surface (Ha)	93,000	147,000	206,906	219,104	228,705	300,000	300,000
	Corn Production (Mt)	372,000	588,000	830,445	846,638	888,845	900,000	900,000
	Citrus Cultivated Surface (Ha)	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data
	Citrus Production (Mt)	65	50	50	70	70	70	70
	Vegetable cultivated Surface (Ha)	122,900	123,150	124,900	129,650	131,050	182,250	182,250
Vegetable Production (Mt)	595,405	575,500	652,000	703,500	698,100	689,300	689,300	
Croatia	Total Area	5,654,000	5,654,000	5,654,000	5,654,000	5,654,000		
	No Arable land and no permanent cr	4,359,000	4,162,000	4,150,000	4,005,000	4,002,000		
	UAS (Ha)	2,332,000	2,980,000	2,992,000	3,151,000	3,151,000		
	Arable Land	1,117,000	1,305,000	1,317,000	1,458,000	1,461,000		
	Permanent crops	116,000	125,000	125,000	129,000	129,000		
	Permanent pasture	1,099,000	1,550,000	1,550,000	1,564,000	1,561,000		
	Total cereal cultivated surface (Ha)	631,755	612,087	634,028	686,629	625,096	496,345	675,295
	Total cereal production (Mt)	2,759,724	2,761,924	3,178,744	3,209,900	2,883,483	2,724,022	2,976,355
	Wheat Cultivated Surface (Ha)	227,044	200,852	208,377	241,734	169,280	235,939	224,000
	Wheat Production (Mt)	876,507	741,235	833,508	1,020,450	558,217	1,032,085	800,000
	ORDI Cultivated Surface (Ha)	32,518	31,034	33,759	42,737	44,517	46,363	40,000
	ORDI Production (Mt)	103,281	88,091	108,496	143,510	124,890	151,439	151,439
	Corn Cultivated Surface (Ha)	354,059	361,268	371,273	377,818	384,184	388,639	385,750
	Corn Production (Mt)	1,735,060	1,885,515	2,183,144	1,982,545	2,135,452	1,526,167	2,005,900
	Citrus Cultivated Surface (Ha)	2,650	3,750	3,750	3,850	3,750	3,600	3,600
	Citrus Production (Mt)	10,134	20,921	16,722	22,806	19,445	20,303	20,303
	Vegetable cultivated Surface (Ha)	40,629	41,807	43,305	49,986	53,636	53,636	53,636
Vegetable Production (Mt)	344,863	357,516	373,738	466,522	504,365	504,365	504,365	

Cyprus	Total Area	925000	925000	925000	925000	925000		
	No Arable land and no permanent cr	781,000	781,000	783,000	780,000	781,000		
	UAS (Ha)	147,000	147,000	145,000	148,000	147,000		
	Arable Land	100,000	99,000	98,000	101,000	101,000		
	Permanent crops	43,000	44,000	43,000	42,000	42,000		
	Permanent pasture	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000		
	Total cereal cultivated surface (Ha)	60,870	58,940	43,020	59,090	58,940	51,480	51,340
	Total cereal production (Mt)	145,170	141,190	47,780	65,850	127,100	47,850	125,400
	Wheat Cultivated Surface (Ha)	3,650	3,700	5,250	5,800	6,600	6,150	6,000
	Wheat Production (Mt)	11,000	13,000	11,500	11,500	14,000	10,000	10,000
	Barley Cultivated Surface (Ha)	57,000	55,000	37,500	53,000	52,000	45,000	45,000
	Barley Production (Mt)	134,000	128,000	36,000	54,000	112,700	37,600	11,500
	Corn Cultivated Surface (Ha)	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data
	Corn Production (Mt)	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data
	Citrus Cultivated Surface (Ha)	7,150	7,150	6,900	6,210	6,210	6,190	6,190
	Citrus Production (Mt)	176,900	151,900	143,400	123,350	143,750	116,050	125,850
	Vegetable cultivated Surface (Ha)	4,130	4,078	4,084	3,965	4,125	4,142	4,217
Vegetable Production (Mt)	141,695	136,559	135,640	148,885	157,375	145,320	147,370	
Egypt	Total Area	100,145,000	100,145,000	100,145,000	100,145,000	100,145,000		
	No Arable land and no permanent cr	96,262,000	96,245,000	96,245,000	96,245,000	96,245,000		
	UAS (Ha)	3,283,000	3,300,000	3,300,000	3,300,000	3,300,000		
	Arable Land	2,817,000	2,820,000	2,834,000	2,834,000	2,834,000		
	Permanent crops	466,000	466,000	466,000	466,000	466,000		
	Permanent pasture	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data		
	Total cereal cultivated surface (Ha)	2,726,636	2,545,317	2,735,816	2,646,833	2,707,099	2,761,724	2,761,724
	Total cereal production (Mt)	16,097,252	16,542,173	18,071,326	17,964,394	19,400,571	20,105,078	20,105,078
	Wheat Cultivated Surface (Ha)	1,055,384	1,017,192	1,044,593	1,017,282	999,998	1,034,985	983,947
	Wheat Production (Mt)	5,722,441	5,735,367	5,849,134	6,093,151	6,346,642	6,564,053	6,254,580
	Barley Cultivated Surface (Ha)	188,143	44,254	57,705	60,000	56,764	48,896	30,905
	Barley Production (Mt)	638,297	119,522	125,575	148,021	114,359	99,392	93,305
	Corn Cultivated Surface (Ha)	735,874	742,966	814,336	876,987	817,224	843,029	843,029
	Corn Production (Mt)	4,535,175	5,165,338	5,806,070	6,336,802	6,143,360	6,474,450	6,474,450
	Citrus Cultivated Surface (Ha)	129,692	127,417	130,152	131,378	141,152	136,388	139,897
	Citrus Production (Mt)	2,278,458	2,379,173	2,226,292	2,121,218	2,433,085	2,372,284	2,441,218
	Vegetable cultivated Surface (Ha)	422,502	456,387	481,257	504,818	545,937	546,294	546,294
Vegetable Production (Mt)	10,247,979	11,701,082	12,295,926	12,261,386	13,588,449	13,661,558	13,661,558	

France	Total Area	55,150,000	55,150,000	55,150,000	55,150,000	55,150,000		
	No Arable land and no permanent cr	35,517,000	35,549,000	35,527,000	35,493,000	35,495,000		
	UAS (Ha)	30,059,000	29,998,000	29,960,000	29,944,000	29,900,000		
	Arable Land	18,310,000	18,288,000	18,320,000	18,362,000	18,361,000		
	Permanent crops	1,183,000	1,173,000	1,163,000	1,155,000	1,154,000		
	Permanent pasture	10,566,000	10,537,000	10,477,000	10,427,000	10,385,000		
	Total cereal cultivated surface (Ha)	8,291,655	8,840,425	9,206,544	9,289,795	9,289,795	8,931,584	9,200,135
	Total cereal production (Mt)	53,545,493	62,599,234	63,431,583	68,660,514	64,803,912	66,574,971	60,881,000
	Wheat Cultivated Surface (Ha)	4,745,000	5,040,300	5,110,000	5,234,000	5,115,195	5,269,000	4,825,000
	Wheat Production (Mt)	30,880,000	35,948,900	33,847,000	39,809,000	37,050,000	37,559,000	32,065,000
	Barley Cultivated Surface (Ha)	13,869,000	1,535,000	1,690,000	1,631,000	1,534,000	1,572,700	1,698,000
	Barley Production (Mt)	7,683,000	9,519,000	10,124,000	10,591,000	9,539,000	9,927,000	9,851,000
	Corn Cultivated Surface (Ha)	1,650,800	1,733,500	1,858,000	1,799,000	1,759,000	1,834,000	1,902,000
	Corn Production (Mt)	12,739,600	14,529,700	16,832,000	15,206,000	15,643,000	16,469,000	16,478,000
	Citrus Cultivated Surface (Ha)	2,671	2,736	2,786	2,888	2,974	3,030	3,072
	Citrus Production (Mt)	32,261	26,616	27,718	29,605	32,565	33,565	33,500
Vegetable cultivated Surface (Ha)	458,079	454,665	446,419	447,724	440,637	434,829	429,900	
Vegetable Production (Mt)	7,858,469	7,895,007	7,778,371	7,983,752	8,008,689	8,009,520	7,805,300	
Greece	Total Area	13,196,000	13,196,000	13,196,000	13,196,000	13,196,000		
	No Arable land and no permanent cr	8,986,000	8,991,000	9,005,000	9,008,000	9,020,000		
	UAS (Ha)	9,054,000	9,049,000	9,035,000	9,032,000	9,020,000		
	Arable Land	2,821,000	2,810,000	2,789,000	2,784,000	2,762,000		
	Permanent crops	1,083,000	1,089,000	1,096,000	1,098,000	1,108,000		
	Permanent pasture	5,150,000	5,150,000	5,150,000	5,150,000	5,150,000		
	Total cereal cultivated surface (Ha)	1,307,144	1,323,598	1,307,329	1,295,874	1,258,700	1,278,931	8,961,000
	Total cereal production (Mt)	4,902,743	4,683,250	4,705,177	4,358,614	4,620,218	4,792,820	3,907,200
	Wheat Cultivated Surface (Ha)	878,800	864,854	859,813	855,422	837,900	859,780	855,000
	Wheat Production (Mt)	2,314,838	1,882,488	1,990,803	1,880,000	2,063,990	2,183,360	1,500,000
	Barley Cultivated Surface (Ha)	156,300	154,447	146,256	139,198	128,600	122,131	120,000
	Barley Production (Mt)	411,500	356,000	348,000	326,000	320,000	302,924	280,000
	Corn Cultivated Surface (Ha)	182,487	213,000	210,645	213,938	209,800	215,000	215,000
	Corn Production (Mt)	1,838,779	2,110,000	2,025,281	1,816,441	1,949,920	2,037,500	1,850,000
	Citrus Cultivated Surface (Ha)	60,160	60,420	60,020	59,920	58,070	59,700	60,550
	Citrus Production (Mt)	1,213,242	1,259,110	1,291,457	1,101,904	1,402,994	1,336,244	1,196,000
Vegetable cultivated Surface (Ha)	134,750	137,439	135,429	137,626	142,400	139,300	139,300	
Vegetable Production (Mt)	4,186,078	4,256,476	4,145,479	4,239,622	4,276,136	4,228,474	4,208,500	

Israel	Total Area	2,106,000	2,106,000	2,106,000	2,106,000	2,106,000		
	No Arable land and no permanent cr	1,625,000	1,624,000	1,623,000	1,622,000	1,622,000		
	UAS (Ha)	582,000	583,000	584,000	585,000	585,000		
	Arable Land	351,000	351,000	351,000	351,000	351,000		
	Permanent crops	86,000	87,000	88,000	89,000	89,000		
	Permanent pasture	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000		
	Total cereal cultivated surface (Ha)	98,728	94,445	95,000	100,311	73,128	58,100	93,650
	Total cereal production (Mt)	309,380	264,280	187,110	234,920	122,030	197,150	282,850
	Wheat Cultivated Surface (Ha)	79,680	80,970	82,530	85,680	63,653	40,000	75,000
	Wheat Production (Mt)	242,000	185,000	116,000	155,000	29,000	94,000	170,000
	Barley Cultivated Surface (Ha)	11,428	6,390	6,640	7,611	2,153	10,000	10,000
	Barley Production (Mt)	2,300	2,400	1,200	2,500	1,000	2,400	10,000
	Corn Cultivated Surface (Ha)	6,950	6,450	4,960	5,940	5,837	6,000	6,500
	Corn Production (Mt)	63,730	74,910	68,110	73,520	82,160	85,000	87,000
	Citrus Cultivated Surface (Ha)	29,235	29,288	27,820	28,920	27,250	25,520	25,560
	Citrus Production (Mt)	906,430	873,850	960,990	898,775	734,400	788,300	794,600
Vegetable cultivated Surface (Ha)	51,371	45,403	46,480	49,373	51,028	50,150	49,980	
Vegetable Production (Mt)	1,627,716	1,519,663	1,457,335	1,652,315	1,737,460	1,672,680	1,586,800	
Italy	Total Area	30,134	30,134	30,134	30,134	30,134		
	No Arable land and no permanent cr	18,483,000	18,405,000	18,437,000	18,274,000	17,989,000		
	UAS (Ha)	15,333,000	15,349,000	15,345,000	15,484,000	16,268,000		
	Arable Land	8,283,000	8,332,000	8,253,000	8,329,000	8,545,000		
	Permanent crops	2,645,000	2,674,000	2,721,000	2,808,000	2,877,000		
	Permanent pasture	4,405,000	4,343,000	4,371,000	4,347,000	4,846,000		
	Total cereal cultivated surface (Ha)	4,217,742	4,223,335	4,187,250	4,072,031	4,178,908	4,157,344	4227090
	Total cereal production (Mt)	309,380	264,280	187,110	234,920	122,030	197,150	282,850
	Wheat Cultivated Surface (Ha)	2,482,120	2,407,992	2,366,121	2,327,950	2,387,266	2,330,000	2,269,600
	Wheat Production (Mt)	7,946,080	7,987,241	6,758,351	8,338,301	7,742,800	7,463,968	6,350,000
	Barley Cultivated Surface (Ha)	374,000	359,362	356,661	362,631	353,850	345,331	340,000
	Barley Production (Mt)	1,421,600	1,350,494	1,179,575	1,378,940	1,313,300	1,261,600	1,187,100
	Corn Cultivated Surface (Ha)	942,475	1,022,670	1,039,229	968,799	1,028,000	1,064,000	1,184,000
	Corn Production (Mt)	8,454,200	9,547,540	10,004,697	9,030,860	10,017,200	10,137,500	11,189,000
	Citrus Cultivated Surface (Ha)	179,495	183,088	178,695	179,543	177,717	177,591	177,771
	Citrus Production (Mt)	2,607,693	2,867,717	2,917,877	2,365,460	2,902,371	3,111,205	3,139,002
Vegetable cultivated Surface (Ha)	589,562	595,183	591,147	595,514	592,099	583,591	583,591	
Vegetable Production (Mt)	13,810,004	15,185,143	14,331,219	14,683,646	15,299,667	15,345,358	15,345,358	

Lebanon	Total Area	1,040,000	1,040,000	1,040,000	1,040,000	1,040,000		
	No Arable land and no permanent cr	716,000	715,000	715,000	715,000	715,000		
	UAS (Ha)	322,000	324,000	324,000	324,000	324,000		
	Arable Land	180,000	180,000	180,000	180,000	180,000		
	Permanent crops	127,000	128,000	128,000	128,000	128,000		
	Permanent pasture	15,000	16,000	16,000	16,000	16,000		
	Total cereal cultivated surface (Ha)	39,077	38,289	54,895	38,306	38,785	39,720	39720
	Total cereal production (Mt)	100,385	93,796	90,069	94,342	92,935	96,300	96,300
	Wheat Cultivated Surface (Ha)	24,230	23,595	35,906	23,564	23,800	24,000	24,000
	Wheat Production (Mt)	60,005	58,342	58,394	58,670	58,000	60,000	60,000
	Barley Cultivated Surface (Ha)	11,320	11,253	16,384	11,305	11,500	12,000	12,000
	Barley Production (Mt)	33,410	28,423	26,043	28,650	28,000	29,000	29,000
	Corn Cultivated Surface (Ha)	2,007	2,034	1,384	2,015	2,050	2,250	2,250
	Corn Production (Mt)	4,670	4,772	3,551	4,779	4,700	5,000	5,000
	Citrus Cultivated Surface (Ha)	10,650	11,778	16,299	12,062	12,120	12,550	12,550
	Citrus Production (Mt)	314,000	335,478	406,451	355,264	353,500	368,500	368,500
Vegetable cultivated Surface (Ha)	48,730	52,455	51,130	55,896	56,320	58,765	58,765	
Vegetable Production (Mt)	1,129,410	1,228,899	1,295,840	1,293,851	1,258,700	1,323,850	1,323,850	
Lybia	Total Area	175,954,000	175,954,000	175,954,000	175,954,000	175,954,000		
	No Arable land and no permanent cr	173,739,000	173,588,000	173,588,000	173,804,000	173,804,000		
	UAS (Ha)	15,515,000	15,666,000	15,666,000	15,450,000	15,450,000		
	Arable Land	1,870,000	2,028,000	2,028,000	1,815,000	1,815,000		
	Permanent crops	345,000	338,000	338,000	335,000	335,000		
	Permanent pasture	13,300,000	13,300,000	13,300,000	13,300,000	13,300,000		
	Total cereal cultivated surface (Ha)	215,400	235,680	246,800	301,910	326,965	327,020	327020
	Total cereal production (Mt)	145,900	159,800	206,330	237,950	251,055	237,950	237,950
	Wheat Cultivated Surface (Ha)	160,000	170,000	155,000	160,000	165,000	165,000	165,000
	Wheat Production (Mt)	117,000	124,000	156,400	140,000	130,000	125,000	130,000
	Barley Cultivated Surface (Ha)	50,000	59,000	85,000	135,000	155,000	170,000	170,000
	Barley Production (Mt)	23,000	28,200	42,100	65,000	75,000	80,000	80,000
	Corn Cultivated Surface (Ha)	400	380	400	410	415	420	420
	Corn Production (Mt)	400	400	430	450	455	450	450
	Citrus Cultivated Surface (Ha)	6,200	6,130	6,150	6,275	6,400	6,510	6,510
	Citrus Production (Mt)	64,000	62,900	61,700	63,150	65,300	66,400	66,400
Vegetable cultivated Surface (Ha)	53,220	58,420	60,405	64,080	66,270	68,840	68,850	
Vegetable Production (Mt)	766,320	833,680	841,900	863,500	887,000	904,700	905,800	

Malta	Total Area	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000		
	No Arable land and no permanent cr	21,000	21,000	22,000	23,000	23,000		
	UAS (Ha)	11,000	11,000	10,000	9,000	9,000		
	Arable Land	10,000	10,000	9,000	8,000	8,000		
	Permanent crops	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		
	Permanent pasture	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data		
	Total cereal cultivated surface (Ha)	2,950	2,000	2,700	2,700	2,700	2,923	2923
	Total cereal production (Mt)	7,400	7,000	10,543	10,500	10,700	11,714	11,714
	Wheat Cultivated Surface (Ha)	2,400	1,100	2,200	2,200	2,200	2,381	2,381
	Wheat Production (Mt)	6,300	4,200	9,036	9,000	9,000	9,556	9,556
	Barley Cultivated Surface (Ha)	550	900	500	500	500	542	542
	Barley Production (Mt)	1,100	2,800	1,507	1,500	1,700	2,158	2,158
	Corn Cultivated Surface (Ha)	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data
	Corn Production (Mt)	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data
	Citrus Cultivated Surface (Ha)	140	140	140	140	140	140	140
	Citrus Production (Mt)	1,600	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Vegetable cultivated Surface (Ha)	3,700	4,680	5,380	5,660	5,140	5,610	5,610	
Vegetable Production (Mt)	48,020	83,100	65,179	67,740	65,356	64,454	64,454	
Morocco	Total Area	44,655,000	44,655,000	44,655,000	44,655,000	44,655,000		
	No Arable land and no permanent cr	34,881,000	34,664,000	34,735,000	34,654,000	35,185,000		
	UAS (Ha)	30,749,000	30,966,000	30,895,000	30,976,000	30,445,000		
	Arable Land	8,921,000	9,096,000	8,980,000	9,033,000	8,500,000		
	Permanent crops	828,000	870,000	915,000	943,000	945,000		
	Permanent pasture	21,000,000	21,000,000	21,000,000	21,000,000	21,000,000		
	Total cereal cultivated surface (Ha)	3,993,400	5,988,600	4,910,400	5,904,700	5,176,712	5,444,400	5118900
	Total cereal production (Mt)	1,783,230	10,103,620	4,098,200	6,631,590	3,858,953	2,005,875	4,814,750
	Wheat Cultivated Surface (Ha)	1,967,900	3,212,400	2,492,900	3,087,000	2,690,600	2,901,600	2,700,600
	Wheat Production (Mt)	1,090,710	5,915,790	2,316,490	4,378,480	2,153,540	1,380,700	3,316,380
	Barley Cultivated Surface (Ha)	1,578,500	2,430,000	1,996,000	2,426,000	2,069,880	2,250,900	2,126,000
	Barley Production (Mt)	607,690	3,831,130	1,324,240	1,970,000	1,473,980	466,810	1,155,240
	Corn Cultivated Surface (Ha)	387,400	253,500	340,900	310,000	331,000	237,500	254,200
	Corn Production (Mt)	50,490	235,090	374,460	200,500	136,380	95,000	53,560
	Citrus Cultivated Surface (Ha)	75,500	75,344	75,300	75,700	76,350	76,950	77,550
	Citrus Production (Mt)	997,300	1,392,806	1,228,500	1,596,700	1,308,200	1,415,700	983,700
Vegetable cultivated Surface (Ha)	129,002	175,854	181,325	181,382	179,836	181,232	181,460	
Vegetable Production (Mt)	2,303,375	3,296,200	3,230,220	3,714,075	3,388,925	3,231,490	3,231,760	

Slovenia	Total Area	2,025,000	2,025,000	2,025,000	2,025,000	2,025,000		
	No Arable land and no permanent cr	1,783,000	1,788,000	1,807,000	1,809,000	1,810,000		
	UAS (Ha)	538,000	525,000	495,000	490,000	500,000		
	Arable Land	196,000	191,000	173,000	172,000	171,000		
	Permanent crops	33,000	33,000	32,000	31,000	31,000		
	Permanent pasture	309,000	301,000	290,000	287,000	298,000		
	Total cereal cultivated surface (Ha)	101,696	100,134	96,420	96,025	91,850	103,564	103564
	Total cereal production (Mt)	453,456	486,984	543,728	556,997	468,894	498,653	498,653
	Wheat Cultivated Surface (Ha)	36,779	35,159	33,431	35,025	31,615	38,489	38,489
	Wheat Production (Mt)	155,575	137,120	138,930	169,097	117,251	163,369	163,369
	Barley Cultivated Surface (Ha)	12,719	12,535	10,828	10,871	10,935	11,703	11,703
	Barley Production (Mt)	44,018	40,626	38,834	43,407	33,065	38,188	38,188
	Corn Cultivated Surface (Ha)	46,750	47,123	47,491	45,592	44,401	48,612	48,612
	Corn Production (Mt)	240,415	296,302	355,285	333,456	308,000	285,831	285,831
	Citrus Cultivated Surface (Ha)	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data
	Citrus Production (Mt)	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data	No Data
Vegetable cultivated Surface (Ha)	4,034	3,930	3,538	3,941	3,870	3,810	3,810	
Vegetable Production (Mt)	114,673	107,984	110,214	106,296	104,400	106,000	106,000	
Spain	Total Area	50,599,000	50,599,000	50,599,000	50,599,000	50,599,000		
	No Arable land and no permanent cr	31,191,000	30,800,000	30,885,000	31,428,000	31,414,000		
	UAS (Ha)	29,719,000	30,139,000	30,059,000	29,958,000	29,980,000		
	Arable Land	14,045,000	14,450,000	14,285,000	13,684,000	13,680,000		
	Permanent crops	4,708,000	4,694,000	4,774,000	4,832,000	4,850,000		
	Praderas&Pastos Permanentes	10,966,000	10,995,000	11,000,000	11,442,000	11,450,000		
	Total cereal cultivated surface (Ha)	6,688,055	6,762,316	6,481,972	6,632,544	6,645,935	6,833,135	6426535
	Total cereal production (Mt)	11,574,293	22,366,038	19,323,595	22,557,318	18,001,760	24,632,760	17,832,460
	Barley Cultivated Surface (Ha)	3,555,900	3,572,200	3,682,160	3,535,200	3,106,600	3,306,700	3,005,700
	Barley Production (Mt)	5,046,600	10,697,000	8,549,540	10,895,300	7,434,300	11,283,100	6,216,600
	Corn Cultivated Surface (Ha)	357,500	439,700	486,447	459,100	397,500	424,900	501,300
	Corn Production (Mt)	2,690,400	3,751,000	4,451,502	4,349,100	3,768,600	3,897,700	4,778,600
	Citrus Cultivated Surface (Ha)	246,725	249,786	283,748	283,586	283,550	285,550	285,550
	Citrus Production (Mt)	4,767,849	4,211,826	5,789,418	5,126,490	5,823,900	5,405,825	5,352,900
	Vegetable cultivated Surface (Ha)	393,899	392,690	391,395	387,916	396,200	384,500	386,700
	Vegetable Production (Mt)	10,329,713	11,168,046	11,494,392	11,902,846	12,221,500	11,794,600	1,998,514

Syria	Total Area	18,518,000	18,518,000	18,518,000	18,518,000	18,518,000		
	No Arable land and no permanent cr	12,876,000	12,908,000	12,857,000	12,894,000	12,876,000		
	UAS (Ha)	13,789,000	13,790,000	13,804,000	13,754,000	13,767,000		
	Arable Land	4,799,000	4,739,000	4,771,000	4,709,000	4,701,000		
	Permanent crops	703,000	731,000	750,000	775,000	801,000		
	Permanent pasture	8,287,000	8,320,000	8,283,000	8,270,000	8,265,000		
	Total cereal cultivated surface (Ha)	3,684,915	3,256,247	3,417,756	3,346,257	3,074,872	3,058,623	3,052,524
	Total cereal production (Mt)	6,097,812	5,994,934	4,324,551	5,274,130	3,302,574	3,512,621	5,350,299
	Wheat Cultivated Surface (Ha)	1,643,609	1,619,188	1,760,799	1,721,412	1,603,020	1,678,797	1,683,780
	Wheat Production (Mt)	4,184,144	4,080,357	3,031,090	4,111,625	2,691,504	3,105,489	4,934,690
	Barley Cultivated Surface (Ha)	1,963,252	1,549,811	1,572,193	1,542,619	1,414,227	1,316,893	1,302,760
	Barley Production (Mt)	1,705,142	1,653,018	982,654	868,848	425,536	211,905	195,556
	Corn Cultivated Surface (Ha)	68,800	73,438	74,448	72,634	49,831	55,316	58,000
	Corn Production (Mt)	199,000	250,000	303,260	285,009	181,000	190,234	215,000
	Citrus Cultivated Surface (Ha)	25,900	26,739	27,096	27,740	29,123	29,490	29,490
	Citrus Production (Mt)	578,786	709,500	563,800	753,909	733,401	785,035	785,035
Vegetable cultivated Surface (Ha)	132,865	131,326	115,634	124,031	109,621	113,443	112,773	
Vegetable Production (Mt)	1,911,122	1,761,990	1,644,052	2,043,836	1,823,818	1,851,351	1,861,975	
Tunisia	Total Area	16,361,000	16,361,000	16,361,000	16,361,000	16,361,000		
	No Arable land and no permanent cr	10,658,000	10,512,000	10,457,000	10,436,000	10,436,000		
	UAS (Ha)	8,915,000	8,987,000	8,979,000	9,000,000	9,000,000		
	Arable Land	2,842,000	2,900,000	2,845,000	2,850,000	2,850,000		
	Permanent crops	2,036,000	2,124,000	2,234,000	2,250,000	2,250,000		
	Permanent pasture	4,037,000	3,963,000	3,900,000	3,900,000	3,900,000		
	Total cereal cultivated surface (Ha)	554,850	1,971,200	1,129,000	1,226,000	1,462,000	1,254,000	1,454,000
	Total cereal production (Mt)	622,100	2,869,310	1,056,300	1,667,320	1,819,000	1,095,000	1,095,000
	Wheat Cultivated Surface (Ha)	415,350	1,249,240	800,000	950,000	980,000	980,000	990,000
	Wheat Production (Mt)	530,800	2,017,650	884,900	1,353,520	1,390,000	850,000	850,000
	Barley Cultivated Surface (Ha)	121,500	703,960	311,000	260,000	466,000	260,000	450,000
	Barley Production (Mt)	80,300	834,660	160,400	302,800	420,000	240,000	240,000
	Corn Cultivated Surface (Ha)	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data
	Corn Production (Mt)	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data
	Citrus Cultivated Surface (Ha)	17,500	17,500	17,600	17,600	17,600	17,600	17,600
	Citrus Production (Mt)	194,200	223,700	205,800	226,600	209,700	220,200	220,200
Vegetable cultivated Surface (Ha)	111,970	124,440	120,720	125,160	127,960	127,960	127,960	
Vegetable Production (Mt)	1,604,830	1,819,830	1,664,830	1,833,830	2,145,830	2,193,830	2,196,830	

Turkey

Total Area	77,482,000	77,482,000	77,482,000	77,482,000	77,482,000		
No Arable land and no permanent cr	49,848,000	47,811,000	47,801,000	49,995,000	50,291,000		
UAS (Ha)	39,493,000	41,530,000	41,540,000	39,346,000	39,050,000		
Arable Land	24,654,000	26,680,000	26,579,000	24,438,000	24,138,000		
Permanent crops	2,461,000	2,472,000	2,583,000	2,530,000	2,534,000		
Permanent pasture	12,378,000	12,378,000	12,378,000	12,378,000	12,378,000		
Total cereal cultivated surface (Ha)	13,805,470	13,935,230	13,962,473	14,104,900	13,103,000	13,228,000	13,078,000
Total cereal production (Mt)	622,100	2,869,310	1,056,300	1,667,320	1,819,000	1,095,000	1,095,000
Wheat Cultivated Surface (Ha)	9,400,000	9,350,000	9,340,000	9,400,000	8,650,000	8,700,000	8,600,000
Wheat Production (Mt)	18,015,000	18,515,000	18,650,000	21,000,000	16,500,000	17,500,000	16,000,000
Barley Cultivated Surface (Ha)	3,525,000	3,650,000	3,700,000	3,770,000	3,550,000	3,600,000	3,550,000
Barley Production (Mt)	7,500,000	8,000,000	8,200,000	9,000,000	6,600,000	7,400,000	6,600,000
Corn Cultivated Surface (Ha)	515,000	550,000	545,000	550,000	525,000	550,000	550,000
Corn Production (Mt)	1,900,000	2,000,000	2,080,000	2,300,000	2,000,000	2,100,000	2,100,000
Citrus Cultivated Surface (Ha)	81,573	82,005	82,805	83,906	85,587	85,587	85,587
Citrus Production (Mt)	1,781,650	1,819,790	1,433,000	1,943,475	2,263,500	2,263,500	2,263,500
Vegetable cultivated Surface (Ha)	935,603	935,803	911,103	914,303	946,503	919,503	919,503
Vegetable Production (Mt)	1,604,830	1,819,830	1,664,830	1,833,830	2,145,830	2,193,830	2,196,830

Source: FAOstat

Local sources: EUROSAT

Annex 2
Climatic data of selected meteorological stations of MAP Countries

		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Albania, Tirana	°C	6.7	7.7	9.9	13.5	17.7	21.6	24.2	23.9	20.6	15.9	11.7	8.3	15.2
	mm	143.7	133.7	116	92.5	94.6	66.8	34.4	39.2	69	99.3	170.6	148.2	1208
Dar-El-Beida, Algeria	°C	10.4	11	12.4	14.5	17.3	20.8	23.7	24.4	22.3	18.6	14.6	11.6	16.8
	mm	102.8	82.9	76.4	58.5	38.8	15.1	2.4	5.4	32.5	85.5	109.3	129.3	738.9
Sarajevo, Bosnia & Herzego	°C	-1.4	0.9	4.9	9.3	13.9	17	18.9	18.7	15.2	10.5	5	0.8	9.5
	mm	68.5	61.4	73.1	72	79.9	86.2	69.9	69.3	74.2	89.4	83	77.6	904
Sisak, Croatia	°C	-1.3	1.1	5.6	11.2	15.2	19.1	20.6	19.8	16.1	10.9	6.3	1	10.5
	mm	55.2	51	51.8	74.4	87.9	102	79.5	91.1	77.5	64.8	89.4	78.9	903.5
Cairo, Egypt	°C	13.8	15.2	17.4	21.4	24.7	27.3	27.9	27.9	26.3	23.7	19.1	15.1	21.7
	mm	5.1	3.8	3.7	1.5	1	0.2	0	0	0	1	2.5	5.7	24.8
Montpellier, France	°C	6.8	7.4	10.1	12.7	16.3	20.3	23.8	22.9	20.3	16.3	10.8	8.2	14.8
	mm	69.8	55.8	71.2	58.8	61.3	39.5	23.6	43.8	85.1	109.2	81.9	71.8	772.3
Paris-Montsouris, France	°C	3.5	4.9	6.9	10.4	13.6	17.3	18.7	18.1	16.2	12.3	7.2	3.5	11
	mm	182.3	120.6	158.1	204.9	323.1	300.5	236.8	192.9	66.3	63.3	83.2	154.7	2089.1
Athens,Greece	°C	10.2	10.8	12.3	16.1	20.6	25.1	27.9	27.8	24.3	19.3	15.3	12	18.5
	mm	48	41	41.2	23.4	17.9	7.4	5	7.6	9.8	53	55.3	61.8	371.4
Jerusalem, Israel	°C	8.1	9.1	11.9	15.7	19.9	22.3	23.5	23.9	22.4	20.3	15.2	10.4	16.9
	mm	139.7	110.5	116.2	17.2	5.6	0	0	0	0.4	10.6	68.2	129	616.3
Roma, Italy	°C	7.2	8.3	10.5	13.7	17.8	21.7	24.4	24.1	20.9	16.6	11.7	8.4	15.4
	mm	80	70.9	68.6	66.8	51.5	34.1	16.3	24.4	69.2	1113.3	110.7	97.1	802.9
Beyrouth, Lebanon	°C	13	13.3	15.3	17.9	20.4	23.2	25.2	26	25.3	22.9	19	15.7	19.7
	mm	187.1	151.2	96.4	50.6	18.8	2.3	0.3	0.3	6.3	47.5	119.1	175.9	872.9
Tripoli, Lybia	°C	13.6	14.3	16	18.7	21.5	24.7	26.4	27.5	25.6	22.4	19	14.7	20.4
	mm	58.1	25.5	24.7	14.6	4.5	2.1	0	0	26.2	44.4	21	44.6	271.5
Rabat, Morrocco	°C	12.2	13.2	14.7	15.7	17.3	20.1	22.3	22.6	22.1	19.4	16.8	13.8	17.6
	mm	80.4	67.5	64.9	56.8	24.2	8.1	0.3	0.9	7.5	45.8	83.2	101.3	538.4
Ljubljana, Slovenia	°C	-1.5	0.2	4.6	9.2	14.4	17.1	20.1	19.3	16.2	10.9	3.4	0.6	9.4
	mm													
Almeria, Spain	°C	12.2	12.7	14.4	15.8	18.7	21.8	24.9	25.6	23.3	19.5	15.6	13.2	18.1
	mm	31.6	19.7	21.9	26.9	16.9	6.8	0.6	3.3	11.7	25.5	24.7	33.2	224.7
Barcelona, Spain	°C	9.1	10.3	11.8	14.1	17.4	21.2	24.2	24.1	21.6	17.5	13.1	9.9	16.2
	mm	38	37.5	47	47.2	43.8	37.7	27.5	43.8	76.3	96.2	51.2	43.7	590.1
Damascus, Syria	°C	6.6	8.3	11.3	15.8	20.6	24.7	26.7	26.5	23.6	18.9	12.6	7.8	17
	mm	39.2	31.8	22.5	13.4	5.1	0.5	0	0	0	9.4	25.5	42.1	187.1
Tunis,Tunisia	°C	10.4	10.8	12.8	15.2	18.3	22.6	25.5	26.3	23.9	19.5	14.8	11.7	17.7
	mm	61.6	52.4	45.6	38.4	22.2	10.4	3.3	7.2	32	54.9	53.5	62.9	446.1
Ankara, Turkey	°C	0	1.2	5.3	11	15.9	19.8	23.1	23	18.4	12.7	7.3	2.2	11.6
	mm	40.8	35.2	35.7	38.4	51.6	31.8	13.3	8.9	17.5	23.7	30.1	46.2	374.6

Source: <http://www.worldclimate.com>

Annex 3
Irrigated Land in MAP Countries

	1995	1996	1997	1998	1999	% Irrigated area
Albania	340,000	340,000	340,000	340,000	340,000	48.64
Argelia	555,000	560,000	560,000	560,000	560,000	6.81
Bosnia and Herzegovina	2,000	2,000	2,000	2,000	3,000	0.46
Croatia	3,000	2,000	2,000	2,000	3,000	0.18
Cyprus	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	27.97
Egypt	3,283,000	3,300,000	3,300,000	3,300,000	3,300,000	53.80
France	1,630,000	1,750,000	1,907,000	2,000,000	2,100,000	10.76
Greece	1,383,000	1,414,000	1,482,000	1,422,000	1,441,000	37.23
Israel	199,000	199,000	199,000	199,000	199,000	45.23
Italy	2,698,000	2,698,000	2,698,000	2,698,000	2,698,000	23.62
Lebanon	105,000	110,000	117,000	120,000	120,000	38.96
Lybia	470,000	470,000	470,000	470,000	470,000	21.86
Malt	1,000	2,000	2,000	2,000	2,000	22.22
Morrococo	1,258,000	1,258,000	1,251,000	1,291,000	1,305,000	13.82
Slovenia	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	0.99
Spain	3,527,000	3,603,000	3,634,000	3,652,000	3,640,000	19.64
Syria	1,089,000	1,127,000	1,168,000	1,213,000	1,186,000	21.55
Tunisia	361,000	380,000	380,000	380,000	380,000	7.45
Turkey	4,186,000	4,200,000	4,200,000	4,380,000	4,500,000	16.87

% Irrigated area =Irrigated area/(Arable land+Permanent crops)

Source: FAO yearbook

Local source

Annex 4 Chemical Fertilizer Use (N,P,K) in MAP Countries

1999

	Agricultural area (ha)	N usage (Mt)	P ₂ O ₅ usage (Mt)	K ₂ O Usage (Mt)	(N+P ₂ O ₅ +K ₂ O)/ha
Albania	1,128,000	6,000	5,000	100	10
Argelia	42,715,000	63,900	30,900	51,000	3
Bosnia and Herzegovina	1,850,000	28,000	7,000	7,000	23
Croatia	3,151,000	10,943	43,706	51,000	34
Cyprus	147,000	10,911	7,347	1,938	137
Egypt	3,300,000	1,002,650	140,000	45,000	360
France	29,900,000	2,571,000	966,000	1,216,000	159
Greece	9,020,000	291,000	119,000	59,000	52
Israel	585,000	64,800	23,000	37,000	213
Italy	16,268,000	866,000	514,000	392,000	109
Lebanon	324,000	21,700	32,000	9,700	196
Lybia	15,450,000	21,100	34,700	6,700	4
Malt	9,000	451	131	131	79
Morocco	30,445,000	168,900	102,000	56,900	11
Slovenia	500,000	34,392	19,751	24,451	157
Spain	29,980,000	1,063,114	643,000	491,000	73
Syria	13,767,000	251,202	111,861	8,256	27
Tunisia	9,000,000	63,325	43,000	4,200	12
Turkey	39,050,000	1,484,000	637,900	80,600	56
	1990 kg N/ha	1999 kg N/ha	% Changes (1999-1990)/1990		
Albania	65.33	5.32	-91.86		
Argelia	1.63	1.50	-8.16		
Bosnia and Herzegovina*	31.57	15.14	-52.06		
Croatia*	31.57	33.30	5.49		
Cyprus	102.60	74.22	-27.66		
Egypt	281.40	303.83	7.97		
France	81.52	85.99	5.48		
Greece	46.36	32.26	-30.41		
Israel	84.93	110.77	30.42		
Italy	52.19	53.23	1.99		
Lebanon	34.70	66.98	93.01		
Lybia	2.26	1.37	-39.69		
Malt	53.85	50.11	-6.94		
Morocco	5.37	5.55	3.32		
Slovenia*	31.57	68.78	117.88		
Spain	34.89	39.36	12.82		
Syria	13.69	18.25	33.24		
Tunisia	4.59	7.04	53.25		
Turkey	30.24	38.00	25.69		

Year 1999	kg N/ha	kg P2O5/ha	kg K2O/ha
Albania	5.32	4.43	0.09
Argelia	1.50	0.72	1.19
Bosnia and Herzegovina*	15.14	3.78	3.78
Croatia*	33.30	13.87	16.19
Cyprus	74.22	49.98	13.18
Egypt	303.83	42.42	13.64
France	85.99	32.31	40.67
Greece	32.26	13.19	6.54
Israel	110.77	39.32	63.25
Italy	53.23	31.60	24.10
Lebanon	66.98	98.77	29.94
Lybia	1.37	2.25	0.43
Malt	50.11	14.56	14.56
Morocco	5.55	3.35	1.87
Slovenia*	68.78	39.50	48.90
Spain	39.36	21.45	16.38
Syria	18.25	8.13	0.60
Tunisia	7.04	4.78	0.47
Turkey	38.00	16.34	2.06

*The data for Bosnia and Herzegovina, Croatia and Slovenia for the year 1990 are the means of the former Yugoslavia. The agricultural area is the UAS of each country.
Source: FAO Yearbook

Annex 5
Animal Husbandry and Concentrated Animal Operations in MAP Countries

Year 2001 Stocks (heads)	Cattle	Pig	Chickens	Sheep	Goats	Horses	Mules	Nº of pigs/Arable land (ha)
Albania	720,000	81,000	4,000,000	1,941,000	1,120,000	65,000	25,000	0.14
Argelia	1,700,000	5,700	110,000,000	19,300,000	3,500,000	48,000	50,000	0
Bosnia and Herzegovina	350,000	80,000	3,000,000	670,000	378,000	19,500	No Data	0.16
Croatia	440,000	1,362,000	10,356,000	246,000	80,000	11,000	No Data	0.93
Cyprus	54,000	418,000	3,200,000	528,000	378,000	650	1,500	4.14
Egypt	3,450,000	29,500	88,000,000	4,450,000	3,300,000	45,700	1,150	0.01
France	20,500,000	14,635,000	230,000,000	10,000,000	1,200,000	349,086	15,017	0.8
Greece	585,000	905,000	28,000,000	9,000,000	5,293,000	33,000	37,000	0.33
Israel	410,000	150,000	30,000,000	400,000	75,000	4,000	1,600	0.43
Italy	7,150,000	8,400,000	100,000,000	11,000,000	1,350,000	280,000	10,000	0.98
Lebanon	74,000	63,500	32,000,000	380,000	445,000	6,000	6,000	0.35
Lybia	220,000	No data	25,000,000	5,100,000	1,950,000	46,000	No Data	No Data
Malt	19,000	69,000	820,000	16,000	9,000	1,000	300	8.63
Morocco	2,675,000	8,000	100,000,000	17,300,000	5,120,000	150,000	524,000	0.00
Slovenia	493,670	603,594	7,150,000	96,227	22,041	9,800	No Data	3.53
Spain	6,163,900	23,348,000	128,000,000	24,400,000	2,830,000	248,000	115,000	1.71
Syria	993,000	770	22,000,000	13,800,000	1,060,000	30,000	20,000	0.00
Tunisia	795,000	6,000	43,000,000	6,600,000	1,450,000	56,200	81,000	0.00
Turkey	10,800,000	5,000	236,997,000	29,435,000	8,057,000	330,000	133,000	0.00

Number of live animals for 2001

Source: FAOstat

Annexe 6

Bonnes pratiques agricoles adoptées dans les pays du PAM ou dans d'autres régions à climat de type méditerranéen

I. BONNES PRATIQUES AGRICOLES ADOPTÉES DANS LES PAYS DU PAM

- a. L'Espagne, la France, la Grèce et l'Italie sont membres de l'UE et la directive "nitrates" y est en vigueur. Ils ont tous adopté des codes de bonnes pratiques agricoles.

La plupart d'entre eux ont adapté une approche régionale, autrement dit chaque région a son propre code, afin de traiter les différences régionales. Ces codes sont conformes à la directive "nitrates" et ils comprennent les bonnes pratiques agricoles suivantes:

Égypte:

Stratégie et plan d'action nationaux de conservation de la biodiversité, janvier 1998, Nadia M. Ebeid, Ministre d'État de l'Environnement

Espagne:

Code national du Ministère de l'Agriculture: Código de buenas prácticas del MAPA:

<http://www.sevsigloxxi.org/plataforma/legislac.htm>

http://www.fertiberia.es/informacion_fertilizacion/medioambiente/buenas_practicas_mapa/index.html

Par la suite, chaque communauté a adapté ce code aux conditions spécifiques de sa région.

Catalogne: <http://www.gencat.es/darp/c/camp/nitrogen/cnitro01.htm>

Andalousie: <http://platea.pntic.mec.es/~emoya/practicas.htm>

Aragon: <http://www.aragob.es/agri/pdf/it93.pdf>

Madrid: <http://www.comadrid.es/gema/revista/leyes/febmar99/boc041b.htm>

Estrémadure: <http://www.juntaex.es/consejerias/aym/sqt/publica3.htm>

Tous ces codes sont une adaptation du code de bonnes pratiques agricoles de l'UE.

Les codes précisent notamment:

1. Les périodes pendant lesquelles l'application d'engrais est contre-indiquée.
2. L'application d'engrais sur les sols à pente.
3. Les applications d'engrais sur les sols hydromorphiques, saturés d'eau, gelés ou couverts de neige.
4. Les conditions dans lesquelles appliquer les engrais sur les sols proches de cours d'eau ou de plans d'eau.
5. Les dimensions et la conception des ouvrages de stockage du lisier, les mesures à prendre pour éviter la pollution de l'eau par le ruissellement et l'infiltration dans les eaux de surface ou les eaux souterraines de liquides provenant de lisier ou de résidus de produits de stockage végétaux comme l'ensilage.
6. Les procédures d'application des engrais chimiques et du lisier pour maintenir à des niveaux acceptables les pertes d'éléments nutritifs dans les eaux, en veillant à la périodicité et à l'uniformité des applications.
7. La gestion des rotations de cultures.
8. Le maintien de la végétation au cours des périodes de pluie pour absorber l'azote, en évitant ainsi son lessivage.
9. La mise en place de plans de fertilisation pour chaque exploitation agricole en fonction de sa situation.
10. La prévention de la pollution de l'eau par le ruissellement et l'infiltration d'eau sous le système racinaire.

Certaines mesures agro-environnementales comprennent la réduction de l'utilisation d'engrais ou la maîtrise des apports d'engrais (production intégrée).

- b. Il n'a pas été possible de trouver des ensembles spécifiques de bonnes pratiques agricoles pour d'autres pays, bien qu'il existe quelques références dans la littérature.

France:

Code national de bonnes pratiques agricoles: arrêté du 22 novembre 1993 relatif au Code national des bonnes pratiques agricoles: <http://aida.ineris.fr/textes/arretes/text0336.htm>.

Le code national a été adapté pour chaque département (cf. par ex.: Les bonnes pratiques agricoles constatées en Languedoc-Roussillon www.cte.agriculture.gouv.fr/03/11/actions-word/lr-bonpr)

Certains programmes et organismes ont été créés en vue de réduire et de prévenir la pollution par l'azote d'origine agricole (ainsi: PMPOA, FertiMieux, Corpus ou CTE).

Grèce:

Il doit exister un code national, du moins une transposition du code de l'UE, mais il n'a pas été possible d'accéder à son site.

Italie:

Code national de bonnes pratiques: Decimo Ministérielle DEL 19 aile 1999 ressent "Approbaton DEL cotice dis buna prattiqua Agricola" G.U. n°102 S.O. n°86 DEL 4 magot 1999. http://www.politicheagricole.it/mipa/NormativaNew/mezzitec/19990419_DM.htm

Ce code national a été adapté à chaque région en tenant compte de leurs caractéristiques.

Maroc: Code de l'environnement, Ministère de l'Aménagement du territoire, de l'Environnement, de l'Urbanisme et de l'Habitat, mars 1999.

Ces deux références ne concernent pas des codes de bonnes pratiques agricoles mais des codes généraux visant à protéger l'environnement contre toutes les formes de pollution.

II. RÉGIONS À CLIMAT DE TYPE MÉDITERRANÉEN

Californie

Programme de recherche et d'éducation sur les engrais et le programme de surveillance de l'azote du Department of Food and Agriculture de la Californie.

<http://www.cdfa.ca.gov/is/frep/>

L'université de Californie possède un département sur l'agriculture durable:

<http://www.ucdavis.edu>

III. AUTRES MESURES SIMILAIRES AUX BONNES PRATIQUES AGRICOLES

Plusieurs organisations utilisent des réglementations rigoureuses applicables à la production de fruits et légumes (comme l'EUREP) mais qu'elles ne considèrent pas elles-mêmes comme des bonnes pratiques agricoles.

Annex 7
Import-Export of Basic Agricultural Products in MAP Countries

Table 7.1 Import-Export for cereals in MAP countries. Year 1999 Source FAOSTAT

	Cereals (Mt)			Wheat (Mt)			Corn (Mt)			Rice (Mt)		
	Import	Export	Import-Export	Import	Export	Import-Export	Import	Export	Import-Export	Import	Export	Import-Export
Albania	288,818	138	288,680	59,937	138	59,799	4,600	0	4,600	14,246	0	14,246
Argelia	5,765,668	0	5,765,668	4,099,000	0	4,099,000	1,100,000	0	1,100,000	46,000	0	46,000
Bosnia and Herzegov	406,805	10	406,795	165,300	0	165,300	128,000	0	128,000	2,200	0	2,200
Croatia	83,226	99,659	-16,433	6,927	13,159	-6,232	39,429	59,077	-19,648	8,962	340	8,622
Cyprus	584,071	870	583,201	87,342	9	87,333	200,116	0	200,116	4,013	29	3,984
Egypt	9,663,681	328,253	9,335,428	5,962,000	232	5,961,768	3,584,900	643	3,584,257	6,627	306,977	-300,350
France	1,329,387	34,859,040	-33,529,653	290,860	18,316,504	-18,025,644	241,044	8,352,274	-8,111,230	394,092	74,942	319,150
Greece	1,272,295	334,348	937,947	621,020	176,472	444,548	480,016	19,323	460,693	10,067	41,126	-31,059
Israel	2,935,013	778	2,934,235	1,567,386	60	1,567,326	551,000	150	550,850	86,324	40	86,284
Italy	8,082,216	2,030,646	6,051,570	5,952,776	123,594	5,829,182	1,233,361	50,773	1,182,588	66,212	667,367	-601,155
Lebanon	747,406	220	747,186	400,000	0	400,000	235,000	0	235,000	51,000	220	50,780
Lybia	1,689,846	0	1,689,846	298,000	0	298,000	200,000	0	200,000	110,000	0	110,000
Malt	187,205	18	187,187	52,060	0	52,060	62,497	0	62,497	2,058	4	2,054
Morocco	4,379,395	64,751	4,314,644	2,814,760	3	2,814,757	718,514	0	718,514	1,395	3	1,392
Slovenia	865,489	14,998	850,491	210,000	71	209,929	382,000	1,173	380,827	15,286	3,100	12,186
Spain	6,885,362	1,556,842	5,328,520	3,233,639	146,578	3,087,061	2,934,986	88,413	2,846,573	85,836	314,633	-228,797
Syria	1,368,404	112,010	1,256,394	0	111,937	-111,937	632,826	10	632,816	134,279	0	134,279
Tunisia	2,015,353	114,769	1,900,584	1,086,451	15	1,086,436	681,432	0	681,432	21,055	0	21,055
Turkey	2,942,559	2,596,510	346,049	1,613,025	1,864,702	-251,677	839,096	6,205	832,891	246,935	1,468	245,467

Table 7.2 Import-Export for animal products in MAP countries. Year 1999 Source FAOSTAT

	Milk (Mt)			Beef (Mt)			Pork (Mt)			Lamb (Mt)			Chicken (Mt)		
	Import	Export	Import-Export	Import	Export	Import-Export	Import	Export	Import-Export	Import	Export	Import-Export	Import	Export	Import-Export
Albania	2,641	0	2,641	3,787	0	3,787	8,522	0	8,522	250	0	250	142,218	0	142,218
Argelia	1,060	0	1,060	22,218	0	22,218	18	0	18	175	0	175	20	0	20
Bosnia and Herzegov	16,950	4,000	12,950	7,539	0	7,539	14,934	585	14,349	150	140	10	13,566	146	13,420
Croatia	53,900	18,220	35,680	6,947	6,071	876	17,871	2,656	15,215	422	1	421	3,016	5,288	-2,272
Cyprus	1,073	147	926	2,699	619	2,080	1,186	2,166	-980	926	41	885	778	300	478
Egypt	51	23	28	180,815	451	180,364	2	0	2	974	83	891	62	210	-148
France	912,109	947,961	-35,852	335,433	400,411	-64,978	452,471	570,493	-118,022	167,705	10,688	157,017	144,581	842,049	-697,468
Greece	87,458	822	86,636	191,208	3,084	188,124	203,715	2,810	200,905	17,991	472	17,519	46,518	5,253	41,265
Israel	0	670	-670	66,958	0	66,958	0	113	-113	860	0	860	22	5,974	-5,952
Italy	2,280,949	17,504	2,263,445	444,844	139,126	305,718	838,708	120,348	718,360	23,046	3,140	19,906	27,243	98,265	-71,022
Lebanon	1,100	0	1,100	12,550	0	12,550	3,278	0	3,278	370	0	370	2,000	0	2,000
Lybia	341	0	341	4,208	0	4,208	No Data	No Data	No Data	610	0	610	130	0	130
Malt	105	6	99	10,473	51	10,422	1,997	8	1,989	821	5	816	1,162	40	1,122
Morocco	158	3	155	968	449	519	85	2	83	59	19	40	2,287	40	2,247
Slovenia	1,410	36,109	-34,699	1,566	6,582	-5,016	2	0	2	11	0	11	3,805	6,120	-2,315
Spain	329,956	175,098	154,858	88,468	148,201	-59,733	96,745	358,401	-261,656	11,384	14,191	95,663	54,134		
Syria	0	866	-866	3	29	-26	13	0	13	1	0	1	0	68	-68
Tunisia	0	159	-159	2,712	0	2,712	1	0	1	No Data	No Data	No Data	67	579	-512
Turkey	24	271	-247	11	186	-175	64	332	-268	0	1,357	-1,357	21	2,279	-2,258

Table 7.3 Import-Export for Horticultural products in MAP countries. Year 1999 Source FAOSTAT

	Fruits and Horatlizes (Mt)			Potatoes (Mt)			Tomatoes (Mt)		
	Import	Export	Import-Export	Import	Export	Import-Export	Import	Export	Import-Export
Albania	70,558	2,745	67,813	6,500	0	6,500	6,100	74	6,026
Argelia	257,786	12,710	245,076	124,000	900	123,100	600	0	600
Bosnia and Herzegov	69,990	14,485	55,505	7,100	0	7,100	8,100	0	8,100
Croatia	234,646	21,765	212,881	8,733	1,181	7,552	9,563	28	9,535
Cyprus	34,978	212,000	-177,022	7,885	116,131	-108,246	49	126	-77
Egypt	503,508	539,252	-35,744	65,377	255,569	-190,192	20	5,344	-5,324
France	6,627,535	5,860,844	766,691	391,993	1,136,101	-744,108	394,261	99,056	295,205
Greece	535,236	1,522,967	-987,731	126,974	14,522	112,452	3,178	6,478	-3,300
Israel	153,907	694,985	-541,078	18,000	107,477	-89,477	170	9,405	-9,235
Italy	3,687,255	6,005,742	-2,318,487	412,211	291,992	120,219	47,357	114,832	-67,475
Lebanon	237,947	240,982	-3,035	50,000	57,419	-7,419	12,000	6,430	5,570
Lybia	94,357	13,656	80,701	14,000	1,000	13,000	123	0	123
Malt	54,164	7,327	46,837	4,815	7,079	-2,264	67	0	67
Morocco	124,966	1,241,691	-1,116,725	35,341	91,775	-56,434	0	243,573	-243,573
Slovenia	271,454	24,453	247,001	11,000	702	10,298	41,000	80	40,920
Spain	3,845,375	9,243,596	-5,398,221	464,825	263,149	201,676	8,277	902,242	-893,965
Syria	96,123	532,411	-436,288	10,932	58,887	-47,955	0	143,396	-143,396
Tunisia	81,801	87,097	-5,296	20,445	3,383	17,062	5	1,072	-1,067
Turkey	No Data	No Data	No Data	24,298	64,607	-40,309	67	100,019	-99,952

Table 7.4 Import-Export for Others products in MAP countries. Year 1999 Source FAOSTAT

	Sugar (Mt)		
	Import	Export	Import-Export
Albania	69,783	30	69,753
Argelia	1,052,234	0	1,052,234
Bosnia and Herzegov	100,004	0	100,004
Croatia	10,924	290	10,634
Cyprus	31,444	828	30,616
Egypt	1,205,900	46	1,205,854
France	347,096	2,963,985	-2,616,889
Greece	54,921	4,727	50,194
Israel	488,700	1,423	487,277
Italy	338,847	406,296	-67,449
Lebanon	131,309	0	131,309
Lybia	220,674	0	220,674
Malta	24,007	7	24,000
Morocco	467,445	0	467,445
Slovenia	18,599	254	18,345
Spain	396,280	205,248	191,032
Syria	648,856	0	648,856
Tunisia	296,159	276	295,883
Turkey	1,891	527,116	-525,225

Source: FAOSTAT

Annexe 8

Effets d'une surcharge de l'eau en éléments nutritifs

La concentration de l'eau en éléments nutritifs d'origine anthropique - azote et phosphore - a trois origines principales: l'agriculture, l'industrie et les ménages. Les éléments nutritifs sont incorporés par lessivage, ruissellement, rejets d'eaux usées et dépôts atmosphériques. Les principales sources diffuses d'azote dans l'eau sont le lessivage des sols et le ruissellement provenant des terres agricoles. Les dépôts atmosphériques d'azote peuvent également contribuer à la charge d'azote; cet azote provient en partie de l'évaporation à partir des exploitations d'élevage et en partie de la combustion de combustibles fossiles. La majeure partie du phosphore provient des ménages et de l'industrie qui rejettent leurs eaux usées dans les eaux douces ou dans la mer, ou encore de l'érosion des sols.

Le principal problème provoqué par un excédent d'éléments nutritifs dans les eaux souterraines se produit quand celles-ci deviennent des eaux de surface. Les eaux souterraines sont prélevées au moyen de puits et utilisées comme eau à usage domestique, eau d'arrosage/irrigation ou eau industrielle, ou elles peuvent s'infiltrer dans les eaux douces - cours d'eau ou lacs - ou dans les eaux marines. Les impacts des éléments nutritifs en excès se traduisent soit par des effets directs, soit par un phénomène d'eutrophisation.

Dans l'Union européenne, la directive relative à l'eau potable régit depuis 1980 la concentration de nitrates dans les eaux destinées à la boisson. Elle fixe un niveau guide de 25 mg/l de nitrates et une concentration maximale admissible de 50 mg/l. Les nitrates dans l'eau de boisson sont considérés comme un problème de santé publique car ils sont rapidement réduits en nitrites dans l'organisme. Les nitrates ont pour principal effet d'oxyder l'hémoglobine du sang en méthémoglobine incapable de transporter l'oxygène aux tissus. Ce transport réduit d'oxygène se manifeste en particulier chez les enfants de moins de six ans et occasionne un état de méthémoglobinémie (ou syndrome anoxique du nourrisson). Cet état n'a été observé que pour des niveaux de nitrates notablement supérieurs au niveau de 50 mg/l; par conséquent, cette limite offre une protection suffisante contre la survenue du syndrome. De plus, les nitrites réagissent avec des composés dans l'estomac pour former des produits qui se sont avérés cancérigènes chez de nombreuses espèces animales, bien que le lien avec le cancer ne soit pas jusqu'ici démontré chez l'homme. Néanmoins, l'association de ces deux facteurs justifie amplement l'adoption d'une approche de précaution dans la fixation de ce paramètre.

La surcharge des eaux de surface en azote et en phosphore peut s'accompagner de toute une série d'effets indésirables. Une multiplication excessive d'algues planctoniques accroît la quantité de matière organique sédimentant au fond. Ce phénomène peut être renforcé par des modifications de la composition en espèces et du fonctionnement de la chaîne alimentaire pélagique en stimulant la croissance des petits flagellés plutôt que des diatomées plus volumineuses, ce qui réduit le broutage des copépodes et accroît la sédimentation. L'augmentation de la consommation d'oxygène qui en résulte peut, dans les zones aux masses d'eau stratifiées, entraîner un appauvrissement en oxygène et des modifications dans la structure des communautés ou une mortalité de la faune benthique. Les poissons vivant dans les fonds peuvent mourir ou s'échapper des zones affectées. L'eutrophisation peut aussi favoriser le risque d'efflorescences algales nocives susceptibles de provoquer une décoloration de l'eau, la formation d'écume, une mortalité de la faune benthique et du poisson en cage ou à l'état sauvage.

La multiplication et la dominance des macroalgues filamenteuses à croissance rapide dans les zones abritées peu profondes constituent un autre effet de la surcharge en éléments nutritifs qui affecte l'écosystème côtier, accroît le risque d'appauvrissement local en oxygène et réduit la biodiversité et les nourriceries. Les principaux impacts de l'eutrophisation sont ainsi:

- Des modifications de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques;
- Une réduction de la biodiversité;
- Une réduction des ressources naturelles de poissons démersaux et de mollusques/crustacés;
- Une réduction des recettes procurées par la pisciculture et la conchyliculture;
- Une baisse des valeurs d'agrément et des recettes du tourisme;
- Un risque accru d'intoxication par les toxines algales.

Sources:

Conseil de l'UE (1997). L'application de la directive du Conseil 91/676/CEE concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles. Rapport COM(97) 473.

AEE (1999). Les éléments nutritifs dans les écosystèmes européens. Rapport d'évaluation environnementale n° 4.

AEE (2001). L'eutrophisation dans les eaux côtières européennes. Rapport thématique n° 7. 86 pp.

Annexe 9

Situation générale de la pollution des eaux liée à l'utilisation d'engrais agricoles et autres perturbations des écosystèmes

Albanie:

La distribution des engrais chimiques selon les districts du pays n'est pas uniforme. Les niveaux les plus élevés d'application, soit plus de 100 kg/ha d'éléments actifs (N+P₂O₅+K₂O), sont signalés à Lushnja et Mallakastër, généralement dans la zone de basses terres. Par contre, le niveau d'utilisation d'engrais le plus faible est relevé dans la zone montagneuse-vallonnée, où, dans 10 districts, l'utilisation s'est établie à 11-25 kg/ha d'éléments actifs. Mais également dans les zones célèbres pour leur activité agricole comme Gjirokastra, Korça, Lezha et Saranda, le niveau d'utilisation d'engrais est supérieur à 25 kg/ha d'éléments actifs. Dans l'ensemble, l'on peut dire que l'état actuel d'application d'engrais chimiques ne constitue pas un problème de pollution de l'environnement.

Source: État de l'environnement en Albanie 1997-1998.

<http://www.grida.no/enrin/htmls/albania/soe1998/eng/index.htm>

Algérie:

Les principales sources de pollution de l'eau en Algérie sont les eaux usées urbaines et industrielles.

Source: Direction générale de l'environnement.

<http://www.environnement-dz.org>

Bosnie-Herzégovine:

Pas de données disponibles.

Chypre:

District de Nicosie: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 239 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1995): 60% < 10 mg/l, 22% entre 10 mg/l et 25 mg/l, 14% entre 25 et 50 mg/l, et 4% > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE, 1999.

District de Limassol: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 232 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1995): 64% < 10 mg/l, 17% entre 10 mg/l et 25 mg/l, 13% entre 25 et 50 mg/l, et 6% > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

District de Larnaca: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 78 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1995): 73 % < 10 mg/l, 13% entre 10 mg/l et 25 mg/l, et 10 % entre 25 et 50 mg/l, et 4% > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

District de Paphos: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 182 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1995): 54 % < 10 mg/l, 29 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 9 % entre 25 et 50 mg/l, et 7% > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

District de Famagouste: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 26 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1995): 65 % < 10 mg/l, 23% entre 10 mg/l et 25 mg/l, 8 % entre 25 et 50 mg/l, et 4% > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Croatie:

Informations disponibles uniquement en croate.

<http://www.mzopu.hr/>

Égypte:

La majeure partie de la pollution d'origine agricole est considérée comme un problème de sources diffuses. Les sources agricoles diffuses comprennent: sédiments du sol, éléments

nutritifs (nitrates notamment), pesticides, sels minéraux, métaux lourds; et agents pathogènes. L'eau est polluée par les activités agricoles dans trois grands domaines: sédimentation, éléments nutritifs et pesticides.

Trois aspects importants du rôle de l'agriculture dans la pollution de l'eau peuvent être définis. Un, la génération de résidus est inévitable en raison des sous-produits de la production. Deux, des décisions économiques comme le changement des modalités de polyculture, le changement des pratiques de production ou la mise au point de techniques retiennent sur la composition et la répartition dans le temps des flux de déchets agricoles. Trois, le processus de production retient aussi sur les dimensions spatiale et temporelle des sorties d'eau, lesquelles modifient à leur tour la délivrance et le transport des charges potentielles.

Teneur de l'eau en nitrates : 340 ppm (année 1993).

Source: Food, Rural and Agricultural Policies In Egypt. Ahmed Abu-Zeid.

France:

Nappes d'Alsace: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 117 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1995): 9 % < 10 mg/l, 43% entre 10 mg/l et 25 mg/l, 25 % entre 25 et 50 mg/l, et 3 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Basse Normandie: qualité des eaux de surface concernant les nitrates: excellente: 2%, bonne: 60%, médiocre: 38%. Une hausse de la contamination des eaux souterraines a été décelée. Certaines zones dépassent 50 de mg/l de N, voire 100 mg/l.

Bretagne: problèmes très importants en matière de pollution de l'eau.

Centre: 53 % de stations de contrôle sont classées comme de qualité mauvaise ou très mauvaise en ce qui touche la pollution par l'azote. Pour la pollution par le phosphore, 40,9 % des stations de contrôle dans le bassin de la Seine sont classées comme étant de qualité mauvaise ou très mauvaise. Dans le bassin de la Loire, 15,5 % des stations de contrôle témoignent d'une qualité de mauvaise à très mauvaise. Mais la principale source de pollution par le phosphore est constituée par les eaux usées urbaines.

Languedoc-Roussillon: pollution diffuse d'origine agricole de l'aquifère superficiel de Vistrenque et de l'aquifère plioquaternaire profond du Roussillon. **Source:** Préfecture de la Région Languedoc- Roussillon.

Midi-Pyrénées: peu de problèmes.

Nord et Picardie: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 793 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1995): 10 % < 10 mg/l, 39 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 47 % entre 25 et 50 mg/l, et 5 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Poitou-Charentes: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 24 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1995): 4 % < 10 mg/l, 14 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 25 % entre 25 et 50 mg/l, et 67 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Bassin du Rhône-Alpes-Corse: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 229 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1995): 35 % < 25 mg/l, 50 % entre 25 mg/l et 50 mg/l, 50 % entre 50 et 100 mg/l, et 4 % > 100 mg/l. **Source:** Réexamen des zones vulnérables aux pollutions par les nitrates d'origine agricole dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse. Rapport définitif annexé à l'arrêté du préfet coordonnateur de bassin

http://www.environnement.gouv.fr/rhone-alpes/bassin_rmc/poll_agricoles/ZV_reexamen_99.htm

Grèce:

Les estimations des charges de phosphore et d'azote qui sont transférées dans la mer sont comprises entre 5 000 et 15 000 t/an et entre 30 000 et 130 000 t/an, respectivement. L'agriculture intensive, les déchets des exploitations agricoles et les déchets municipaux sont les principales causes des phénomènes d'"eaux rouges" observés le long des côtes et d'eutrophisation des lacs en Grèce.

Les principaux fleuves de la péninsule des Balkans se jettent dans la partie nord de la mer Égée. Leur débit moyen de déversement est d'environ 1 000 m³/s, lequel apporte dans la mer approximativement 170 000 t/an de N, 23 000 t/an de P, et 45 à 60 Mt/an de sédiments en suspension. Les eaux de la mer Noire, qui pénètrent dans la mer Égée par le détroit des Dardanelles, contribuent également à l'enrichissement de cette dernière en éléments nutritifs.

Source: Environmental Problems of Greece from a Chemical Point of View. **Chemistry International** Vol. 22, n° 1, janvier 2000.

Attique: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 13 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1996): 31 % < 10 mg/l, 15 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 31 % entre 25 et 50 mg/l, et 23 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Macédoine centrale: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 35 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1996): 51 % < 10 mg/l, 29 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 17 % entre 25 et 50 mg/l, et 3 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Crète: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 21 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1996): 48 % < 10 mg/l, 14 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 38 % entre 25 et 50 mg/l, et 0 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Macédoine orientale: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 23 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1996): 35 % < 10 mg/l, 48 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 13 % entre 25 et 50 mg/l, et 4 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Est de la Grèce continentale: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 21 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1996): 24 % < 10 mg/l, 48 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 24 % entre 25 et 50 mg/l, et 5 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Est du Péloponnèse: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 26 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1996): 31 % < 10 mg/l, 19 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 27 % entre 25 et 50 mg/l, et 23 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Épire: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 17 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1996): 65 % < 10 mg/l, 12 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 18 % entre 25 et 50 mg/l, et 6 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Nord du Péloponnèse: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 27 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1996): 48 % < 10 mg/l, 19 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 26 % entre 25 et 50 mg/l, et 7 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Thessalie: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 25 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1996): 48 % < 10 mg/l, 52 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 8 % entre 25 et 50 mg/l, et 0 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Thrace: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 38 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1996): 50 % < 10 mg/l, 37 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 13 % entre 25 et 50 mg/l, et 0 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Macédoine occidentale: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 25 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1996): 56 % < 10 mg/l, 32 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 8 % entre 25 et 50 mg/l, et 4 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Ouest de la Grèce continentale: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 25 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1996): 68 % < 10 mg/l, 28 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 0 % entre 25 et 50 mg/l, et 4 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Ouest du Péloponnèse: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 20 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1996): 40 % < 10 mg/l, 25 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 20 % entre 25 et 50 mg/l, et 15 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Israël:

Lac Kinneret: au cours des 50 dernières années, plusieurs aménagements apportés au bassin hydrographique du lac Kinneret ont modifié l'équilibre de l'écosystème lacustre. Le drainage des zones humides de Hula dans les années 1950 ont provoqué un afflux direct de sédiments et éléments nutritifs dans le lac et l'augmentation de la population et de l'activité agricole dans la zone du bassin hydrographique du lac ont entraîné une contamination par plusieurs polluants, en particulier des pesticides, des engrais et des déchets d'étable.

Aquifère côtier: accumulation des nitrates: les concentrations de nitrates dans l'aquifère ont enregistré une hausse considérable en raison de l'emploi intensif d'engrais dans l'agriculture et d'effluents traités pour l'irrigation. Depuis 1950, les concentrations moyennes de nitrates dans les puits se sont élevées de 30 à 40-50 mg/l aujourd'hui, soit un rythme annuel d'accroissement voisin de 1 mg/litre. Environ 17% de la production actuelle d'eaux souterraines dépassent les niveaux de 70 mg/l, et près de 60% dépassent le niveau recommandé de 45 mg/l. Une étude sur les tendances des nitrates dans l'aquifère jusqu'en 1981 a montré que les niveaux de nitrates dans les puits paraissaient se stabiliser au cours des années 1970 où le rythme moyen d'accroissement a baissé à 0,13 mg/l par an. Cependant, une étude plus récente a indiqué que le rythme moyen d'accroissement s'est élevé à 0,67 mg/l par an au cours des années 1980, soit une multiplication par cinq par rapport à la décennie précédente.

L'on considère que la contamination par les nitrates de l'aquifère est due avant tout à l'utilisation intensive d'engrais dans l'agriculture et à l'irrigation au moyen d'effluents d'eaux usées.

Source: Environmental Hydrology Activities - Israel

IAEH Activity Report

Stuart Wollman

Consultant Environmental Hydrologist

Italie:

Il n'existe pas de surveillance nationale concernant la pollution des eaux souterraines (AEE, 1997)

Emilie-Romagne: <http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/acque1.htm>.

Milan: Pollution par les nitrates: sur 31 sites échantillonnés, 22% présentent une concentration inférieure à 20 mg/l, 45% une concentration entre 20 et 30 mg/l, 25% une concentration entre 30 et 40 mg/l, 7% une concentration entre 40 et 50 mg/l. www.provincia.milano.it/ambiente/progettispeciali/pub

Marches: 54 villes de cette région ont des niveaux de nitrates supérieurs à 50 mg/l www.greensite.it

Plaine de Vénétie: les provinces de Trévise, Vicence et Padoue sont les zones les plus problématiques. **Source:** Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale, Area Tecnico Scientifica, Osservatorio Regionale Acque.

Ombrie: Certains problèmes ont été décelés.

www.regione.umbria.it/cridea/spazioambiente/numero02/pag17.pdf

Veneto: Plusieurs points pollués dans cette région.

Jordanie:

En **Jordanie**, l'on a estimé que, comme la population continue à s'accroître et que l'industrie et l'agriculture poursuivent leur développement, la demande en eau dépassera les disponibilités dans un proche avenir (Ahmad, 1989). Un facteur important est la distribution géographique de la population: alors que les besoins domestiques sont intrinsèquement modiques (quelques mètres cubes par personne par année), la concentration de la population du fait de l'urbanisation a engendré des problèmes - c'est le cas dans la région de d'Amman-Zarqa où sont concentrés quelque 60 pour cent de la population nationale.

Liban:

Plaine d'Akkar (nord du Liban): 14 des 15 principaux puits avaient des concentrations de N supérieures à 50 mg /l, le maximum étant de 163 mg/l. **Source:** Cahiers d'études et de recherches francophones/Santé. Vol. 9, numéro 4, juillet-août 1999: 219-23, Études originales. Auteurs: Jalal Halwani, Baghdad Ouddane, Moumen Baroudi, Michel Wartel.

Malte:

Pas de données disponibles.

Maroc:

La pollution causée par les engrais est évaluée jusqu'à 8500 tm d'azote. 8-10% de l'azote sont lessivés. Une pollution par l'azote a été détectée dans l'aquifère de Tadla. Pour l'avenir, il est prévu que plusieurs bassins hydrographiques enregistreront une élévation des nitrates à 54-60 mg /l: bassins du Tensift, du Loukkos et de l'Oum-ER-Rbia. Il est également prévu que la charge d'azote entraînée par le ruissellement augmentera de 64 % entre 1992 et 2020.

<http://www.minenv.gov.ma/>

Palestine:

Dans la région de Tulkarm, la concentration de nitrates dans certains puits atteint 105 mg/l.

La situation est pire dans la Bande de Gaza où, dans la partie nord, la concentration de nitrates atteint 150 mg/l, et jusqu'à 350 mg/l dans les puits de la zone de Khan Younis. La concentration de nitrates dans le puits domestique du camp de réfugiés de Khan Unis est de 600 mg/l.

Les principales sources de pollution par les nitrates sont les engrais, les eaux usées et les fosses septiques.

Source: Réunion du 4 février 1999: "La crise de l'eau en Palestine - Scénarios de solutions": Président: M. Fawley Nagy. Participants: Kirsty Wright, Canada Fund; Matthes Bubbe, Friedrich - Ebert Stiftung (FES); Sue Heher, South African Representative Office; Michel Rentenaar, Netherlands Representative Office; Judeh Majaj, East Jerusalem YMCA; Mohammed Abu Khdeir, journal Al-Quds; Hari Politopoulos, Commission européenne; Neil Bollard, Commission européenne; Ibrahim Sh'uban, Conférencier, Université d'Al-Quds; Elaine Kelley, Washington Report on Middle East Affairs; Julie Trottier, chercheur; M. Alfred Abed Rabbo, Université de Bethleem; Br. David Scarpa, conférencier; Bo Johansson, TIPH; Fabio Fortuna, TIPH; Cristina Perozzi, TIPH; M. Marwan Abu Zalaf, journal Al-Quds; A. Ibrahim, TIPH; Sawsan Baghdadi, Program Assistant, PASSIA; M. Mahdi Abdul Hadi, Directeur de PASSIA.

Selon l'Autorité palestinienne de l'eau (PWA), le déficit d'eau douce dans la ville de Gaza devait enregistrer une hausse spectaculaire en 2000. L'utilisation extensive d'engrais et de pesticides dans l'agriculture provoque une contamination des eaux souterraines par des produits chimiques tels que les nitrates et les sulfates.

La PWA indique que les eaux souterraines utilisées par les habitants de Gaza sont fournies par plus de 3700 puits. Sur ce chiffre, seuls 1732 puits sont homologués. Il n'existe que deux zones d'eau douce satisfaisant aux normes OMS (moins de 50 ppm pour les nitrates et de 250 ppm pour les chlorures), selon un rapport de la Division de l'eau du Ministère de l'agriculture de 1995. La PWA a signé un contrat avec la société franco-palestinienne de la Lyonnaise des Eaux/Khatib & Alami en vue d'améliorer la qualité et la quantité de l'eau dans la Bande de Gaza grâce à un programme de recyclage de l'eau et d'assistance technique.

Source: Gaza Water Crisis Worsening, d' Asya Abdul Hadi, "Palestine Report", 16 mai 1997, vol. 2, n° 49

Slovénie:

L'approvisionnement primaire en eau en Slovénie consiste en eau d'aquifère et en eau de source. La pollution des nappes par les nitrates est l'un des plus graves problèmes d'environnement auxquels est confronté le pays. Les produits chimiques utilisés dans l'industrie et l'agriculture, ainsi que les déchets urbains, représentent la majeure partie de cette pollution. Dans douze des principales sources d'eaux souterraines du pays, la quantité de nitrates dépasse le niveau tolérable (50 mg/l) pour l'eau potable. Le bilan national de l'azote a été calculé en soustrayant les sorties d'azote (fixation par les cultures et pertes d'ammoniac dans l'atmosphère) des apports d'azote (par les engrais minéraux, les déchets animaux et les dépôts atmosphériques). Les résultats ont indiqué que, en moyenne, les apports d'azote dus aux engrais minéraux étaient faibles et les apports dus aux engrais organiques assez élevés. Les niveaux importants de surplus sont principalement dus à la production animale. Dans les régions où les conditions de croissance des cultures sont restreintes, un faible accroissement du cheptel peut entraîner des surplus d'azote élevés. Ces régions peuvent être classées comme nitro-vulnérables en ce qui concerne la lixiviation de l'azote dans les eaux souterraines. Il s'ensuit que des restrictions à l'épandage d'engrais chimiques et de déchets d'élevage dans les régions vallonnées ont dû être appliquées pour assurer un approvisionnement durable en eau. Jusqu'à ce que des réglementations rigoureuses entrent en vigueur, l'on peut s'attendre à des niveaux élevés de contamination par la lixiviation des nitrates dans les eaux souterraines dans les régions à forte densité d'élevage.

Source: Maticic, Brane. 1999. The impact of agriculture on ground water quality in Slovenia: standards and strategy. *Agric. Water Manag.* 40: 235-247.

Les eaux souterraines manifestent une tendance à l'amélioration de la qualité en ce qui concerne la teneur en nitrates et pesticides dans les échantillons prélevés. En 1993, 43% des échantillons avaient des teneurs en nitrates supérieures à 50 mg/l. En 1996, ce taux était ramené à 29 %.

La pollution des eaux marines côtières résulte de l'intensité des activités menées à terre, principalement du côté italien. En ce qui concerne la concentration d'éléments nutritifs, les eaux marines côtières peuvent être classées de mésotrophes à eutrophies.

Source: MEPP, Institut hydrométéorologique de la République de Slovénie.

Syrie:

La pénurie d'eau n'est pas le seul problème. La pollution s'inscrit dans la problématique des ressources en eau et peut même constituer la question majeure. Le surpompage des aquifères pour l'irrigation a entraîné des intrusions d'eau salée dans les zones côtières.

Tunisie:

Pas de données disponibles.

Turquie:

L'administration d'investigation sur l'énergie électrique (EIEI) a estimé que 500 millions de tonnes de sédiments sont apportés aux cours d'eau et aux lacs chaque année, avec 9 millions de tonnes d'éléments nutritifs. Des études spécifiques sur la qualité des eaux souterraines mettent en relief les problèmes suivants: infiltrations à partir de réseaux d'assainissement mal entretenus; lessivage à partir de décharges de déchets solides; contamination par les produits chimiques industriels, pesticides et engrais; et salinisation par surextraction, par exemple dans la région des lacs (**OCDE, 1999**).

La surveillance des eaux souterraines n'est guère pratiquée.

Elazig-Uluova: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 12 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1996): 17 % < 10 mg/l, 83 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 0 % entre 25 et 50 mg/l, et 0 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

Erzerum: pollution des eaux souterraines par les nitrates (% de 18 sites échantillonnés et concentration de nitrates en 1996): 33 % < 10 mg/l, 22 % entre 10 mg/l et 25 mg/l, 11 % entre 25 et 50 mg/l, et 33 % > 50 mg/l. **Source:** Rapport technique n° 22, AEE 1999.

RÉFÉRENCES:**OCDE (1999), Environmental Performance Review Turkey****Water Resources Issues in the Arab States Region**

par Alain Marconi

Senior Officer, Population and Environment

Population Program Service (SDWP)

FAO Women and Population Division

D'après le document "Population Change-Natural Resources-Environment Linkages in the Arab States Region" (FAO, avril 1996)

Groundwater quality and quantity in Europe - Data and basic information. Technical report n° 22

Scheidleder, J. Grath, G. Winkler, U. Stärk, C. Koreimann and C. Gmeiner, Austrian Working Group on Water; P. Gravesen, Geological Survey of Denmark and Greenland; J. Leonard, International Office for Water; M. Elvira, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas; S. Nixon and J. Casillas, Water Research Centre; T. J. Lack, ETC-IW Leader.

© AEE, Copenhague 1999 112 pp.

http://reports.eea.eu.int/index_audience?audience=2

PNUE, 1996. État du milieu marin et côtier dans la région méditerranéenne. N° 100 de la Série des Rapports techniques du PAM, PNUE, Athènes, 156 pp.

Annexe 10

Processus de volatilisation de l'ammoniac et d'émission d'oxydes d'azote liés à l'utilisation d'engrais agricoles

10.1 Sources d'ammoniac et de NO_x

Les émissions d'ammoniac émanant de l'agriculture sont dues à l'élevage (bâtiments, stockage des déjections hors bâtiments, pâturage et épandage du lisier et du purin), épandage d'engrais sur les cultures et les herbages, brûlage du chaume et des déchets agricoles (Van der Huk, 1998).

80-95% des émissions totales en Europe proviennent des pratiques agricoles. Les excréta des animaux contribuent pour plus de 80% et les émissions dues à l'emploi d'engrais pour moins de 20% au total des émissions d'ammoniac d'origine agricole en Europe (Van der Hoek, 1998).

Le Guide EMER-CORINAIR de l'inventaire des émissions atmosphériques (Agence européenne de l'environnement) recommande les coefficients d'émission d'ammoniac par défaut suivants pour l'épandage d'engrais sur les cultures et les herbages:

- sulfate d'ammonium, 8%
- nitrate d'ammonium, 2%
- ammonitrate bas et moyen dosage, 2%
- ammoniac anhydre, 4%
- urée, 15%
- phosphate monoammonique, 2%
- phosphate diammonique, 5%
- autres engrais complexes NK, NPK, 2%
- solutions azotées (mélange urée et nitrate d'ammonium), 8%

10.2 Effets de l'ammoniac et des NO_x volatilisés

L'ammoniac atmosphérique est lié à l'acidification du sol et à l'eutrophisation, qui affectent l'échange des autres gaz tels que CO₂, CH₄, N₂O et NO, fournissant des liaisons au forçage radiatif et à la production d'oxydants photochimiques (Sutton *et al.*, 1998). L'ammoniac peut aussi réduire la visibilité atmosphérique en augmentant la formation d'aérosols (Sutton *et al.*, 1998).

Il existe encore des incertitudes importantes concernant l'impact écologique de l'ammoniac atmosphérique. Des études décrivent des modifications de la végétation des landes - les bruyères dominées par *Calluna* ou *Erica* cédant la place à des herbages grossiers -, des modifications du sous-bois et des champignons des forêts et de la "vitalité" des arbres (Sutton *et al.*, 1998).

10.3 Le rôle des MPE pour la réduction de la volatilisation de l'ammoniac et des émissions de NO_x

La plupart des pays n'ont guère l'expérience d'une application concrète de bon nombre des MPE et il est difficile d'obtenir des données sur les coûts propres à chacune d'elles. En outre, les coûts effectifs sont spécifiques à chaque exploitation, en fonction de facteurs tels que l'emplacement, la taille de l'exploitation, la superficie et la distribution des champs (Sutton *et al.*, 1998).

D'une manière générale, les courbes de coût par unité (%) de réduction des émissions d'ammoniac suivent une relation exponentielle. Il se trouve que les mesures ayant le plus fort potentiel de réduction sont souvent celles qui présentent le meilleur rapport coût-efficacité et qu'elles sont similaires pour tous les pays en dépit de variations considérables dans leur applicabilité. Les techniques d'épandage à faibles émissions pour les lisiers et les déchets solides contribuent pour plus de la moitié au potentiel de réduction total à bas coût. L'analyse des coûts qu'ont réalisée Cowell et Apsimon (1998) a montré que, pour les 39 pays examinés, certaines mesures présentaient une rentabilité constante. Elles comprennent toutes les mesures d'épandage à faibles émissions, les techniques simples de couvertures des fosses à lisier et le remplacement de l'urée.

Une autre difficulté à évaluer le potentiel de réduction de l'ammoniac est le degré d'incertitude affectant tous les aspects des calculs, degré que l'on estime généralement plus élevé que pour SO_2 ou NO_x . Cela provient en partie de la complexité et de la variabilité inhérentes au comportement effectif des composés ammoniacaux dans les environnements incontrôlés. Des incertitudes similaires entourent l'efficacité des mesures de réduction dans toute une série de situations auxquelles elles doivent être réellement appliquées, et elles entourent même leur applicabilité. Une autre source d'incertitude provient de la rareté des données spécifiques tant en ce qui concerne les résultats des recherches expérimentales pour différents systèmes et différentes conditions, qu'en ce qui concerne les statistiques caractérisant la nature des systèmes de gestion du bétail dans certains pays. Pour l'heure, la très grande majorité des recherches menées sur les émissions d'ammoniac et sur les techniques de réduction se sont limitées à l'Europe du Nord-Ouest.

Dans l'ensemble, il sera extrêmement difficile de rendre effectif le respect des normes lorsqu'on aura affaire à de très grands nombres de sources d'émission indépendantes et restreintes (comme les fermes).

Annexe 11

Glossaire

11.1 Terminologie

Meilleures pratiques de gestion (MPG): les MPG sont une expression utilisée aux États-Unis et au Canada pour décrire des lignes directrices concernant la production et l'agriculture sous l'angle à la fois de la rentabilité et de la qualité de l'eau. Les MPG comprennent les pratiques de gestion des ravageurs, éléments nutritifs et déchets, les pratiques de culture des végétaux et de labour, telles que le labour suivant les lignes de niveau, la succession des cultures et les brise-vent, et les pratiques structurelles telles que les terrasses, le croisement dénivelé et les bassins de régulation des sédiments. En intégrant une MPG ou une combinaison de MPG dans un système d'exploitation agricole, un producteur peut transformer son exploitation en "meilleur système de gestion agricole".

Cette expression est également utilisée dans d'autres domaines que l'agriculture, comme le tourisme.

Meilleures pratiques environnementales (MPE): l'expression MPE est aussi utilisée aux États-Unis, au Canada et en Australie, mais n'a pas trait à l'agriculture. Elle sert à décrire des pratiques dans d'autres secteurs que l'agriculture, comme l'éducation, le tourisme ou l'industrie, lorsqu'elles respectent l'environnement.

Bonnes pratiques agricoles (BPA): les BPA ont la même signification que les MPG, mais l'expression est utilisée dans la Communauté européenne et à la FAO et peut s'appliquer à tout secteur agricole, produit frais, culture et production animale. La FAO utilise aussi l'expression "**bonnes pratiques d'exploitation agricole**" dans la même acception.

Concernant la fertilisation, les États membres de l'UE mettent en œuvre des bonnes pratiques agricoles sur les aspects suivants:

1. Périodes au cours desquelles il l'épandage d'engrais est contre-indiqué;
2. Épandage d'engrais sur les sols à forte déclivité;
3. Épandage d'engrais sur les sols saturés d'eau, inondés, gelés ou couverts de neige;
4. Conditions d'épandage d'engrais près des cours d'eau;
5. Capacité et construction des fosses à lisier, et notamment mesures visant à prévenir la pollution de l'eau résultant du ruissellement et de l'infiltration dans les eaux souterraines de liquides contenant des lisiers et purins et effluents de matières végétales stockées telles que le fourrage ensilé;
6. Procédures d'épandage, et notamment débit et uniformité d'application des engrais chimiques et organiques en vue de maintenir les pertes d'éléments nutritifs à un niveau acceptable;
7. Gestion des utilisations des sols, y compris les systèmes de rotation de cultures et la proportion de la surface du sol consacrée aux cultures pérennes par rapport aux cultures de labour annuelles;
8. Maintien d'une quantité minimale de couvert végétal au cours des périodes de pluie, ce qui permet d'absorber l'azote du sol, lequel serait sinon susceptible de causer une pollution de l'eau par les nitrates;
9. Mise en place de plans de fertilisation, par exploitation agricole, en tenant un registre de l'utilisation des engrais;
10. Prévention de la pollution de l'eau due au ruissellement et à l'écoulement en profondeur de l'eau au delà des racines des cultures dans les systèmes d'irrigation.

11.2 Glossaire

Biuret: sous-produit de la fabrication de l'urée. Il est toxique pour les plantes, le plus souvent lors des applications foliaires et au stade des semis.

Capacité de rétention en eau: classement biologique de la teneur en eau du sol qui prend en compte l'eau disponible pour les plantes entre deux limites: la teneur en eau maximale du sol quand la macroporosité est remplie par l'air et la teneur minimale en eau en deçà de laquelle les plantes mésophytes ne peuvent absorber d'eau du sol.

Culture dérobée: culture faite à des fins non commerciales; elle est enfouie par labour dans le sol avant que soit semée la culture principale.

Culture de couverture: culture introduite après la culture principale dans un plan de rotation de cultures.

Cultures intercalaires: différentes cultures pratiquées dans le même champ et dans le même temps. Habituellement, l'une des cultures est une légumineuse qui fixe l'azote par symbiose en réduisant ainsi les besoins en azote minéral du système.

Engrais azotés retard (à libération progressive): il existe trois grands groupes d'engrais azotés retard en fonction de la stratégie adoptée pour diminuer le taux de transformation de l'azote minéral. L'un comprend les engrais classiques enrobés comme l'urée, le deuxième des produits à faible solubilité comme l'urée condensée avec des aldéhydes, et le troisième des mélanges d'engrais classiques avec des inhibiteurs de nitrification comme la dicyandiamide.

Engrais starters: l'engrais starter est un engrais à dose réduite (environ 10 kg d'éléments nutritifs/ha) délivré à proximité du semis ou du plant repiqué, qui est ajouté aux engrais d'épandage normal (Costigan, 1988. id=1991). Les effets osmotiques potentiels limitent la quantité totale de N qui peut être appliquée comme engrais starter. Les taux normaux sont environ d'un tiers de l'application d'engrais d'épandage normal. La plupart des engrais starters sont appliqués en bandes à environ 5 cm latéralement et à 5 cm en dessous du rang de semis ou autour des racines des plants repiqués. La solution de phosphate d'ammonium est l'un des engrais azotés liquides starters les plus répandus.

Fraction lixiviée: quantité d'eau qui percole à travers la zone racinaire par rapport à la quantité d'eau appliquée. La fraction lixiviée peut avoir de l'importance car c'est un moyen de réguler le bilan salin du sol et donc la salinité de celui-ci.

Inhibiteurs de nitrification: ce sont différents composés qui inhibent la nitrification et qui sont mélangés à des engrais minéraux classiques.

Irrigation au goutte-à-goutte: méthode d'irrigation dans laquelle l'eau est appliquée à fréquence élevée; de la sorte, le laps de temps écoulé depuis le début de la période d'irrigation jusqu'à celui de la prochaine période dans le même champ est très court, de l'ordre de quelques jours ou de la journée. Seule une fraction de la superficie est normalement arrosée, et cela au moyen d'un système de goutte-à-goutte.

Irrigation par aspersion: méthode d'irrigation dans laquelle l'eau (sous pression adéquate) est épandue au-dessus du sol au moyen d'asperseurs. Également appelée "irrigation par brumisation" ou encore "irrigation en surplomb".

Irrigation par gravité: méthode d'irrigation dans laquelle l'eau est appliquée sur le sol sous forme d'un large afflux d'eau ou au moyen de rigoles déclives. Cette dénomination s'applique donc à l'irrigation de crue, à l'irrigation par submersion et à l'irrigation en rigoles.

LISTE DES VOLUME DE LA SÉRIE DES RAPPORTS TECHNIQUES DU PAM

Veillez noter que vous pouvez également télécharger les rapports techniques du PAM du site web : www.unepmap.org

MTS 142. UNEP/MAP/RAC CP: **Guidelines for the application of Best Available Techniques (BATs) and Best Environmental Practices (BEPs) in industrial sources of BOD, nutrients and suspended solids for the Mediterranean region.** MAP Technical Reports Series No. 142, UNEP/MAP, Athens, 2004.

MTS 141. UNEP/MAP/MED POL: **Riverine transport of water, sediments and pollutants to the Mediterranean Sea.** MAP Technical Reports Series No. 141, UNEP/MAP, Athens, 2003.

MTS 140. UNEP/MAP/MED POL: **Mariculture in the Mediterranean.** MAP Technical Reports Series No. 140, UNEP/MAP, Athens, 2004. (IN PUBLICATION)

MTS 139. UNEP/MAP/MED POL: **Sea Water Desalination in the Mediterranean: Assessment and Guidelines.** MAP Technical Reports Series No. 139, UNEP/MAP, Athens, 2003. (English and French)

MTS 138. UNEP/MAP: **MAP CAMP Project "Malta": Final Integrated Project Document and Selected Thematic Documents.** MAP Technical Report Series No. 138, UNEP/MAP, Athens, 2002. (English).

MTS 137. UNEP/MAP: **Free Trade and the Environment in the Euro-Mediterranean Context, Montpellier/Mèze, France, 5 – 8 October 2000:** Volume I: Technical Report of the Workshop; Volume II: Regional and International Studies; Volume III: National Studies; Volume IV: Environmental Aspects of Association Agreements. MAP Technical Report Series No. 137, (4 Vols), UNEP/MAP, Athens, 2002. **Libre-échange et environnement dans le contexte euro-méditerranéen : Montpellier/Mèze, France, 5 – 8 octobre 2000** (Parts in English & French).

MTS 136. UNEP/MAP/MED POL: **Guidelines for the management of fish waste or organic materials resulting from the processing of fish and other marine organisms.** MAP Technical Report Series No. 136, UNEP/MAP, Athens, 2002. (English, French, Spanish & Arabic).

MTS 135. PNUE/PAM: **PAC DU PAM "Zone côtière de Sfax": Synthèse des études du projet, rapport de la réunion de clôture et autres documents choisis.** No. 135 de la Série des rapports techniques du PAM, PNUE/PAM, Athènes, 2001. (French).

MTS 134. UNEP/MAP: **MAP CAMP Project "Israel": Final Integrated Report and Selected Documents.** MAP Technical Reports Series No. 134, UNEP/MAP, Athens, 2001. (English).

MTS 133. UNEP/MAP: **Atmospheric Transport and Deposition of Pollutants into the Mediterranean Sea: Final Reports on Research Projects.** MAP Technical Reports Series No. 133, UNEP/MAP, Athens, 2001. (English).

MTS 132. UNEP/MAP/WHO: **Remedial Actions for Pollution Mitigation and Rehabilitation in Cases of Non-compliance with Established Criteria.** MAP Technical Reports Series No. 132, UNEP/MAP, Athens 2001. (English).

MTS 131. UNEP/MAP: **MAP CAMP Project "Fuka-Matrouh", Egypt: Final Integrated Report and Selected Documents.** MAP Technical Reports Series No. 131, (2 Vols.), UNEP/MAP, Athens, 2001. (English).

MTS 130. UNEP/MAP/WMO: **Atmospheric Input of Persistent Organic Pollutants to the Mediterranean Sea.** MAP Technical Reports Series No. 130, UNEP/MAP, Athens, 2001. (English).

MTS 129. UNEP/MED POL: **Guidelines for the Management of Dredged Material.** MAP Technical Reports Series No. 129, UNEP, Athens 2000. (English, French, Spanish and Arabic). PNUE/MED POL: **Lignes Directrices pour la gestion des matériaux de dragage.** (Anglais, français, espagnol et arabe).

MTS 128. UNEP/MED POL/WHO: **Municipal Wastewater Treatment Plants in Mediterranean Coastal Cities.** MTS no. 128, UNEP, Athens 2000 (English and French). PNUE/MED POL/OMS: **Les Stations d'épuration des eaux usées municipales dans les villes cotières de la Méditerranée.** (Anglais et français).

MTS 127. UNEP: **Minutes of the Seminar, Territorial Prospective in the Mediterranean and the Approach by Actors,** Sophia Antipolis, France, 7-9 November 1996. MTS No. 127, UNEP, Athens 2000. PNUE: **Actes du séminaire, La prospective territoriale en Méditerranée et l'approche par acteurs,** Sophia Antipolis, 7-9 novembre 1996. (In French with English introduction and 1 paper).

MTS 126. UNEP/MCSD/Blue Plan: **Report of the Workshop on Tourism and Sustainable Development in the Mediterranean**, Antalya, Turkey, 17-19 September 1998. MAP Technical Reports Series No. 126, UNEP, Athens 1999. (English and French). PNUE/CMDD/Plan Bleu: **Rapport de l'atelier sur le tourisme et le développement durable en Méditerranée**, Antalya, Turquie, 17-19 septembre 1998. (Anglais et français).

MTS 125. UNEP: **Proceedings of the Workshop on Invasive *Caulerpa* Species in the Mediterranean**, Heraklion, Crete, Greece, 18-20 March 1998. MAP Technical Reports Series No. 125, UNEP, Athens 1999. (317 pgs). (English and French). PNUE: **Actes de l'atelier sur les especes *Caulerpa* invasives en Méditerranée**, Heraklion, Crète, Grèce, 18-20 mars 1998. (Anglais et français).

MTS 124. UNEP/WHO: **Identification of Priority Hot Spots and Sensitive Areas in the Mediterranean**. MAP Technical Reports Series No. 124. UNEP, Athens, 1999. PNUE/OMS: **Identification des "Points Chauds" et "Zones Sensibles" de pollution prioritaire en Méditerranée**.

MTS 123. UNEP/WMO: **MED POL Manual on Sampling and Analysis of Aerosols and Precipitation for Major Ions and Trace Elements**. MAP Technical Reports Series No. 123. UNEP, Athens, 1998.

MTS 122. UNEP/WMO: **Atmospheric Input of Mercury to the Mediterranean Sea**. MAP Technical Reports Series No. 122. Athens, 1998, (78 pages).

MTS 121. PNUE: **MED POL Phase III. Programme d'évaluation et de maîtrise de la pollution dans la région Méditerranéenne (1996-2005)**. MAP Technical Reports Series No. 121. Athens 1998, (123 pgs). (In publication)

MTS 120. UNEP: **MED POL Phase III. Programme for the Assessment and Control of Pollution in the Mediterranean Region (1996-2005)**. MAP Technical Reports Series No. 120. UNEP, Athens, 1998, (120 pgs).

MTS 119. UNEP: **Strategic Action Programme to Address Pollution from Land-Based Activities**. MAP Technical Reports Series No. 119. UNEP, Athens, 1998, (178 pgs) (English and French) PNUE: **Programme d'Actions Stratégiques visant à combattre la pollution due à des activités menées à terre**. (Français et anglais)

MTS 118. UNEP/WMO: **The Input of Anthropogenic Airborne Nitrogen to the Mediterranean Sea through its Watershed**. MAP Technical Reports Series No. 118. UNEP, Athens, 1997 (95 pgs.) (English).

MTS 117. UNEP: **La Convention de Barcelone pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution et le développement durable**. MAP Technical Reports Series No. 117. UNEP, Athens, 1997 (97 pgs.) (Français seulement).

MTS 116. UNEP/IAEA: **Data Quality Review for MED POL (1994-1995), Evaluation of the analytical performance of MED POL laboratories during 1994-1995 in IAEA/UNEP laboratory performance studies for the determination of trace elements and trace organic contaminants in marine biological and sediment samples**. MAP Technical Reports Series No. 116. UNEP, Athens, 1997 (126 pgs.) (English).

MTS 115. UNEP/BP **Methodes et outils pour les etudes systemiques et prospectives en Méditerranée, PB/RAC, Sophia Antipolis, 1996**. MAP Technical Reports Series No. 115. UNEP/BP, Athens, 1996 (117 pgs.) (français seulement).

MTS 114. UNEP: **Workshop on policies for sustainable development of Mediterranean coastal areas, Santorini island, 26-27 April 1996. Presentation by a group of experts**. MAP Technical Reports Series No. 114. UNEP, Athens, 1996 (184 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE: **Journées d'étude sur les politiques de développement durable des zones côtières méditerranéennes, Ile de Santorin, 26-27 avril 1996. Communications par un groupe d'experts**. (Parties en anglais ou français seulement).

MTS 113. UNEP/IOC: **Final reports of research projects on transport and dispersion (Research Area II) - Modelling of eutrophication and algal blooms in the Thermaikos Gulf (Greece) and along the Emilia Romagna Coast (Italy)**. MAP Technical Reports Series No. 113. UNEP, Athens, 1996 (118 pgs.) (English).

MTS 112. UNEP/WHO: **Guidelines for submarine outfall structures for Mediterranean small and medium-sized coastal communities**. MAP Technical Reports Series No. 112. UNEP, Athens, 1996 (98 pgs.) (English and French). PNUE/OMS: **Lignes directrices pour les émissaires de collectivités côtières de petite et moyenne taille en Méditerranée**.

MTS 111. UNEP/WHO: **Guidelines for treatment of effluents prior to discharge into the Mediterranean Sea**. MAP Technical Reports Series No. 111. UNEP, Athens, 1996 (247 pgs.) (English).

MTS 110. UNEP/WHO: **Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by anionic detergents**. MAP Technical Reports Series No. 110. UNEP, Athens, 1996 (260 pgs.) (English and French). PNUE/OMS: **Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les détergents anioniques**.

MTS 109. UNEP/WHO: **Survey of pollutants from land-based sources in the Mediterranean.** MAP Technical Reports Series No. 109. UNEP, Athens, 1996 (188 pgs.) (English and French). PNUE/OMS: **Evaluation de l'enquête sur les polluants d'origine tellurique en Méditerranée (MED X BIS).**

MTS 108. UNEP/WHO: **Assessment of the state of microbiological pollution of the Mediterranean Sea.** MAP Technical Reports Series No. 108. UNEP, Athens, 1996 (270 pgs.) (English and French). PNUE/OMS: **Evaluation de l'état de la pollution microbiologique de la mer Méditerranée.**

MTS 107. UNEP/WHO: **Guidelines for authorization for the discharge of liquid wastes into the Mediterranean Sea.** MAP Technical Reports Series No. 107. UNEP, Athens, 1996 (200 pgs.) (English and French). PNUE/OMS: **Lignes directrices concernant les autorisations de rejet de déchets liquides en mer Méditerranée.** MAP Technical Reports Series No. 107. UNEP, Athens, 1996 (200 pgs.).

MTS 106. UNEP/FAO/WHO: **Assessment of the state of eutrophication in the Mediterranean sea.** MAP Technical Reports Series No. 106. UNEP, Athens, 1996 (456 pgs.) (English and French). PNUE/FAO/OMS: **Evaluation de l'état de l'eutrophisation en mer Méditerranée.**

MTS 105. UNEP/FAO/WHO: **Assessment of the state of pollution of the Mediterranean sea by zinc, copper and their compounds.** MAP Technical Reports Series No. 105. UNEP, Athens, 1996 (288 pgs.) (English and French). PNUE/FAO/OMS: **Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par le zinc, le cuivre et leurs composés.**

MTS 104. UNEP/FAO: **Final reports on research projects dealing with eutrophication and heavy metal accumulation.** MAP Technical Reports Series No. 104. UNEP, Athens, 1996 (156 pgs.) (English and French). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche relatifs à l'eutrophisation et à l'accumulation des métaux lourds.**

MTS 103. UNEP/FAO: **Final reports on research projects dealing with biological effects (Research Area III).** MAP Technical Reports Series No. 103. UNEP, Athens, 1996 (128 pgs.) (English and French). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche relatifs aux effets biologiques (Domaine de Recherche III).**

MTS 102. UNEP: **Implications of Climate Change for the Coastal Area of Fuka-Matrouh (Egypt).** MAP Technical Reports Series No. 102. UNEP, Athens, 1996 (238 pgs.) (English).

MTS 101. PNUE: **Etat du milieu marin et du littoral de la région méditerranéenne.** MAP Technical Reports Series No. 101. UNEP, Athens, 1996 (148 pgs.) (français seulement).

MTS 100. UNEP: **State of the Marine and Coastal Environment in the Mediterranean Region.** MAP Technical Reports Series No. 100. UNEP, Athens, 1996 (142 pgs.) (English).

MTS 99. UNEP: **Implications of Climate Change for the Sfax Coastal Area (Tunisia).** MAP Technical Reports Series No. 99. UNEP, Athens, 1996 (326 pgs.) (English and French). PNUE: **Implications des changements climatiques sur la zone côtière de Sfax.**

MTS 98. UNEP: **Implications of Climate Change for the Albanian Coast.** MAP Technical Reports Series No. 98. UNEP, Athens, 1996 (179 pgs.) (English).

MTS 97. UNEP/FAO: **Final reports of research projects on effects (Research Area III) - Pollution effects on marine communities.** MAP Technical Reports Series No. 97. UNEP, Athens, 1996 (141 pgs.) (English and French). PNUE/FAO: **Rapports finaux des projets de recherche sur les effets (Domaine de recherche III) - Effets de la pollution sur les communautés marines.**

MTS 96. UNEP/FAO: **Final reports of research projects on effects (Research Area III) - Pollution effects on plankton composition and spatial distribution, near the sewage outfall of Athens (Saronikos Gulf, Greece).** MAP Technical Reports Series No. 96. UNEP, Athens, 1996 (121 pgs.) (English).

MTS 95. UNEP: **Common measures for the control of pollution adopted by the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Mediterranean Sea against Pollution.** MAP Technical Reports Series No. 95. UNEP, Athens, 1995 (69 pgs.) (English and French). PNUE: **Mesures communes de lutte contre la pollution adoptées par les Parties contractantes à la Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution.**

MTS 94. UNEP: **Proceedings of the Workshop on Application of Integrated Approach to Development, Management and Use of Water Resources.** MAP Technical Reports Series No. 94. UNEP, Athens, 1995 (214 pgs.) (parts in English or French only). PNUE: **Actes de l'Atelier sur l'application d'une approche intégrée au développement, à la gestion et à l'utilisation des ressources en eau.** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 93. UNEP/WHO: **Epidemiological studies related to the environmental quality criteria for bathing waters, shellfish-growing waters and edible marine organisms.** MAP Technical Reports Series No. 93. UNEP, Athens, 1995 (118 pgs.) (English).

MTS 92. UNEP/WHO: **Assessment of the State of Pollution in the Mediterranean Sea by Carcinogenic, Mutagenic and Teratogenic Substances.** MAP Technical Reports Series No. 92. UNEP, Athens, 1995 (238 pgs.) (English).

MTS 91. PNUE: **Une contribution de l'écologie à la prospective. Problèmes et acquis.** MAP Technical Reports Series No. 91. Sophia Antipolis, 1994 (162 pgs.) (français seulement).

MTS 90. UNEP: **Iskenderun Bay Project. Volume II. Systemic and Prospective Analysis.** MAP Technical Report Series No. 90. Sophia Antipolis, 1994 (142 pgs.) (parts in English or French only). PNUE: **Projet de la Baie d'Iskenderun. Volume II. Analyse systémique et prospective.** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 89. UNEP: **Iskenderun Bay Project. Volume I Environmental Management within the Context of Environment-Development.** MAP Technical Reports Series No. 89. UNEP, Blue Plan Regional Activity Centre, Sophia Antipolis, 1994 (144 pgs.) (English).

MTS 88. UNEP: **Proceedings of the Seminar on Mediterranean Prospective.** MAP Technical Reports Series No. 88. UNEP, Blue Plan Regional Activity Centre, Sophia Antipolis, 1994 (176 pgs.) (parts in English or French only). PNUE: **Actes du Séminaire débat sur la prospective méditerranéenne.** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 87. UNEP/WHO: **Identification of microbiological components and measurement development and testing of methodologies of specified contaminants (Area I) - Final reports on selected microbiological projects.** MAP Technical Reports Series No. 87. UNEP, Athens, 1994 (136 pgs.) (English).

MTS 86. UNEP: **Monitoring Programme of the Eastern Adriatic Coastal Area - Report for 1983-1991.** MAP Technical Report Series No. 86. Athens, 1994 (311 pgs.) (English).

MTS 85. UNEP/WMO: **Assessment of Airborne Pollution of the Mediterranean Sea by Sulphur and Nitrogen Compounds and Heavy Metals in 1991.** MAP Technical Report Series No. 85. Athens, 1994 (304 pgs.) (English).

MTS 84. UNEP: **Integrated Management Study for the Area of Izmir.** MAP Technical Reports Series No. 84. UNEP, Regional Activity Centre for Priority Actions Programme, Split, 1994 (130 pgs.) (English).

MTS 83. PNUE/UICN: **Les aires protégées en Méditerranée. Essai d'étude analytique de la législation pertinente.** MAP Technical Reports Series No. 83. PNUE, Centre d'activités régionales pour les aires spécialement protégées, Tunis, 1994 (55 pgs.) (français seulement).

MTS 82. UNEP/IUCN: **Technical report on the State of Cetaceans in the Mediterranean.** MAP Technical Reports Series No. 82. UNEP, Regional Activity Centre for Specially Protected Areas, Tunis, 1994 (37 pgs.) (English).

MTS 81. UNEP/IAEA: **Data quality review for MED POL: Nineteen years of progress.** MAP Technical Reports Series No. 81. UNEP, Athens, 1994 (79 pgs.) (English).

MTS 80. UNEP/FAO: **Final reports on research projects dealing with the effects of pollutants on marine organisms and communities.** MAP Technical Reports Series No. 80. UNEP, Athens, 1994 (123 pgs.) (English).

MTS 79. UNEP/FAO: **Final reports on research projects dealing with toxicity of pollutants on marine organisms.** MAP Technical Reports Series No. 79. UNEP, Athens, 1994 (135 pgs.) (parts in English or French only). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche traitant de la toxicité des polluants sur les organismes marins.** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 78. UNEP/FAO: **Final reports on research projects dealing with eutrophication problems.** MAP Technical Reports Series No. 78. UNEP, Athens, 1994 (139 pgs.) (English).

MTS 77. UNEP/FAO/IAEA: **Designing of monitoring programmes and management of data concerning chemical contaminants in marine organisms.** MAP Technical Reports Series No. 77. UNEP, Athens, 1993 (236 pgs.) (English).

MTS 76. UNEP/WHO: **Biogeochemical Cycles of Specific Pollutants (Activity K): Survival of Pathogens.** MAP Technical Reports Series No. 76. UNEP, Athens, 1993 (68 pgs.) (English and French). PNUE/OMS: **Cycles biogéochimiques de polluants spécifiques (Activité K): Survie des pathogènes.**

MTS 75. UNEP/WHO: **Development and Testing of Sampling and Analytical Techniques for Monitoring of Marine Pollutants (Activity A).** MAP Technical Reports Series No. 75. UNEP, Athens, 1993 (90 pgs.) (English).

MTS 74. UNEP/FIS: **Report of the Training Workshop on Aspects of Marine Documentation in the Mediterranean.** MAP Technical Reports Series No. 74. UNEP, Athens, 1993 (38 pgs.) (English).

MTS 73. UNEP/FAO: **Final Reports on Research Projects Dealing with the Effects of Pollutants on Marine Communities and Organisms.** MAP Technical Reports Series No. 73. UNEP, Athens, 1993 (186 pgs.) (English and French). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche traitant des effets de polluants sur les communautés et les organismes marins.**

MTS 72. UNEP: **Costs and Benefits of Measures for the Reduction of Degradation of the Environment from Land-based Sources of Pollution in Coastal Areas. A - Case Study of the Bay of Izmir. B - Case Study of the Island of Rhodes.** MAP Technical Reports Series No. 72. UNEP, Athens, 1993 (64 pgs.) (English).

MTS 71. UNEP/FAO/IOC: **Selected techniques for monitoring biological effects of pollutants in marine organisms.** MAP Technical Reports Series No. 71. UNEP, Athens, 1993 (189 pgs.) (English).

MTS 70. UNEP/IAEA/IOC/FAO: **Organohalogen Compounds in the Marine Environment: A Review.** MAP Technical Reports Series No. 70. UNEP, Athens, 1992 (49 pgs.) (English).

MTS 69. UNEP/FAO/IOC: **Proceedings of the FAO/UNEP/IOC Workshop on the Biological Effects of Pollutants on Marine Organisms (Malta, 10-14 September 1991), edited by G.P. Gabrielides.** MAP Technical Reports Series No. 69. UNEP, Athens, 1992 (287 pgs.) (English).

MTS 68. UNEP/FAO/IOC: **Evaluation of the Training Workshops on the Statistical Treatment and Interpretation of Marine Community Data.** MAP Technical Reports Series No. 68. UNEP, Athens, 1992 (221 pgs.) (English).

MTS 67. UNEP/IOC: **Applicability of Remote Sensing for Survey of Water Quality Parameters in the Mediterranean. Final Report of the Research Project.** MAP Technical Reports Series No. 67. UNEP, Athens, 1992 (142 pgs.) (English).

MTS 66. UNEP/CRU: **Regional Changes in Climate in the Mediterranean Basin Due to Global Greenhouse Gas Warming.** MAP Technical Reports Series No. 66. UNEP, Athens, 1992 (172 pgs.) (English).

MTS 65. UNEP: **Directory of Mediterranean Marine Environmental Centres.** MAP Technical Reports Series No. 65, UNEP, Athens, 1992 (351 pgs.) (English and French). PNUE: **Répertoire des centres relatifs au milieu marin en Méditerranée.**

MTS 64. UNEP/WMO: **Airborne Pollution of the Mediterranean Sea. Report and Proceedings of the Second WMO/UNEP Workshop.** MAP Technical Reports Series No. 64. UNEP, Athens, 1992 (246 pgs.) (English).

MTS 63. PNUE/OMS: **Cycles biogéochimiques de polluants spécifiques (Activité K) - Survie des pathogènes - Rapports finaux sur les projets de recherche (1989-1991).** MAP Technical Reports Series No. 63. UNEP, Athens, 1992 (86 pgs.) (français seulement).

MTS 62. UNEP/IAEA: **Assessment of the State of Pollution of the Mediterranean Sea by Radioactive Substances.** MAP Technical Reports Series No. 62, UNEP, Athens, 1992 (133 pgs.) (English and French). PNUE/AIEA: **Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les substances radioactives.**

MTS 61. UNEP: **Integrated Planning and Management of the Mediterranean Coastal Zones. Documents produced in the first and second stage of the Priority Action (1985-1986).** MAP Technical Reports Series No. 61. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1991 (437 pgs.) (parts in English or French only). PNUE: **Planification intégrée et gestion des zones côtières méditerranéennes. Textes rédigés au cours de la première et de la deuxième phase de l'action prioritaire (1985-1986).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 60. UNEP/WHO: **Development and testing of sampling and analytical techniques for monitoring of marine pollutants (Activity A): Final reports on selected microbiological projects (1987-1990).** MAP Technical Reports Series No. 60. UNEP, Athens, 1991 (76 pgs.) (parts in English or French only). PNUE/OMS: **Mise au point et essai des techniques d'échantillonnage et d'analyse pour la surveillance continue des polluants marins (Activité A): Rapports finaux sur certains projets de nature microbiologique (1987-1990).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 59. UNEP/FAO/IAEA: **Proceedings of the FAO/UNEP/IAEA Consultation Meeting on the Accumulation and Transformation of Chemical contaminants by Biotic and Abiotic Processes in the Marine Environment (La Spezia, Italy, 24-28 September 1990), edited by G.P. Gabrielides.** MAP Technical Reports Series No. 59. UNEP, Athens, 1991 (392 pgs.) (English).

MTS 58. UNEP/FAO/WHO/IAEA: **Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by organophosphorus compounds.** MAP Technical Reports Series No. 58. UNEP, Athens, 1991 (122 pgs.) (English and French). PNUE/FAO/OMS/AIEA: **Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les composés organophosphorés.**

- MTS 57.** UNEP/WHO: **Research on the toxicity, persistence, bioaccumulation, carcinogenicity and mutagenicity of selected substances (Activity G): Final reports on projects dealing with carcinogenicity and mutagenicity.** MAP Technical Reports Series No. 57. UNEP, Athens, 1991 (59 pgs.) (English).
- MTS 56.** UNEP/IOC/FAO: **Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by persistent synthetic materials which may float, sink or remain in suspension.** MAP Technical Reports Series No. 56. UNEP, Athens, 1991 (113 pgs.) (English and French). PNUE/COI/FAO: **Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les matières synthétiques persistantes qui peuvent flotter, couler ou rester en suspension.**
- MTS 55.** UNEP/WHO: **Biogeochemical cycles of specific pollutants (Activity K): Final report on project on survival of pathogenic organisms in seawater.** MAP Technical Reports Series No. 55. UNEP, Athens, 1991 (95 pgs.) (English).
- MTS 54.** UNEP/WHO: **Development and testing of sampling and analytical techniques for monitoring of marine pollutants (Activity A): Final reports on selected microbiological projects.** MAP Technical Reports Series No. 54. UNEP, Athens, 1991 (83 pgs.) (English).
- MTS 53.** UNEP/WHO: **Epidemiological studies related to environmental quality criteria for bathing waters, shellfish-growing waters and edible marine organisms (Activity D). Final report on epidemiological study on bathers from selected beaches in Malaga, Spain (1988-1989).** MAP Technical Reports Series No. 53. UNEP, Athens, 1991 (127 pgs.) (English).
- MTS 52.** UNEP/FAO: **Final reports on research projects dealing with bioaccumulation and toxicity of chemical pollutants.** MAP Technical Reports Series No. 52. UNEP, Athens, 1991 (86 pgs.) (parts in English or French only). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche traitant de la bioaccumulation et de la toxicité des polluants chimiques.** (parties en anglais ou français seulement).
- MTS 51.** UNEP/FAO: **Final reports on research projects dealing with mercury, toxicity and analytical techniques.** MAP Technical Reports Series No. 51. UNEP, Athens, 1991 (166 pgs.) (parts in English or French only). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche traitant du mercure, de la toxicité et des techniques analytiques.** (parties en anglais ou français seulement).
- MTS 50.** UNEP: **Bibliography on marine litter.** MAP Technical Reports Series No. 50. UNEP, Athens, 1991 (62 pgs.) (English).
- MTS 49.** UNEP/WHO: **Biogeochemical cycles of specific pollutants. Survival of pathogens. Final reports on research projects (Activity K).** MAP Technical Reports Series No. 49. UNEP, Athens, 1991 (71 pgs.) (parts in English or French only). PNUE/OMS: **Cycles biogéochimiques de polluants spécifiques. Survie des Pathogènes. Rapports finaux sur les projets de recherche (activité K).** (parties en anglais ou français seulement).
- MTS 48.** UNEP/FAO: **Final reports on research projects (Activity G).** MAP Technical Reports Series No. 48. UNEP, Athens, 1991 (126 pgs.) (parts in English or French only). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche (Activité G).** (parties en anglais ou français seulement).
- MTS 47.** UNEP: **Jellyfish blooms in the Mediterranean. Proceedings of the II workshop on jellyfish in the Mediterranean Sea.** MAP Technical Reports Series No.47. UNEP, Athens, 1991 (320 pgs.) (parts in English or French only). PNUE: **Les prolifération's de medusas en Méditerranée. Actes des IIèmes journées d'étude sur les méduses en mer Méditerranée.** (parties en anglais ou français seulement).
- MTS 46.** UNEP/WHO: **Epidemiological studies related to environmental quality criteria for bathing waters, shellfish-growing waters and edible marine organisms (Activity D). Final report on project on relationship between microbial quality of coastal seawater and rotavirus-induced gastro-enteritis among bathers (1986-88).** MAP Technical Reports Series No.46. UNEP, Athens, 1991 (64 pgs.) (English).
- MTS 45.** UNEP/IAEA: **Transport of pollutants by sedimentation: Collected papers from the first Mediterranean Workshop (Villefranche-sur-Mer, France, 10-12 December 1987).** MAP Technical Reports Series No. 45. UNEP, Athens, 1990 (302 pgs.) (English).
- MTS 44.** UNEP: **Bibliography on aquatic pollution by organophosphorus compounds.** MAP Technical Reports Series No. 44. UNEP, Athens, 1990 (98 pgs.) (English).
- MTS 43.** PNUE/UICN/GIS **Posidonie: Livre rouge "Gérard Vuignier" des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée.** MAP Technical Reports Series No. 43. UNEP, Athens, 1990 (250 pgs.) (français seulement).
- MTS 42.** UNEP/IUCN: **Report on the status of Mediterranean marine turtles.** MAP Technical Reports Series No. 42. UNEP, Athens, 1990 (204 pgs.) (English and French). PNUE/UICN: **Rapport sur le statut des tortues marines de Méditerranée.** MAP Technical Reports Series No. 42. UNEP, Athens, 1990 (204 pgs.).

- MTS 41.** UNEP: **Wastewater reuse for irrigation in the Mediterranean region.** MAP Technical Reports Series No. 41. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1990 (330 pgs.) (English and French). PNUE: **Réutilisation agricole des eaux usées dans la région méditerranéenne.**
- MTS 40.** UNEP/FAO: **Final reports on research projects (Activities H, I and J).** MAP Technical Reports Series No. 40. UNEP, Athens, 1990 (125 pgs.) (English and French). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche (Activités H, I et J).** MAP Technical Reports Series No. 40. UNEP, Athens, 1990 (125 pgs.).
- MTS 39.** UNEP/FAO/WHO/IAEA: **Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by organohalogen compounds.** MAP Technical Reports Series No. 39. UNEP, Athens, 1990 (224 pgs.) (English and French). PNUE/FAO/OMS/AIEA: **Evaluation de l'état de la pollution par les composés organohalogénés.**
- MTS 38.** UNEP: **Common measures adopted by the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Mediterranean Sea against pollution.** MAP Technical Reports Series No. 38. UNEP, Athens, 1990 (100 pgs.) (English, French, Spanish and Arabic). PNUE: **Mesures communes adoptées par les Parties Contractantes à la Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution.** PNUE: **Medidas comunes adoptadas por las Partes Contratantes en el convenio para la Protección del Mar Mediterraneo contra la Contaminación.**
- MTS 37.** UNEP/FAO: **Final reports on research projects dealing with eutrophication and plankton blooms (Activity H).** MAP Technical Reports Series No. 37. UNEP, Athens, 1990 (74 pgs.) (parts in English or French only). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche consacrés à l'eutrophisation et aux efflorescences de plancton (Activité H).** (parties en anglais ou français seulement).
- MTS 36.** PNUE/UICN: **Répertoire des aires marines et côtières protégées de la Méditerranée. Première partie - Sites d'importance biologique et écologique.** MAP Technical Reports Series No. 36. UNEP, Athens, 1990 (198 pgs.) (français seulement).
- MTS 35.** UNEP: **Bibliography on marine pollution by organotin compounds.** MAP Technical Reports Series No. 35. UNEP, Athens, 1989 (92 pgs.) (English).
- MTS 34.** UNEP/FAO/WHO: **Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by cadmium and cadmium compounds.** MAP Technical Reports Series No. 34. UNEP, Athens, 1989 (175 pgs.) (English and French). PNUE/FAO/OMS: **Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par le cadmium et les composés de cadmium.**
- MTS 33.** UNEP/FAO/WHO/IAEA: **Assessment of organotin compounds as marine pollutants in the Mediterranean.** MAP Technical Reports Series No. 33. UNEP, Athens, 1989 (185 pgs.) (English and French). PNUE/FAO/OMS/AIEA: **Evaluation des composés organostanniques en tant que polluants du milieu marin en Méditerranée.**
- MTS 32.** UNEP/FAO: **Biogeochemical cycles of specific pollutants (Activity K).** MAP Technical Reports Series No. 32. UNEP, Athens, 1989 (139 pgs.) (parts in English or French only). PNUE/FAO: **Cycles biogéochimiques de polluants spécifiques (Activité K).** (parties en anglais ou français seulement).
- MTS 31.** UNEP/WMO: **Airborne pollution of the Mediterranean Sea. Report and proceedings of a WMO/UNEP Workshop.** MAP Technical Reports Series No. 31. UNEP, Athens, 1989 (247 pgs.) (parts in English or French only). PNUE/OMM: **Pollution par voie atmosphérique de la mer Méditerranée. Rapport et actes des Journées d'étude OMM/PNUE.** (parties en anglais ou français seulement).
- MTS 30.** UNEP: **Meteorological and climatological data from surface and upper measurements for the assessment of atmospheric transport and deposition of pollutants in the Mediterranean Basin: A review.** MAP Technical Reports Series No. 30. UNEP, Athens, 1989 (137 pgs.) (English).
- MTS 29.** UNEP: **Bibliography on effects of climatic change and related topics.** MAP Technical Reports Series No. 29. UNEP, Athens, 1989 (143 pgs.) (English).
- MTS 28.** UNEP: **State of the Mediterranean marine environment.** MAP Technical Reports Series No. 28. UNEP, Athens, 1989 (225 pgs.) (English).
- MTS 27.** UNEP: **Implications of expected climate changes in the Mediterranean Region: An overview.** MAP Technical Reports Series No. 27. UNEP, Athens, 1989 (52 pgs.) (English).
- MTS 26.** UNEP/IUCN: **Directory of marine and coastal protected areas in the Mediterranean Region. Part I - Sites of biological and ecological value.** MAP Technical Reports Series No. 26. UNEP, Athens, 1989 (196 pgs.) (English).
- MTS 25.** UNEP: **The Mediterranean Action Plan in a functional perspective: A quest for law and policy.** MAP Technical Reports Series No. 25. UNEP, Athens, 1988 (105 pgs.) (English).

MTS 24. UNEP/FAO: **Toxicity, persistence and bioaccumulation of selected substances to marine organisms (Activity G).** MAP Technical Reports Series No. 24. UNEP, Athens, 1988 (122 pgs.) (parts in English or French only). PNUE/FAO: **Toxicité, persistance et bioaccumulation de certaines substances vis-à-vis des organismes marins (Activité G).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 23. UNEP: **National monitoring programme of Yugoslavia, Report for 1983-1986.** MAP Technical Reports Series No. 23. UNEP, Athens, 1988 (223 pgs.) (English).

MTS 22. UNEP/FAO: **Study of ecosystem modifications in areas influenced by pollutants (Activity I).** MAP Technical Reports Series No. 22. UNEP, Athens, 1988 (146 pgs.) (parts in English or French only). PNUE/FAO: **Etude des modifications de l'écosystème dans les zones soumises à l'influence des polluants (Activité I).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 21. UNEP/UNESCO/FAO: **Eutrophication in the Mediterranean Sea: Receiving capacity and monitoring of long-term effects.** MAP Technical Reports Series No. 21. UNEP, Athens, 1988 (200 pgs.) (parts in English or French only). PNUE/UNESCO/FAO: **Eutrophisation dans la mer Méditerranée: capacité réceptrice et surveillance continue des effets à long terme.** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 20. (*) UNEP/WHO: **Epidemiological studies related to environmental quality criteria for bathing waters, shellfish-growing waters and edible marine organisms (Activity D). Final report on project on relationship between microbial quality of coastal seawater and health effects (1983-86).** MAP Technical Reports Series No. 20. UNEP, Athens, 1988 (156 pgs.) (English).

MTS 19. (*) UNEP/IOC: **Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by petroleum hydrocarbons.** MAP Technical Reports Series No. 19. UNEP, Athens, 1988 (130 pgs.) (English and French). PNUE/COI: **Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures de pétrole.**

MTS 18. (*) UNEP/FAO/WHO: **Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by mercury and mercury compounds.** MAP Technical Reports Series No. 18. UNEP, Athens, 1987 (354 pgs.) (English and French). PNUE/FAO/OMS: **Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par le mercure et les composés mercuriels.**

MTS 17. (*) UNEP: **Seismic risk reduction in the Mediterranean region. Selected studies and documents (1985-1987).** MAP Technical Reports Series No. 17. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1987 (247 pgs.) (parts in English or French only). PNUE: **Réduction des risques sismiques dans la région méditerranéenne. Documents et études sélectionnés (1985-1987).**

MTS 16. (*) UNEP: **Promotion of soil protection as an essential component of environmental protection in Mediterranean coastal zones. Selected documents (1985-1987).** MAP Technical Reports Series No. 16. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1987 (424 pgs.) (parts in English or French only). PNUE: **Promotion de la protection des sols comme élément essentiel de la protection de l'environnement dans les zones côtières méditerranéennes. Documents sélectionnés (1985-1987).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 15. (*) UNEP: **Environmental aspects of aquaculture development in the Mediterranean region. Documents produced in the period 1985-1987.** MAP Technical Reports Series No. 15. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1987 (101 pgs.) (English).

MTS 14. (*) UNEP: **Experience of Mediterranean historic towns in the integrated process of rehabilitation of urban and architectural heritage. Documents produced in the second phase of the Priority Action (1986).** MAP Technical Reports Series No. 14. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1987 (500 pgs.) (parts in English or French only)

MTS 13. (*) UNEP: **Specific topics related to water resources development of large Mediterranean islands. Documents produced in the second phase of the Priority Action (1985-1986).** MAP Technical Reports Series No. 13. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1987 (162 pgs.) (parts in English or French only). PNUE: **Thèmes spécifiques concernant le développement des ressources en eau des grandes îles méditerranéennes. Textes rédigés au cours de la deuxième phase de l'action prioritaire (1985-1986).** MAP Technical Reports Series No. 13. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1987 (162 pgs.) (parties en anglais ou français seulement).

MTS 12. (*) UNEP: **Water resources development of small Mediterranean islands and isolated coastal areas. Documents produced in the first stage of the Priority Action (1984-1985).** MAP Technical Reports Series No. 12. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1987 (162 pgs.) (parts in English or French only). PNUE: **Développement des ressources en eau des petites îles et des zones côtières isolées méditerranéennes. Textes rédigés au cours de la première phase de l'action prioritaire (1984-1985).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 11. (*) UNEP: Rehabilitation and reconstruction of Mediterranean historic settlements. Documents produced in the first stage of the Priority Action (1984-1985). MAP Technical Reports Series No. 11. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1986 (158 pgs.) (parts in English or French only). PNUE: **Réhabilitation et reconstruction des établissements historiques méditerranéens. Textes rédigés au cours de la première phase de l'action prioritaire (1984-1985).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 10. (*) UNEP: Research on the toxicity, persistence, bioaccumulation, carcinogenicity and mutagenicity of selected substances (Activity G). Final reports on projects dealing with toxicity (1983-85). MAP Technical Reports Series No. 10. UNEP, Athens, 1987 (118 pgs.) (English).

MTS 9. (*) UNEP: Co-ordinated Mediterranean pollution monitoring and research programme (MED POL - PHASE I). Final report, 1975-1980. MAP Technical Reports Series No. 9. UNEP, Athens, 1986 (276 pgs.) (English).

MTS 8. Add. (*) UNEP: Biogeochemical studies of selected pollutants in the open waters of the Mediterranean (MED POL VIII). Addendum, Greek Oceanographic Cruise 1980. MAP Technical Reports Series No. 8, Addendum. UNEP, Athens, 1986 (66 pgs.) (English).

MTS 8. (*) UNEP/IAEA/IOC: Biogeochemical studies of selected pollutants in the open waters of the Mediterranean (MED POL VIII). MAP Technical Reports Series No. 8. UNEP, Athens, 1986 (42 pgs.) (parts in English or French only). PNUE/AIEA/COI: **Etudes biogéochimiques de certains polluants au large de la Méditerranée (MED POL VIII).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 7. (*) UNEP/WHO: Coastal water quality control (MED POL VII). MAP Technical Reports Series No. 7. UNEP, Athens, 1986 (426 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE/OMS: **Contrôle de la qualité des eaux côtières (MED POL VII).** (Parties en anglais ou français seulement).

MTS 6. (*) UNEP/IOC: Problems of coastal transport of pollutants (MED POL VI). MAP Technical Reports Series No. 6. UNEP, Athens, 1986 (100 pgs.) (English).

MTS 5. (*) UNEP/FAO: Research on the effects of pollutants on marine communities and ecosystems (MED POL V). MAP Technical Reports Series No. 5. UNEP, Athens, 1986 (146 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE/FAO: **Recherche sur les effets des polluants sur les communautés et écosystèmes marins (MED POL V).** (Parties en anglais ou français seulement).

MTS 4. (*) UNEP/FAO: Research on the effects of pollutants on marine organisms and their populations (MED POL IV). MAP Technical Reports Series No. 4. UNEP, Athens, 1986 (118 pgs.) (Parts in English, French or Spanish only). PNUE/FAO: **Recherche sur les effets des polluants sur les organismes marins et leurs peuplements (MED POL IV).** (Parties en anglais, français ou espagnol seulement).

MTS 3. (*) UNEP/FAO: Baseline studies and monitoring of DDT, PCBs and other chlorinated hydrocarbons in marine organisms (MED POL III). MAP Technical Reports Series No. 3. UNEP, Athens, 1986 (128 pgs.) (Parts in English, French or Spanish only). PNUE/FAO: **Etudes de base et surveillance continue du DDT, des PCB et des autres hydrocarbures chlorés contenus dans les organismes marins (MED POL III).** (Parties en anglais, français ou espagnol seulement).

MTS 2. (*) UNEP/FAO: Baseline studies and monitoring of metals, particularly mercury and cadmium, in marine organisms (MED POL II). MAP Technical Reports Series No. 2. UNEP, Athens, 1986 (220 pgs.) (Parts in English, French or Spanish only). PNUE/FAO: **Etudes de base et surveillance continue des métaux, notamment du mercure et du cadmium, dans les organismes marins (MED POL II).** (Parties en anglais, français ou espagnol seulement).

MTS 1. (*) UNEP/IOC/WMO: Baseline studies and monitoring of oil and petroleum hydrocarbons in marine waters (MED POL I). MAP Technical Reports Series No. 1. UNEP, Athens, 1986 (96 pgs.) (Parts in English, French or Spanish only). PNUE/COI/OMM: **Etudes de base et surveillance continue du pétrole et des hydrocarbures contenus dans les eaux de la mer (MED POL I).** (parties en anglais, français ou espagnol seulement).