



un point sur...

l'eau

Tome II **usages
et polluants**

Gérard Grosclaude, coord.

INA
EDITIONS

un point sur...

l'eau

Tome II
Usages et polluants

l'eau

Tome II
Usages et polluants

Gérard Grosclaude (coordinateur)

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
147, rue de l'Université, 75338 Paris Cedex 07

un point sur...

Phytopathologie, protection des plantes, biopesticides

P. BYE, C. DESCOINS, A. DESHAYES, coord.
1991, 178 p.

Le magnésium en agriculture

C. HUGUET, M. COPPENET, coord.
1992, 276 p.

Agricultures et société

C. COURBET, M. BERLAN-DARQUE, Y. DEMARNE, éd.
1993, 326 p.

Élaboration du rendement des principales cultures annuelles

L. COMBE, D. PICARD, coord.
1994, 192 p.

Comportement et bien-être animal

M. PICARD, R.H. PORTER, J.P. SIGNORET, coord.
1994, 228 p.

Trente ans de lysimétrie en France (1960-1990)

J.C. MULLER, coord.
1996, 392 p.

Teneurs en éléments traces métalliques dans les sols (France)

D. BAIZE
1997, 412 p.

Oiseaux à risques en ville et en campagne

Vers une gestion intégrée des populations ?
P. CLERGEAU, coord.
1997, 376 p.

L'information scientifique et technique

Nouveaux enjeux documentaires et éditoriaux
P. VOLLAND-NAIL, coord.
1997, 282 p.

Aliments et industries alimentaires : les priorités de la recherche publique

P. FEILLET, coord.
1998, 288 p.

L'homme et l'animal d'élevage : un débat de société

A.P. OUÉDRAOGO, P. LE NEINDRE, coord.
1999, 218 p.

© INRA, Paris 1999 – ISSN : 1250-5218 – ISBN : 2-7380-0854-2
Tome 2 2-7380-0864-X

Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

Cet ouvrage a été réalisé dans le cadre
du Comité scientifique "EAU" de l'INRA.

Nous tenons à remercier tout particulièrement
M^{me} Nadine Brisson et MM. Pierre Chassin, René Moletta,
André Neveu, François Papy et Charles Riou
qui ont bien voulu assurer la relecture des différents chapitres.

sommaire

Tome II

L'eau : usages et polluants

Préface	11
----------------------	----

1 Les acteurs de l'eau

■ Le milieu « eau »	17
■ Les modes de gestion de l'eau	21
■ Les acteurs de l'eau	22
■ Conclusion	25

2 Le droit de l'eau

■ Introduction	31
■ La loi sur l'eau du 3 janvier 1992	33
■ La loi du 2 février 1995	46
■ La dimension européenne du droit de l'eau	47
■ Conclusion	48
■ Références bibliographiques	49

3 L'eau dans l'alimentation

■ Propriétés physico-chimiques	51
■ L'eau dans l'organisme humain	53

■ Besoin hydrique minimal et apports conseillés	56
■ Les eaux de consommation	59
■ L'eau dans les aliments	66
■ Références bibliographiques	69

4 L'eau et l'agroalimentaire

■ L'eau fluide alimentaire	72
■ L'eau fluide technique	92
■ Références bibliographiques	94

5 La pollution nitrique des eaux

■ Situation actuelle de la pollution nitrique	95
■ Le mécanisme de pollution nitrique	98
■ Incidence des pratiques agricoles sur les pertes d'azote nitrique par lessivage : quelques exemples	104
■ Conclusion	113
■ Références bibliographiques	114

6 La pollution des eaux par les phosphates

■ Les eaux de surface	117
■ Les eaux courantes	117
■ Les eaux stagnantes	118
■ Le destin des eaux stagnantes	119
■ Les aliments de base	119
■ L'obésité des eaux stagnantes	120
■ Les remèdes	123
■ Conclusion	125
■ Références bibliographiques	126

7 Les polluants agricoles de l'eau : les produits phytosanitaires

■ Introduction	127
■ Comportement des produits phytosanitaires dans le sol	129
■ Pollution des milieux aquatiques par les produits phytosanitaires	134
■ Évaluation des risques	136
■ Conclusion	139
■ Références bibliographiques	140

8 Les polluants industriels et urbains de l'eau

■ États des impuretés dans l'eau	143
■ Les pollutions urbaines	143
■ Les pollutions industrielles	148
■ Les boues	151
■ Références bibliographiques	151

9 Les traitements de potabilisation de l'eau

■ Historique du traitement de l'eau jusqu'en 1970	153
■ Les besoins en eau dans les années 90	155
■ L'évolution du traitement de l'eau après 1970	156
■ Les filières types de traitement en 1995	160
■ La tendance du futur : les techniques membranaires	164
■ La distribution	168
■ Facteurs d'évolution du traitement et de la distribution des eaux potables	169
■ Références bibliographiques	170

10 L'épuration des eaux résiduaires

■ Introduction	173
■ Caractéristiques des effluents et normes de rejet	174
■ Les traitements des eaux résiduaires	175
■ Le traitement des boues	184
■ Environnement des stations d'épuration	190
■ Références bibliographiques	191

Lexique	193
Sommaire du tome I	205
Liste des auteurs	209

Préface

Charles Riou

L'eau fait partie de notre environnement naturel tout comme l'air que nous respirons et la terre qui nous porte et nous nourrit ; elle constitue un des éléments familiers de notre vie quotidienne.

Pour l'homme, les océans étaient jadis presque l'infini ; l'eau était certes mal répartie dans le temps et dans l'espace et il y a fort longtemps que la sécheresse est évoquée, mais cela faisait partie des phénomènes « naturels » : il y avait, il y aura encore des « catastrophes naturelles » dues au manque ou à l'excès d'eau.

Cette idée d'une nature parfois généreuse, parfois cruelle et injuste et finalement imprévisible a longtemps imprégné la pensée humaine.

Le développement des connaissances a peu à peu modifié cette attitude et grâce à la science et à la technique l'homme a appris à maîtriser en maintes occasions les « forces naturelles » : il a édifié des barrages qui tempèrent les variations du débit des rivières et permettent de faire des réserves, il a prospecté les ressources en eau du sous-sol, il a su déplacer sur de grandes distances des volumes d'eau importants ; il a su aussi assécher des zones régulièrement inondées et peu à peu s'est imposée cette nouvelle idée que l'homme pouvait maîtriser l'eau. Certes, il ne peut empêcher les tempêtes qui mettent en jeu des énergies colossales, mais dans le domaine des eaux continentales, seul le manque de ressources financières met une limite à son action.

Cette science de l'eau acquise au cours des derniers siècles a donné naissance à un grand optimisme, encore très apparent il y a quelques décennies seulement. On se souvient entre autres de la manière dont le barrage d'Assouan sur le Nil était annoncé... et d'autres grands projets sur les fleuves africains... Certes, tout le monde savait qu'il existait dans le monde, outre les déserts, de grandes zones peuplées menacées périodiquement par la sécheresse, mais des solutions étaient constamment évoquées, issues du génie créatif de l'homme... tout paraissait possible. Cet optimisme a disparu aujourd'hui ! L'augmentation constante de la population de la terre, notre capacité réelle d'intervention sur les phénomènes naturels désormais mieux connus et les excès commis par des pays qui disposaient de tous les atouts de la connaissance et de la technique ont modifié notre vision du problème de l'eau, au point de faire émerger cette idée que l'eau est devenue un problème majeur !

En juin 1998, l'UNESCO organisait une conférence internationale intitulée : *Water : a looming crisis ?* Le point d'interrogation n'apparaissait plus chez les conférenciers qui parlaient de « crise de la gestion des eaux » de « surexploitation des nappes » ; un thème sur cinq était consacré à la qualité de l'eau, un autre à l'impact de l'activité humaine sur la ressource en eau. La FAO annonçait déjà en 1993 qu'en l'an 2000 près de 30 pays connaîtraient une pénurie d'eau... il ne semble pas qu'elle ait changé d'avis depuis cette annonce.

En France, où certes existent de très fortes différences de disponibilités en eau d'une région à l'autre, nous avons globalement une situation avantageuse ; pourtant ces dernières années, il a souvent été question de sécheresse entraînant un état de crise en été où différents utilisateurs entraient alors en conflit.

Nous voici donc actuellement devant un constat... l'eau qui paraissait inépuisable, mises à part quelques régions bien identifiées, ne l'est pas ; bien pire, sa qualité se dégrade dans les régions les plus avancées du monde en technologie ; enfin l'avenir est menaçant pour une partie importante du globe, menaçant à deux titres : pour l'alimentation humaine, mais aussi pour la paix car des observateurs avertis n'hésitent plus à parler de risques de conflits entraînés par le manque d'eau.

Peut-on à ce propos fournir quelques chiffres ? Il n'est pas facile d'évaluer la quantité d'eau renouvelable annuellement pour l'ensemble de la terre, mais avec beaucoup de précautions dans la méthode, la dernière proposition est de 42 757 km³. Il faut noter que ce volume d'eau, renouvelable annuellement par l'effet des précipitations auxquelles il faut retrancher l'évaporation, et qui constitue en fait la limite supérieure de ce que nous pouvons théoriquement consommer sans entamer nos réserves non renouvelables, est peu de chose comparé au volume d'eau présent dans le monde. Les océans stockent en effet un peu plus de 97 % de l'eau (salée) et l'eau des continents se répartit entre les glaciers et les eaux souterraines avec une très faible part pour les eaux de surface : moins de 1 %. On constate en fait que, disposant d'un énorme capital d'eau sur les continents, l'homme ne peut en dépenser qu'un peu plus de un pour mille par an : la part renouvelée disponible.

Il faut ajouter à cela qu'une partie importante de cette eau est actuellement perdue, soit qu'elle se trouve dans des zones difficilement accessibles : le grand Nord, les hauts bassins de l'Amazone et du Congo, soit qu'une partie retourne inévitablement vers la mer : grandes crues difficiles à maîtriser, dilution nécessaire des eaux usées (non recyclées après épuration)...

En fait, il resterait réellement d'accessible moins de 15 000 km³ par an soit environ 2 500 m³ par habitant et par an... Si l'on considère que la FAO estime qu'en dessous de 2 000 m³ par an et par habitant (tous usages confondus) il y a un risque de pénurie, on voit que la situation *moyenne actuelle* n'offre pas une grande sécurité pour l'avenir, mais il faut surtout noter que ce chiffre moyen dissimule de très grandes inégalités.

Si l'on se réfère à nouveau à l'eau théoriquement disponible, soit 7 650 m³ par habitant et par an, on constate qu'un Européen dispose de 4 240 m³ par habitant et par an, un Américain du Nord de 17 400 m³ par habitant et par an, un Asiatique 3 970 m³ par habitant et par an.

D'une manière plus détaillée, l'Européen du Nord a presque 10 fois plus d'eau que l'Européen du Sud (3 190 m³ par habitant et par an) et 15 fois plus que l'Européen du centre (2 120 m³ par habitant et par an).

En Afrique du Nord, la disponibilité de l'eau n'est que de 710 m³ par habitant et par an !

En Asie, les différences sont également considérables entre l'est de la Russie et la Sibérie (76 600 m³ par habitant et par an) et l'Asie du Sud ou de l'Ouest où l'on est déjà à la limite du seuil défini par la FAO !

Le premier constat est donc celui d'une très grande inégalité devant la ressource en eau, et d'une situation déjà difficile pour certains pays avec la menace d'une augmentation non maîtrisée de la population.

Tout ceci ne concerne que les quantités *moyennes* d'eau, il faut y ajouter les risques que fait peser la variation des besoins au regard des disponibilités au cours de l'année, ce qui explique qu'en France où l'on dispose globalement de plus de 3 000 m³ par habitant et par an (dont on ne consomme en moyenne que moins de 5 %, alors que l'on en prélève en fait presque 25 %) on peut, en été, manquer d'eau face à des besoins en augmentation : irrigations, collectivités locales, protection des plans d'eau, stockage par EDF, besoins de l'industrie...

Il faut enfin ajouter un autre élément de plus en plus préoccupant (dans les pays développés, mais pas uniquement) : les risques actuels concernant la *qualité de l'eau*.

Il existe depuis toujours des eaux contenant naturellement des éléments dissous les rendant plus ou moins impropres non seulement à la consommation humaine mais aussi à l'alimentation en eau des plantes (qui réagissent de façon très diverse) : eaux chargées de chlorure de sodium autour de la Méditerranée, de fluor en Tanzanie et au Radjasthan, et au Sénégal et même d'arsenic au Chili ; on peut également citer le natron du lac Tchad.

Mais à côté de cette chimie « naturelle », le développement de l'industrie, de l'agriculture intensive et de l'activité ménagère ont introduit dans le cycle de l'eau des substances chimiques de plus en plus nombreuses dont une partie importante atteint les nappes superficielles, les rivières et les plans d'eau : métaux lourds, nitrates en excès, phosphore, produits phytosanitaires etc. La concentration urbaine de la population accentue cette pollution.

Il n'est pas facile de rendre compte de la pollution dans le monde mais on peut localement suivre l'évolution de la qualité de l'eau et constater que si des efforts ont rendu possible ça et là une nette amélioration (le Rhin ou la Seine), les niveaux de nitrates augmentent en Europe de l'Ouest, en Amérique du Nord et en Chine. Dans de nombreux bassins sous des climats secs les eaux déjà naturellement salées le deviennent encore davantage sous

l'effet de l'évaporation dans les réservoirs et de l'irrigation mal contrôlée. On mesure également des taux de métaux lourds notables dans les matières en suspension des fleuves comme la Seine, le Rhin, le Pô, le Mississippi ou les rivières chinoises.

Quand on parle du problème de la ressource en eau, il faut donc avoir présent à l'esprit non seulement que les besoins en quantité seront insuffisants pour de nombreux pays, mais que la qualité de cette ressource est menacée. On doit noter la gravité de la situation dans des pays qui ont à la fois une population à croissance rapide, des ressources en eau insuffisantes et des moyens financiers qui ne leur permettent pas de mettre en œuvre les infrastructures indispensables.

A côté de ce problème latent qui demande un engagement permanent, l'eau apparaît aussi de temps à autre comme un facteur de risque accidentel.

Chaque année des inondations catastrophiques sont signalées par les médias, non seulement en Inde ou en Chine mais en Europe, plus localisées alors certes mais mal perçues par l'opinion qui s'indigne parfois du maintien d'un tel risque à notre époque. A cette occasion sont souvent évoquées des responsabilités humaines : aménagements des rivières mal conçus, augmentation du ruissellement sur le bassin versant, travaux de régulation des débits insuffisants etc.

Si face à des phénomènes pluvieux exceptionnels il n'y a guère de parade définitive, il n'en reste pas moins que l'homme par imprudence, incompetence, ou légèreté peut aggraver les conséquences de ces phénomènes.

L'eau aujourd'hui est donc devenue un problème pour l'homme, mais sa responsabilité étant également engagée, il a le devoir d'agir... le citoyen est d'abord un consommateur d'eau avec là encore de très grandes inégalités. Un Australien consomme 1 440 litres par jour *d'eau potable*, un Américain 617 litres, un Européen 210 litres, un Asiatique 89 litres et un Africain 48 litres ! Mais il y a à côté de la consommation d'eau potable beaucoup d'autres usages : l'industrie, le tourisme, la pêche, la sauvegarde des écosystèmes aquatiques, les réserves indispensables à l'énergie hydroélectrique, le refroidissement des centrales nucléaires, l'irrigation... Tout ceci est fait pour le citoyen qui est donc au cœur des débats : son attention est d'ailleurs naturellement attirée par l'augmentation régulière du prix de l'eau. La complexité de la situation actuelle exige que le citoyen soit mieux averti qu'auparavant des différents aspects du problème de l'eau. La meilleure façon d'informer est de le faire tôt, au moment privilégié où l'individu est le plus apte à comprendre et retenir, et c'est en général quand il est formé par l'école.

C'est dans cet esprit que cet ouvrage est conçu. La réalisation en revient à l'INRA, et particulièrement au Comité Scientifique « EAU », mais il faut noter que Gérard GROSCLAUDE en a été l'initiateur et le coordinateur.

Il s'agit d'une publication destinée à être lue par un large public, et même si inévitablement il y a des différences de ton, voire de niveau entre les articles, les textes restent accessibles à la majorité des lecteurs qui ne sont pas nécessairement familiarisés avec la démarche scientifique.

Cet ouvrage a aussi l'ambition de traiter d'un très grand nombre d'aspects de la question de l'eau. On y trouvera un tome sur l'eau dans le milieu naturel et un autre sur les usages de l'eau avec les risques de pollution.

Dans l'un et l'autre, un gros effort a été fait pour faire le tour du problème : le cycle de l'eau, l'eau et la plante, l'eau et le poisson, l'aménagement des eaux, constituent l'essentiel du premier tome où l'on trouve également un chapitre sur l'histoire de l'eau. Dans le second tome les acteurs et le droit de l'eau, l'alimentation, le rôle de l'eau dans les industries agroalimentaires, la pollution, les traitements sont étudiés et fournissent les connaissances actuelles indispensables sur les relations entre l'homme et l'eau. Vingt-sept auteurs ont participé à cet ouvrage, dont la plupart appartiennent à l'INRA, mais aussi à l'IRD (ex. ORSTOM), à Météo France, au corps des Ingénieurs du Génie Rural et des eaux et forêts, au CNERNA, à la CGE et à la Lyonnaise de Eaux. C'est dire le souci des coordinateurs de faire participer non seulement des chercheurs, mais des aménageurs et des industriels.

Il reste à souhaiter, d'abord que le lecteur trouve du plaisir à parcourir ces pages qui se veulent instructives et faciles à lire, et qu'il soit ainsi mieux informé de la réalité et de la complexité des problèmes d'aujourd'hui liés à l'eau, et enfin, car c'est là l'ambition la plus haute de cette publication, qu'il devienne un citoyen compétent et responsable, jouant un rôle positif dans les décisions qui devront être prises dans l'avenir.

Les acteurs de l'eau

Jacques Davigo

Tout le monde parle de l'eau. L'eau n'est-elle pas un élément essentiel de la vie ? Chacun devrait se sentir concerné par cette ressource qui, de plus en plus, apparaît comme rare et dont la qualité doit être préservée ou améliorée. En particulier, lorsque des phénomènes climatiques à caractère exceptionnel engendrent inondation et sécheresse, l'homme se sent alors soudain très interpellé. Se considère-t-il pour autant comme acteur du système « eau » ?

Ce n'est pas sûr; dans notre société actuelle, les gens sont plus des consommateurs passifs que de véritables acteurs, quelque soit le domaine qui les touche. Etre acteur, c'est être responsable. Aussi, puisqu'il s'agit ici de réfléchir sur les « acteurs de l'eau », convient-il avant d'en dresser la liste qui peut être extrêmement longue, de définir cette notion d'action dans un contexte de gestion de ce bien : « l'eau ».

Le milieu « eau »

L'eau doit être considérée comme élément liquide avec ses caractéristiques physico-chimiques particulières et ses multiples usages, mais également comme élément constitutif d'un milieu naturel, d'un écosystème.

De ce fait, le domaine de l'eau est très difficile à aborder et il en résulte une réglementation naturellement extrêmement complexe. Deux aspects importants sont à considérer :

- Le milieu « eau » qu'il faut connaître. Il s'agit de la ressource superficielle et souterraine, appréhendée quantitativement et qualitativement, dans sa globalité au niveau du bassin versant hydrographique.
- Le milieu « eau » qu'il faut gérer. Il s'agit d'une gestion d'un bien dit patrimonial, qui se traduit *in fine* par l'exercice d'une police en application d'une réglementation et pour sanctionner les abus.

La ressource doit donc être gérée, en fonction des différents usages, en vue de satisfaire au mieux ces usages qui correspondent à des besoins évoluant dans le temps et dans l'espace.

L'eau est un volet important de l'aménagement du territoire.



Figure 1.1. Les acteurs de l'eau.