

**Brazilian/European Community International Symposium on Agriculture and the Environment. (Belo Horizonte. May 3-6, 1992).**

**Theme : Improving Methods of Environmental Impact Assessment**

## **EFFETS DE L'AGRICULTURE SUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU**

Alain GIODA<sup>1</sup>

Carlo MERLO<sup>2</sup>

Bruno de CARMANTRAND<sup>3</sup>

Jean-Claude SIMON<sup>4</sup>

Paul JAMET<sup>5</sup>

### **Résumé**

Les conséquences de l'agriculture intensive (y compris l'élevage) sur la ressource en eau et sa qualité sont traitées dans les régions méditerranéennes et tempérées grâce à des exemples français et italiens. Le rôle de l'activité agricole sur le cycle hydrologique est rappelé ainsi que les principales lois sur l'eau avant de dresser le tableau actuel des lieux. Les perspectives et les travaux de recherche contemporains concluent la communication.

**Mots clés : cycle hydrologique, irrigation, nitrates, pesticides, France, Italie, Europe.**

-----  
1) Hydrologie, ORSTOM, BP 5045, F-34032 Montpellier cedex 01

2) Istituto di Idraulica Agraria, Università degli Studi di Torino, Corso Raffaello 8, I-10126 Torino

3) Agence de l'Eau "Rhône-Méditerranée-Corse", 27 bd Nédélec, F-13003 Marseille

4) Station d'Agronomie, INRA, rue Stang Vihan, F-29000 Quimper

5) Station de Phytopharmacie, INRA, route de Saint Cyr, F-78026 Versailles cedex  
Nouvelle adresse : INRA, 147 rue de l'Université, F-75338 Paris cedex 07

## INTRODUCTION

Dans les régions sèches de l'Europe méridionale, l'agriculture intensive a généralement recours à l'irrigation ce qui a pour effet de diminuer la ressource en eau disponible. La sécheresse de 1989 et 1990 a mis en évidence les limites de cette ressource, âprement disputée par le monde industriel et la sphère domestique.

L'agriculture intervient de façon quantitative en modifiant le cycle hydrologique par les bouleversements qu'elle induit sur le foncier (disparition des petites et moyennes exploitations), le paysage (travaux connexes au remembrement, rectification des chemins et calibrage des cours d'eau, arasement des haies et talus, agrandissement du parcellaire...), l'occupation des sols, les couverts végétaux en place (apparition de nouvelles cultures) et la conduite des cultures (fertilisation, pratiques culturales, irrigation...). Ces différents facteurs modulent les relations précipitations-débits et jouent sur l'alimentation des aquifères.

L'agriculture joue également de façon qualitative par la fertilisation (minérale ou organique) et les traitements phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...). Ainsi les excès de fertilisation azotée, en particulier dans les régions d'élevage intensif (concentration géographique des ateliers de production conduisant à des problèmes d'excédents structurels de déjections animales), se traduisent par un lessivage important de nitrate vers les aquifères. Aussi l'agriculture apparaît-elle comme un pollueur important, au même titre que l'univers industriel et le monde domestique. L'image de l'agriculteur-pollueur se profile ainsi, depuis plusieurs années, même si la responsabilité de cette évolution n'est pas de son seul fait. Elle devrait en effet être partagée avec ceux qui l'ont poussé, depuis près de 30 années, dans une course à la productivité.

Le plan suivi sépare quantité et qualité de l'eau par souci de clarté. Sur le terrain, les pratiques culturales dépendent du système foncier, les modes de cultures ont de fortes incidences sur la qualité des eaux, l'impact de l'homme sur les bassins versants n'est pas que quantitatif, etc.

## 1. L'AGRICULTURE ET LE CYCLE HYDROLOGIQUE

### 1. 1. MODIFICATION DU FONCIER ET DU COUVERT VEGETAL DES BASSINS VERSANTS

Ce thème devient d'une acuité brûlante sous l'impact du programme européen de déprise agricole c'est-à-dire de création volontaire de friches pour lutter contre les excédents

agricoles communautaires dans le cadre de la Politique Agricole Commune (PAC) de la CEE.

Les études ont pour cadre le petit bassin versant de quelques km<sup>2</sup>, échelle retenue pertinente. Les pratiques culturales modifient le rapport pluie-débit mais les conclusions doivent être ajustées. Un des domaines où les résultats sont les plus clairs est celui du drainage et de l'assainissement pluvial à ciel ouvert (OBERLIN, 1981 ; ROBINSON, 1991).

## 1.2. L'IRRIGATION

L'irrigation est le passage obligé de l'augmentation des rendements avec les engrais minéraux et animaux et avec les produits phytosanitaires. Il s'agit d'une technique qui conjugue la modernité à un savoir-faire traditionnel. Ajoutons que dans les régions présentant un déficit hydrique accusé, l'irrigation est indispensable pour obtenir de bons niveaux de production.

En Italie, l'eau consommée à des fins agricoles atteint environ 50 % des quarante milliards de m<sup>3</sup> disponibles.

En France, l'agriculture est plus économe vis-à-vis de la ressource car elle ne représente que 15% du total de la consommation nationale évaluée à 37 milliards de m<sup>3</sup> (MRT, 1990). Toutefois, ces besoins ponctuels peuvent être importants au cours de l'été. L'exemple extrême de cette importance est le maïs qui est très fragile lors de la formation des organes reproducteurs. La sécheresse de 1989-1990, "accident climatique", a servi de révélateur des problèmes multiples du monde agricole français déjà très déstabilisé. Son impact peut se comparer à celle de 1976, sécheresse de récurrence centennale (DORIZE, 1990). La sécheresse face aux besoins croissants de l'agriculture mais aussi des industriels et de l'activité domestique va donner lieu à des conflits d'usage importants.

Toutefois, l'irrigation gravitaire, la plus répandue, ne doit pas être considérée comme une perte et seulement une perte. Dans la Basse Durance au sud de la France, ses eaux d'infiltration permettent d'atteindre lors des mois d'été, les plus secs, les cotes piézométriques dans la nappe les plus élevées (CARMANTRAND, 1990).

## 1.3. LE MECANISME DE LA POLLUTION PAR LES NITRATES

Le nitrate est un anion non retenu par le complexe argilo-humique du sol. Sous l'action des eaux d'infiltration, il est entraîné en profondeur, hors de portée des racines des plantes : on dit alors qu'il est lessivé. Ce lessivage a lieu essentiellement en période hivernale quand le bilan hydrique (pluie-évaporation) devient excédentaire et que l'eau non retenue par le sol, percole par gravité et réalimente ensuite les aquifères.

Les pertes d'azote dans les eaux souterraines sont d'autant plus importantes que le stock automnal d'azote nitrique est élevé, que la pluviométrie hivernale est forte et que la capacité de rétention du sol est faible.

En sols cultivés, l'azote nitrique lessivé peut provenir non seulement des excédents de fumure non utilisés par la culture mais aussi de la minéralisation de la matière organique du sol, variable en importance selon les saisons et les années. Après un été sec, la minéralisation de la matière organique du sol peut être importante en automne ; elle est généralement mal valorisée. En cette période d'interculture, le sol est nu ou couvert d'une culture ayant un développement végétatif (céréale par exemple) qui valorise mal cet azote. Seulement des cultures dérobées ou des engrais verts semés précocement en automne (fort développement végétatif) peuvent diminuer de façon significative ces pertes hivernales.

Dans les zones d'élevage intensif, ces problèmes sont accentués par la présence de grandes quantités de déjections animales : excédents structurels d'azote. Une enquête réalisée par l'INRA (SIMON et LECORRE, 1992), dans le nord de la France, met en évidence des bilans de l'azote à l'échelle de l'exploitation agricole, très excédentaires en région d'élevage intensif. Ces excédents d'azote sont particulièrement importants en productions porcines et avicoles (fortes densités animales) ; ceci est d'autant plus préoccupant que ces élevages sont généralement concentrés géographiquement. Pour l'élevage bovin, les bilans sont moins mauvais et moins variables, le nombre d'animaux étant limité par la surface fourragère alimentant le troupeau. En Italie du nord, pays d'embouche des veaux importés du pays naisseur, la France, la situation de cet élevage exclusivement élevé hors-sol se rapproche du cas des porcs et des volailles déjà évoqué.

En élevage bovin, les déjections restent plus difficilement maîtrisables qu'en élevage hors-sol (porcs, volailles, veaux en stabulation) à cause du pâturage, période pendant laquelle les déjections (bouses et pissats) échappent au contrôle de l'agriculteur.

Pour une vache laitière ingérant en moyenne 210 kg N/an, 146 kg N sont retrouvés dans les déjections. Une partie de cet azote se volatilise (environ 35 kg/animal/an) et le reste retourne vers le sol (110 kg/animal/an) : 38 sont retrouvés dans le lisier (pendant les 6 mois de stabulation) et 72 sur les prairies (pendant les 6 mois de pâturage). Cette dernière fraction pose de gros problèmes pour la maîtrise du lessivage de l'azote nitrique au pâturage.

Notons enfin que les déjections animales posent aussi des problèmes par leur teneur en phosphore. Ce dernier élément est plus facilement contrôlable que l'ion nitrate car il est énergiquement retenu par le complexe argilo-humique du sol. Il lessive très peu (quelques centaines de g/ha/an) mais il peut être entraîné par les eaux superficielles par ruissellement ou érosion. Pendant la plus grande partie de l'année, les phosphates sont essentiellement d'origine domestique(lessives) et industrielle (BARROIN, 1990 et 1991).

## 1.4. LE MECANISME DE LA POLLUTION PAR LES PESTICIDES

Le mécanisme de pollution par les pesticides, le ruissellement des eaux de surface, est différent de celui des nitrates qui migrent essentiellement par lessivage vers les nappes phréatiques.

Avant même de pénétrer dans le sol, les produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides, etc) peuvent se volatiliser ou ruisseler. Ils sont alors entraînés en solution ou en suspension c'est-à-dire retenus par les particules du sol. Ce transfert de surface est conditionné par la solubilité des produits ou bien par leur faculté d'adsorption sur les constituants du sol. Toutefois, le ruissellement sera d'autant plus fort que le sol sera peu stable, peu protégé par la végétation, couvert d'une pellicule de battance, installé sur un versant en forte pente. Les pluies intenses dont l'archétype en France sont les averses des Cévennes en milieu méditerranéen favoriseront le ruissellement et donc la présence des pesticides dans les eaux de surface.

Dans le sol, la molécule de pesticide peut être temporairement immobilisée par adsorption. Si elle n'est plus biodisponible, ses effets biologiques sont réduits. Plus entraînée en profondeur, elle préserve sous cette forme la qualité des eaux souterraines. Seule, l'érosion du sol peut par désorption la remobiliser dans les eaux superficielles (INRA, 1990).

Un bassin versant (BVRE) comme celui d'Ardières en Beaujolais (centre-est de la France), géré par le CEMAGREF de Lyon, est équipé pour analyser une partie des processus de pollution par les pesticides (OBERLIN, comm. écrite).

## 2. LE CADRE ADMINISTRATIF ET JURIDIQUE

### 2.1. LE CADRE ITALIEN

Un préambule est nécessaire pour comprendre la spécificité italienne et son retard relatif dans le contrôle de la qualité des eaux.

Jusqu'à récemment, les objectifs de l'aménagement du territoire étaient dirigés vers la protection contre les crues et les travaux de bonification. Nous ferons deux exemples : la création de trois Laboratoires CNR-IRPI (Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica) en 1972 qui contrôlent tout le pays ; la bonification des marais y compris les Marais Pontins près de Rome qui a touché 4 millions d'ha.

Hors de ce contexte, en 1969 une commission parlementaire a été chargée de rédiger la première loi-cadre sur le contrôle de la pollution. Le travail fourni s'est concrétisé par la loi n°319 du 10 mai 1976 qui est appelée communément "loi MERLI", nom du sénateur à son origine. La loi MERLI a subi des amendements divers, des modifications au fil de

l'expérience accumulée et a été adaptée aux directives de la CEE en matière d'environnement.

La loi cadre n°183 du 18 mai 1989, dite "loi GALLI", complète l'arsenal juridique. Sa dénomination est explicite "Normes pour une nouvelle assise de défense du sol". L'un de ses objectifs est la restauration de la qualité des eaux superficielles et souterraines. Un autre de ses buts est l'utilisation rationnelle de la ressource en définissant la cellule de base comme le bassin hydrographique. Au début 1992, la loi GALLI n'a toujours pas été adoptée! Le territoire italien serait partagé en onze grands bassins qui correspondent à autant d'Agences de Bassins. Elles correspondraient aux six Agences de l'Eau françaises. A des niveaux inférieurs, seize bassins d'importance interrégionale seraient individualisés, puis viendrait les bassins dits régionaux.

Le travail se ferait dans le cadre de Plans de Bassin.

## 2.2. LE CADRE FRANCAIS

La loi cadre du 16 décembre 1964 sur la qualité des eaux superficielles subordonne le niveau de rejet :

- aux usages de l'eau (alimentation en eau potable, baignade, vie piscicole) ;
- à la capacité du milieu récepteur à se régénérer ;
- à l'équilibre biologique de l'eau.

Des mises à jour par circulaires et arrêtés ont été effectuées pour le respect de la qualité des cours d'eau notamment en 1971, 1975, 1978, 1980...

En France, l'organisation mise en place pour corriger la pollution des eaux n'était pas adaptée aux pollutions diffuses comme celle des nitrates. Aussi, en 1984 sur les recommandations du rapport "Activités agricoles et qualité des eaux" dit rapport HENIN, furent mises en place par les Ministères de l'Agriculture et de l'Environnement les deux structures suivantes :

- un Comité d'Orientation de Recherche sur les Pesticides et les Nitrates (CORPEN) ;
- une Mission Eau-Nitrates (SEBILLOTTE in LOSTHE, 1987).

Leur action se veut préventive.

Le CORPEN est une instance consultative de proposition, d'évaluation et de critique. Sa composition est variée : décideurs, scientifiques et usagers.

La Mission Eau-Nitrates est une petite cellule administrative. Elle est localisée au Ministère de l'Environnement. Son rôle multiple est d'assurer le bon fonctionnement du CORPEN, d'informer, d'encourager les actions en cours, de veiller à la mise en oeuvre des décisions, etc.

L'application par le décret n°89-3 du 3 janvier 1989 de la directive européenne impose un bond en avant pour améliorer la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine (voir plus avant).

La sécurité de l'approvisionnement est garantie par la DDASS, service départemental (DDASS-44, 1991).

En amont, les formulations de pesticides doivent obtenir l'agrément d'un Comité d'Homologation où siègent un certain nombre d'experts de l'INRA. En amont encore, se trouve la Commission d'Etude de la Toxicité des produits antiparasitaires à usage agricole. Son secrétariat est assuré par le Département de Phytopathologie de l'INRA. Cette Commission étudie les données caractéristiques de la protection de l'environnement (sols, eaux, faune sauvage, etc) et examine la comptabilité des limites maximales de résidus (LMR) issues des bonnes pratiques agricoles (BPA) avec la dose journalière acceptable (DJA) fixée par les toxicologues. Grâce à son travail, certains pesticides ont vu leur usage sévèrement limité par le décret paru le 13 juillet 1990 (J.O., 1990). Les produits à base de lindane, d'atrazine et de simazine voient fondre leurs champs d'action. Le lindane est interdit en application foliaire, pour le traitement des semences des betteraves et des crucifères oléagineuses (colza). Sur tous les sols, la dose de lindane est limitée à 1,350 kg/ha et celle d'atrazine et/ou simazine ne doit pas excéder 1,5 kg/ha.

De même, le contrôle au niveau des fournisseurs est sévère. Les quantités annuelles vendues des produits à base d'alachlore, d'aminotriazole, d'atrazine, de bentazone, de cyanazine, de simazine ou de terbutylazine doivent être déclarées au Ministère de l'Agriculture. La date limite de la déclaration est le 31 janvier de l'année suivant celle de leur vente (J.O., 1990).

En aval de l'homologation des diverses formulations d'une matière active donnée (homologation par usage depuis la loi de juillet 1985) se trouve l'utilisation qu'en font les agriculteurs. Le respect des LMR est absolu pour les exportations faute de quoi les produits seront refusés par les importateurs, détruits, et le marché perdu.

Le 3 janvier 1992, la nouvelle loi française sur l'eau est publiée (J.O., 1992). De nombreux progrès sont à attendre lors des décrets d'application. Actuellement, pour sa compréhension le texte devra encore être décrypté par les juristes.

Dans l'esprit de ses concepteurs, la loi prévoit que toute installation de prélèvement dans les ressources en eaux superficielles et souterraines devra être pourvue de moyen de mesures quantitatives à des fins de contrôle. La loi généralise le régime d'autorisation ou de déclaration préalable à toute intervention. Auparavant, de grandes tolérances existaient pour les eaux de forage. La loi doit donner aux préfets le pouvoir de chiffrer les autorisations de prélèvement en rivières non domaniales en fixant les débits et les volumes maximaux

susceptibles d'être prélevés et d'établir les débits réservés. La délimitation de zones de sauvegarde des ressources en eaux souterraines fait l'objet d'un règlement. Les prélèvements dans les nappes alluviales liées aux cours d'eau pourront être soumis au même régime d'autorisation que les eaux superficielles des rivières les alimentant (FERRARI *in* CEMAGREF, 1990).

### 2.3. LE CADRE EUROPEEN

L'Europe est surtout connue dans le domaine de l'eau par une directive très contraignante pour la qualité des eaux potables. Elle impose la connaissance de 64 paramètres (Tableau). Cette directive du 15 juillet 1980 appliquée en France le 3 janvier 1989 a été adoptée à l'unanimité par les douze membres de la Communauté Européenne.

Le problème va être celui de son application et de son contrôle notamment dans les pays du sud de l'Europe (GIODA, 1990).

## 3. L'ETAT DES LIEUX

### 3.1 TABLEAU DE BORD DES RECHERCHES SUR LES BASSINS VERSANTS

Les scientifiques français ont consacré une table-ronde, rapportée par OBERLIN (1986) dans le cadre de la SHF, au thème des modifications des structures foncières, de la couverture végétale et de leur impact.

Au niveau européen, un réseau structuré s'est mis en place (DUBREUIL, 1989). Des réunions ont lieu toutes les deux années : en France en 1986 sous l'égide du CEMAGREF (CNFSH, 1986) ; en Italie en 1988 (ANSELMO, 1989) ; aux Pays-Bas en 1990 (NTO, 1990). Un bulletin (BREVES ou encore, en anglais, ERB News) de liaison et d'informations du réseau euro-méditerranéen de BVRE est édité deux fois par an et il existe un inventaire signalétique informatisé et permanent des principaux BVRE de référence européens (ICARE, sur base de données relationnelles).

France et Italie adhèrent depuis 1991 au Programme FRIEND-AMHY qui vise à réaliser des synthèses régionales grâce à une base de données hydrologiques homogènes pour l'Europe méridionale et l'Afrique du Nord. Le CEMAGREF est le maître d'oeuvre français tandis que le Prof. SICCARDI de l'Université de Gênes fédère le pôle italien.



A côté de ces recherches qui concernent essentiellement les aspects quantitatifs (relations pluie-débit, érosion, transport solide), des études physico-chimiques sont également menées à l'échelle des petits bassins en France, notamment dans les montagnes des Vosges et du Massif Central. Elles bénéficient des financements et du label du Programme DEFORPA (DEpérissement des FORêts et Pollution Atmosphérique). Par exemple, au Mont Lozère au sud du Massif Central, les flux sont étudiés à l'exutoire de bassins pâturés (pelouse), couverts de hêtres et de conifères (LELONG et *al.*, 1990).

### 3.2. TABLEAU DE BORD DE L'IRRIGATION

#### 3.2.1. TABLEAU DE BORD DE L'IRRIGATION EN FRANCE

Aujourd'hui, l'irrigation en France peut se partager ainsi :

- 30% des surfaces sont en irrigation gravitaire, appliquée dès l'époque romaine ;
- 50-60% en aspersion, apparue dans les années 50 ;
- 10-20% en micro-irrigation à partir des années 60 (VILLELE, 1991).

Les surfaces irriguées ont été multipliées par 2 en 20 ans au niveau national. En Poitou-Charentes, elles ont été multipliées par 11, en Aquitaine par 3,4, toujours pendant le même laps de temps (FAURÉ *in* CEMAGREF, 1990).

L'exemple choisi pour illustrer la gestion de l'irrigation est celui de la plus riche Région du Midi français, Provence-Côte d'Azur (PACA) où les trois types d'irrigation coexistent.

A partir des données issues des déclarations de prélèvement faites à l'agence de bassin, on peut définir par usage les besoins en eau de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

| 1987        | USAGE (en 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) |           |                                 |           |
|-------------|--------------------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|
| Département | Urbain                                     | Industrie | Centrale EDF<br>Refroidissement | Agricole  |
| 04          | 21 361                                     | 22 393    |                                 | 115 480   |
| 05          | 14 823                                     | 1 223     |                                 | 53 206    |
| 06          | 208 552                                    | 4 816     |                                 | 12 866    |
| 13          | 213 580                                    | 169 100   | 12 411                          | 582 072   |
| 83          | 188 916                                    | 6 474     |                                 | 57 320    |
| 84          | 57 294                                     | 36 611    |                                 | 251 495   |
| REGION      | 704 526                                    | 240 617   | 12 411                          | 1 072 439 |

Dans ce tableau, ne sont pas comptabilisés les volumes d'eau turbinés par EDF sur le Rhône et la Durance.

Globalement, on peut donc constater l'importance et le poids relatif de l'eau agricole qui, à elle seule, représente plus de 50 % des besoins de la région. Cependant, si l'on observe que ces chiffres résultent des déclarations à l'Agence qui, en irrigation, sont le plus souvent forfaitaires et qui occultent les prélèvements en nappe, les volumes réels doivent être bien plus importants.

En prenant pour base les dotations réelles des canaux et associations de la moyenne et de la basse Durance, on peut estimer valablement le prélèvement agricole à près de 2 milliards de m<sup>3</sup> chaque année. Ainsi, en Provence-Alpes-Côte d'Azur, le bilan réel est le suivant :

- agriculture, 2 milliards de m<sup>3</sup> ;
- pour la consommation humaine (distribution publique), 750 000 000 m<sup>3</sup> ;
- consommation industrielle hors EDF, 250 000 000 m<sup>3</sup>.

## LES ARROSAGES EN PROVENCE

### Les arrosages traditionnels au tour d'eau

Ils sont pratiqués soit à la raie<sup>1</sup>, soit au calant<sup>2</sup>, suivant le type de culture, maraîchage ou prairie, voire riziculture, avec un système de régulation sommaire par l'amont et suivant un tour d'eau.

En pratique ceci veut dire que, à une période déterminée, un débit de consigne est admis dans le canal et qu'à partir de ce moment-là il est entré dans le système d'arrosage et ne peut que servir à l'irrigation ou être rejeté en colature<sup>3</sup> si l'agriculteur ne le prend pas (manque de temps ou période pluvieuse conduisant à un refus de tour d'eau).

Le tour d'eau, théoriquement, doit éviter de grosses pertes d'eau car il fixe la règle de prélèvement pour chacun en fonction du temps de manière à ce que le débit d'une rigole soit utilisé à tour de rôle suivant un cycle de retour - en général de 7 jours voire de la moitié s'il s'agit de cultures maraîchères à faible enracinement ou de sols relativement filtrants.

Dans la pratique, on constate que ce tour d'eau, établi de manière continue 24 heures sur 24 du fait de la régulation par l'amont, n'est pas suivi par un grand nombre d'associations. Ceci se traduit par un refus d'eau à certaines périodes, notamment la nuit et les jours de congé - dimanches et fêtes.

On voit ainsi, au niveau des canaux d'assainissement, apparaître un cycle à la fois journalier et hebdomadaire avec des hautes eaux correspondant aux refus d'irrigation et des basses eaux aux périodes de pleine irrigation.

Les ouvrages, conçus il y a plusieurs centaines d'années, ne permettent pas en l'état de faire beaucoup mieux car ils n'ont en général pas de capacité de stockage intermédiaire et se contentent de réguler (d'éviter les débordements) en lâchant les eaux excédentaires par

---

<sup>1</sup> Irrigation à la raie utilisée pour les cultures en ligne (maïs, tournesol, etc.) ; le débit est distribué dans des sillons ou raies dont l'écoulement est adapté à la culture.

<sup>2</sup> Irrigation au calant employée pour les vergers et les prairies en Crau. L'eau déversée à la partie supérieure du terrain ruisselle sur toute la surface de la planète (zone séparée par deux petites lignes).

<sup>3</sup> Colature : ce sont les excès d'eau qui ruissellent à l'aval d'une planche ou d'une raie (excès d'irrigation) et qui sont rejetés dans un petit canal d'assainissement.

des réservoirs situés tout au long des ouvrages au croisement avec le réseau hydrographique.

### **Les arrosages modernes**

Depuis 25 à 30 ans se sont développées de nouvelles méthodes d'arrosage sous pression, d'abord par aspersion puis plus récemment par micro-irrigation (goutte à goutte, micro jet, irrigation localisée).

En pratique, cette irrigation se fait à partir de réseaux fermés de canalisations dans lesquels est maintenue une pression de 3 à 10 kg permettant le fonctionnement des appareils à la parcelle, depuis les micro-jets ou les goutteurs jusqu'aux arroseurs pivots, en passant par toute la gamme des asperseurs.

Dans ce système, le prélèvement est réalisé à la demande par l'agriculteur, ce qui nécessite une régulation sur les ouvrages principaux et des réserves de capacité suffisantes pour faire face à cette demande. Le cycle d'irrigation est souvent calculé pour un usage de 18 heures sur 24.

Les colatures sont, dans ce système, réduites au minimum et le plus souvent inexistantes.

### **Irrigation traditionnelle : les conflits avec les utilisateurs «indirects»**

Pour apprécier le rendement ou plutôt l'efficience de l'eau en agriculture, les différents services ayant à en connaître - Service Régional de l'aménagement des eaux, Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt, les Compagnies d'Aménagement Régional comme le Canal de Provence - se sont livrées à des mesures relatives au mouvement des eaux.

La première notion recherchée a porté sur le bilan annuel des prélèvements rapportés à la surface irriguée ou souscrite - c'est-à-dire le prélèvement par hectare.

Sur les périmètres de la basse vallée de la Durance, le bilan global amène à constater un prélèvement sur les eaux de surface de près de 25 000 m<sup>3</sup> par hectare et par an, qui constitue une moyenne entre des secteurs très consommateurs comme la plaine d'Avignon avec 30 à 35 000 m<sup>3</sup> par hectare, et des secteurs plus économes comme le Comtat avec 15 à 17 000 m<sup>3</sup> par hectare.

Sur les périmètres modernes sous pression, les prélèvements rapportés aux surfaces équipées sont de l'ordre de 1 000 m<sup>3</sup> par hectare et par an avec des pointes de consommation pour les secteurs intensifs de maraîchage de 4 000 à 5 000 m<sup>3</sup> par hectare et par an.

En cherchant à comparer le besoin strict de l'agriculture avec les volumes prélevés on peut penser qu'en irrigation gravitaire de surface, la valeur est identique à l'arrosage sous pression. Partant de là, on a cherché à décomposer par différentes mesures les importants prélèvements de 25 000 m<sup>3</sup> par hectare et par an et l'on arrive au bilan approximatif suivant :

- 4 000 m<sup>3</sup> sont rejetés au titre de la régulation par les déversoirs principaux ;
- 3 000 à 5 000 m<sup>3</sup> sont rejetés à l'extrémité des réseaux par refus de tour d'eau, essentiellement de nuit et hors période de pointe ;
- 500 à 1 000 m<sup>3</sup> sont perdus sur les ouvrages principaux par fuites diverses et évaporation ;
- 8 000 à 10 000 m<sup>3</sup> sont injectés dans la nappe par percolation au niveau des filioles et par saturation du sous-sol profond de la parcelle irriguée et envoyés en colature ;
- 4 000 à 5 000 m<sup>3</sup> correspondent aux besoins en eau de la plante.

Ce bilan sommaire certainement discutable en valeur absolue met cependant bien en lumière la faible efficience des systèmes anciens d'irrigation (25 à 30 %), mais aussi leur rôle d'apport d'une ressource en eau à la nappe phréatique et dans les canaux d'assainissement qui est ensuite utilisée soit pour l'irrigation soit pour d'autres usages : distribution publique ou industrie.

Ainsi, le canal d'irrigation conçu pour un usage bien défini par un maître d'ouvrage (moulinier ou association d'irrigants) devient avec le temps, et en partie du fait de ses imperfections (perte d'eau), un outil d'aménagement du territoire assurant l'alimentation en eau bien au-delà des usages agricoles.

### 3.2.2. TABLEAU DE BORD DE L'IRRIGATION EN ITALIE

En Italie, la quantité d'eau utilisée à des fins agricoles c'est-à-dire essentiellement pour l'irrigation atteint des valeurs critiques. Dès 1977, elle était évaluée à 22,9 milliards de m<sup>3</sup> soit plus de 50 % de la consommation totale, valeurs à rapprocher des 5,5 milliards de m<sup>3</sup> français qui relativement ne représentent que 15 % de l'ensemble des utilisations de l'eau en 1990. L'irrigation est plus ancienne et plus développée dans l'agriculture italienne qui réussit par ce moyen à échapper aux conséquences des sécheresses dont la paysannerie est prévenue de la régularité. Hors du monde méditerranéen, l'exemple emblématique de la culture irriguée reste la riziculture de la zone de Vercelli, développée au XIX<sup>ème</sup> s. dans le Royaume du Piémont. En conséquence aussi, l'ancienneté a un prix. La tradition est l'irrigation gravitaire dont les "pertes" dans les réseaux sont nombreuses.

En Italie, compte tenu des oscillations climatiques normales, la situation des nappes phréatiques est critique. Le total des ressources hydriques utilisables en comptant les volumes stockés dans les réservoirs - environ 8,4 milliards de m<sup>3</sup> - atteint 40 milliards de m<sup>3</sup>. Au niveau national, la consommation des eaux souterraines atteint selon les estimations les plus fiables, 9 milliards de m<sup>3</sup> c'est-à-dire 70 % de leur taux de renouvellement annuel. C'est dire que, dans de nombreuses régions, le niveau piézométrique des nappes baisse dangereusement.

### 3.3. LA POLLUTION PAR LES NITRATES

Les problèmes de pollution des nappes phréatiques sont aigus car les eaux souterraines fournissent environ 70 % de l'eau potable en France. Dans certains départements, comme l'Hérault, ce pourcentage dépasse 80.

En Basse Ariège dans les zones de monoculture du maïs irrigué, les taux de nitrates dans les nappes phréatiques atteignent 80 mg/l (INRA, 1991).

### 3.4. LA POLLUTION PAR LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

En monoculture, les variétés récentes recevant de la fertilisation azotée intensive sont souvent peu résistantes aux attaques des ravageurs. Il faut aussi proposer un produit de "qualité totale" et l'aspect devient primordial pour le consommateur. L'emploi des substances phytosanitaires fait disparaître le désherbage manuel, très fastidieux, et surtout il assure à l'agriculteur, pour une bonne part, une régularité de production et donc de revenus.

En quelques décennies, depuis la découverte du DDT en 1940, la France s'est taillée une place de choix parmi les consommateurs de produits phytosanitaires.

Quelques 7 000 spécialités commerciales, contenant au total plus de 500 matières actives phytosanitaires, sont actuellement autorisées à la vente en France. Au troisième rang mondial (après les USA et le Japon) le marché phytosanitaire français occupe de très loin la première place en Europe devant l'Allemagne et l'Italie : chaque année les 31 millions d'hectares cultivés en France reçoivent quelque 100 000 tonnes de matières actives phytosanitaires (non compris le soufre et le cuivre), ce qui représente une moyenne de 3 kilogrammes par hectare ! Pourtant, les tendances actuelles, surtout avec la mise sur le marché de molécules comme les insecticides pyréthrénoïdes ou les herbicides sulfonilurées, sont à la réduction des doses d'emploi. Néanmoins, en 1990, le marché phytosanitaire français a confirmé sa progression ; en métropole le chiffre d'affaires est de 12,8 milliards de francs, en progression de 12,7% par rapport à 1989. Toujours d'après l'UIPP (Union des Industries de la Protection des Plantes) on observe au cours des années 80 une diminution de la part relative des herbicides au profit de celles des fongicides ; la part des insecticides reste relativement stable.

Il serait étonnant que cette position de *leader* soit sans conséquences. Les produits sont entraînés par ruissellement ou par lessivage et, même si l'adsorption limite ce dernier phénomène, ils se retrouveront dans les eaux de surface et les nappes phréatiques. L'atrazine et le lindane sont présents sous forme de résidus dans les eaux superficielles, notamment en Bretagne, mais aussi dans les eaux souterraines ce qui est plus grave. Des interdictions d'emploi ou des réductions sévères de leur utilisation les frappent (décret du 13 juillet 1990) en France comme en Italie.

#### 4. PERSPECTIVES

##### 4.1. PERSPECTIVES POUR LA GESTION DES BASSINS VERSANTS

Les quatre recommandations, exprimées au nom des hydrologues français par OBERLIN du CEMAGREF (1986), pour essayer d'améliorer les aspects "eau" dans la politique d'aménagement des sols agricoles restent valables. Elles sont les suivantes :

- \*- limiter la débitance des réseaux d'assainissement à ciel ouvert et des cours d'eau récepteurs;
- \*- laisser, voire créer, le maximum de structures horizontales dans les remembrements et cultiver selon les courbes de niveau ou selon des lignes transversales à faible pente. Ces lignes seront orientées vers l'amont ou l'aval, selon que l'on veut retarder (amont du bassin) ou accélérer (aval du bassin) l'arrivée des eaux dans le talweg principal ;
- \*- drainer sous grandes cultures annuelles ;

\*- et installer une végétation permanente partout où c'est possible. Toutefois, éviter le couvert forestier quand la nappe phréatique est proche et que des pénuries d'eau sont à craindre.

Ce ne sont que des recommandations générales susceptibles de modifications selon les cas envisagés.

Installer une végétation permanente est compatible avec l'idée d'étendre les friches par une politique volontariste de la Communauté Européenne. Une autre chance serait de pouvoir faire coïncider les bassins hydrologiques en surface et les bassins hydrogéologiques en profondeur. Ainsi, les périmètres protégés autour des captages pourraient être étendus selon COLLIN de la Mission Eau du BRGM. Ils seraient ainsi les garants d'une bonne qualité des eaux (GIODA, 1990).

Ce sont deux des rares retombées positives de cette politique communautaire qui va, d'une façon générale, à l'encontre de l'entretien du paysage rural, rendu impossible par la disparition de la paysannerie. La France est particulièrement visée par le projet d'extension des friches car elle est le premier producteur agricole de la CEE. L'abandon de la France rurale est néfaste car elle va de pair avec l'abandon des sols, filtres actifs de la pollution des eaux.

Nul ne connaît avec clarté les conséquences de la déprise agricole sur les relations pluie-débit sur les petits bassins ruraux. Néanmoins, les études scientifiques sur les conséquences de la disparition du vignoble du Languedoc démarrent alors que, depuis de nombreuses années, les primes à l'arrachage sont distribuées. Elles ont lieu dans le cadre du projet "Allegro" qui couvre 125 km<sup>2</sup> dans la basse vallée de l'Hérault près d'Agde.

Enfin, le "gel des terres", un autre nom donné à la multiplication des friches ou à la déprise agricole, est très discutable si l'expérience des Etats-Unis depuis un demi-siècle est rappelée. Les terres les moins bonnes sont retirées du cycle productif tandis que l'agriculture devient plus intensive sur la part restant cultivée comme le souligne la Station d'Economie et de Sociologie Rurales de l'INRA à Rennes en Bretagne. En toute exactitude, les Etats-Unis sont passés d'un système extensif à un système intensif et, en Europe, nous passerions d'un système intensif à un système ultra-intensif.

#### 4.2. PERSPECTIVES POUR L'IRRIGATION

Rappelons en préambule que l'irrigation se développera pour deux raisons, tantôt complémentaires, tantôt antagonistes, mais qui devront toujours servir de cadre de référence : la rentabilité et la sécurité des récoltes (BOUSSARD *in* CEMAGREF, 1990).

En Italie, on peut estimer que les grands travaux d'hydraulique auront du mal à se développer dans les années prochaines. La ressource devient rare et/ou difficile à exploiter et



la croissance des besoins industriels et domestiques va entraîner de gros conflits d'usage. A l'horizon de l'an 2000, les quantités consommées par l'agriculture ne devraient qu'augmenter d'environ 14 % par rapport à 1977, atteignant 26,2 milliards de m<sup>3</sup>/an c'est-à-dire une croissance annuelle de l'ordre de 0,5 %. Les projections donnent pour l'eau industrielle jusqu'en 2015 une croissance annuelle de l'ordre de 2,7 %. Même si ce secteur réutilise souvent ses eaux usées ou des eaux de moindre qualité, il y aura là une source de conflits. La croissance de la consommation d'eau à des fins énergétiques et domestiques sera moindre mais toujours plus rapide que dans le monde agricole. Il y a plusieurs causes à cette faible croissance :

- \*le progrès technologique qui permet d'ajuster les besoins en eau des plantes ;

- \*des causes spécifiquement italiennes :

dans le nord, les

zones ayant besoin d'être irriguées le sont depuis longtemps ;

dans le sud, le

*Mezzogiorno*, où l'irrigation permettrait un fort accroissement des cultures de primeurs, la construction de nouveaux réservoirs se heurte à plusieurs obstacles. Les sites les meilleurs sont déjà équipés. Ceux qui restent sont très coûteux car éloignés de la région demandeuse. Enfin, les mouvements écologiques (WWF, Greenpeace, etc), beaucoup plus puissants qu'en France, contestent leur utilité presque systématiquement.

Les perspectives pour une meilleure économie de l'eau d'irrigation sont décrites par JONES (1990). Elles sont valables pour l'ensemble des pays développés.

Le développement de la micro-irrigation est patent avec la multiplication par environ 30 des surfaces irriguées entre 1974 et 1988 dans le Monde. L'économie d'eau est encore accrue avec des bioprogrammateurs d'irrigation : la consommation des pêcheurs a été réduite de 50 % grâce au système PEPISTA, mis au point à l'INRA d'Avignon dès 1984. Son coût élevé, de 55 000 F, reste la limite à la commercialisation. La micro-irrigation véhicule aux plantes sous une forme dissoute des engrais et des pesticides comme les nématicides dont les apports peuvent être facilement contrôlés.

#### 4.3. PERSPECTIVES POUR REDUIRE LES NITRATES DANS L'EAU

La lutte contre la pollution des eaux par les nitrates est engagée mais les effets de pratiques respectueuses de l'environnement seront longs à se faire sentir. Cela fait une quinzaine d'années que les nitrates ont été identifiés comme un problème et les éléments recueillis par

notre enquête nous font penser que l'on doit attendre également une quinzaine d'années avant de voir des progrès sur ce front.

Les études sont notamment menées sur le BRVE de Nazain en Bretagne où collaborent différents instituts (BRGM, CEMAGREF, INRA,...) et qui est dédié à l'analyse des pollutions d'origine animale et à celles liées aux cultures associées (maïs, fourrages...).

Deux axes d'intervention sont à privilégier :

- régler le problème des excédents de lisier ;
- appliquer des solutions agronomiques

#### 4.3.1. LA MAÎTRISE DES LISIERS

Il serait illusoire de chercher des solutions agronomiques dans les zones où la densité des élevages hors-sol est importante. Par contre ailleurs, il faudra autant que possible, selon SIMON et JAMET (1991) adopter, les solutions collectives suivantes:

- a) maîtriser l'alimentation animale pour contrôler les déjections, étude conduite notamment à la Station de Recherches Porcines de l'INRA à Saint-Gilles en Bretagne où le travail porte sur l'équilibre des protéines, la disponibilité des acides aminés, etc ;
- b) éliminer la fraction azotée des lisiers excédentaires ;
- c) transférer les lisiers dans des zones non excédentaires ;
- d) remplacer les fertilisants minéraux de synthèse par les lisiers et le fumier, produits azotés d'origine animale.

#### 4.3.2. LES SOLUTIONS AGRONOMIQUES

Il s'agit de règles de conduite simples et applicables individuellement par les agriculteurs (SIMON et JAMET, 1991).

- a) Stocker mieux et plus longtemps le lisier pour le valoriser.
- b) Pratiquer une fertilisation raisonnée en n'oubliant pas la fourniture d'azote par le sol. C'est la "méthode du bilan d'azote minéral" mise au point par REMY et AUBERT à la Station d'Agronomie INRA de Laon, au nord de Paris en Picardie. La leçon à retenir est la suivante pour l'agriculture. La fertilisation azotée d'une culture est fixée pour atteindre un objectif de production donné. Il apparaît que la quantité d'azote lessivé est d'autant plus

importante que la production s'écarte de l'objectif initial (SEBILLOTTE et MEYNARD *in* NITRATES-AGRICULTURE-EAU, 1991) (Fig.).

c) Ne pas épandre les fertilisants sur sol nu.

A Quimper en Bretagne, un essai a été effectué en 1985. Un épandage de 180 kg/ha d'azote sous forme de sulfate d'ammoniaque en octobre sur sol nu après maïs, conduit avec une dose d'azote de 120 kg/ha, a été suivi d'une perte d'azote de 250 kg/ha d'azote par lessivage (SIMON et LE CORRE, 1988).

d) Ne pas considérer le lisier comme un engrais sans valeur, épandu souvent sur sol nu en automne et hiver, pratique nocive (cf. point précédent).

e) Limiter les pertes hivernales d'azote des sols par lessivage par la pratique des cultures dérobées et des engrais verts. L'azote exporté par la plante lors des cultures dérobées sort définitivement, après leur récolte, du bilan de la parcelle. Les engrais verts après récolte sont enfouis *in situ* et l'azote prélevé par la plante verra son utilisation reportée sur les cultures suivantes.

f) Eviter les apports d'azote sur cultures dérobées.

Un apport de 60 kg d'azote au semi d'un ray-grass d'Italie dérobé annule l'effet bénéfique de cette culture. Les pertes par lessivage passent de 40 à 100 kg/ha/an, soit une augmentation de 60 kg c'est-à-dire équivalente à la quantité apportée en automne (SIMON et LE CORRE, 1988).

g) Reconsidérer certains systèmes de cultures actuels (place des cultures, variétés, date et mode des semis...)

h) Limiter les doses apportées sur prairies surtout sur les pâtures.

i) Faire évoluer les prairies vers des modes d'exploitation mixtes avec alternance de fauches et de pâtures.

#### 4.4. PERSPECTIVES POUR REDUIRE LES PESTICIDES DANS L'EAU

La limitation de la dispersion des produits phytosanitaires et de leurs conséquences sur l'environnement passe par la conservation des propriétés des sols c'est-à-dire par leur protection (INRA, 1991). Par le travail agricole presque continu, les aptitudes au

ruissellement de l'eau qui entraîne les produits phytosanitaires seront réduites. L'idéal serait une moindre charge de pesticides à l'hectare et la conservation de vastes portions de la France en culture. Le danger est une PAC poussant les exploitants à concentrer leur effort productif et donc la consommation de produits phytosanitaires sur de petits périmètres.

Les perspectives les meilleures sont celles du progrès de l'information et de la formation. L'accès à la connaissance passe également par la mise à jour continue de la base de données toxicologiques sur les pesticides, AGRITOX de l'INRA, accessible par minitel. L'ensemble pour fonctionner doit conserver d'excellentes relations entre scientifiques (Secrétariat Scientifique de la Commission d'Etude de la Toxicité des produits antiparasitaires à usage agricole) et industriels (UIPP, Union des Industries pour la Protection des Plantes). Le public doit continuer à être informé tout en ne nuisant pas aux droits de propriété industrielle.

Une autre voie douce du traitement des plantes est la dilution chimique de nématicides dans l'eau de micro-irrigation qui permet un dosage soigneux du produit phytosanitaire (JONES, 1990).

## CONCLUSIONS

Les conséquences de l'agriculture sur l'approvisionnement en eau sont aujourd'hui mieux connues pour la qualité. Les européens sont-ils prêts à payer 10 à 30 % plus cher leur alimentation? Les économistes de l'INRA pensent que la taxation des engrais minéraux peut avoir un effet incitatif non négligeable non pas en interdisant la fertilisation mais en la contenant ; les quantités épandues sont aujourd'hui trop fortes pour les besoins des cultures et donc souvent épandues à pure perte. Les engrais d'origine animale retrouveraient aussi leur utilité car leur coût moindre les rendraient très attractifs, évitant ainsi des pratiques extrêmement nocives comme l'épandage de lisiers sur sol nu. L'application du précepte simple "pollueur-payeur" apparaît impossible à appliquer au monde agricole qui, d'un autre côté, est un aménageur du paysage sans égal parmi les acteurs du développement.

Pour le volet quantitatif, les études sur bassins versants coûteuses et longues restent insuffisantes en nombre et un gros effort de sensibilisation reste à faire auprès des décideurs pour les convaincre à investir dans le long terme (notions d'observatoires du milieu naturel, de laboratoires de terrain, de sites d'expérimentation, éditions de guide de pratique de terrain...). Aujourd'hui dans bien des cas, ce sont des programmes européens sur l'environnement, ainsi le programme DEFORPA sur les conséquences des pluies acides, qui permettent la collecte des données sur le terrain. Sans ces dernières, toute approche naturaliste pour comprendre les mécanismes de transfert des polluants et l'impact de

l'agriculture grâce aux modèles serait vaine. Ces allers et retours entre le terrain, avec les essais *in vivo*, et le laboratoire, pour le traitement et les essais *in vitro* sont indispensables. Nous rappellerons aussi le caractère artificiel du découpage séparant les volets qualité et quantité illustré par l'exemple de la nappe alluviale de la Basse Durance où la rapidité des transfert d'eau de la surface à la nappe phréatique est très forte. Sur le bassin de Cabannes-St Andiol étudié par SOULIÉ et TOURNOUD, aux cours des périodes d'arrêt du réseau d'irrigation gravitaire, les teneurs en nitrates baissent rapidement pour monter également très vite lors des remises en service.

Une ouverture peut être un modèle basé sur l'inondabilité qui reprend totalement la vision de la gestion des eaux d'un bassin. Le but est de rendre un meilleur service aux collectivités riveraines selon OBERLIN et LAMBERT. Ces dernières ne se préoccupent pas de la crue millénaire mais veulent gérer leur territoire en connaissant les risques encourus par un aménagement dans le lit majeur. C'est donc une cartographie débouchant sur un aménagement en festons qu'il faut lui fournir après avoir intégré l'hydrologie et l'hydraulique dans des modèles.

Enfin, le concept du bassin versant n'apparaît pas aujourd'hui comme étant toujours le plus apte à résoudre la police des eaux. Ainsi, l'acidification des pluies et des lacs est un phénomène qui dépasse l'échelle traditionnelle de l'analyse hydrologique.

## REMERCIEMENTS

Le Prof. Evaldo F. VILELA (Univ. de Viçosa, MG, Brésil) a bien voulu prévoir un financement pour la valorisation de cette communication.

M. E. CADIER (hydrologue ORSTOM, Recife, Brésil) a traduit le texte en portugais.

M. G. OBERLIN (ORSTOM/CEMAGREF, Lyon) a accepté de contrôler le texte pour les développements sur les bassins versants.

Un réseau d'acteurs dans la recherche agronomique et hydrologique a rendu possible ce travail collectif en facilitant le rapprochement des différents auteurs. Ce sont Messieurs le Prof. V. ANSELMO (Univ. de Turin et de Viterbe), P. de BOISSEZON (ORSTOM-Montpellier), G. GROSCLAUDE (INRA-Nantes), G.F. FRISONI (IARE-Montferrier/Montpellier), le Prof. J. SEBILLOTTE (Chef de la Mission Eau-Nitrates au Ministère français de l'Environnement-Neuilly).

## BIBLIOGRAPHIE

- AII, AIGR, ANBI, ITAL-ICID, CSEI Catania (1991) - *Atti del Convegno : I piani di bacino per la difesa del suolo, la gestione delle acque e la tutela dell'ambiente. Taormina (Sicilia), 23-24 novembre 1990*, Tipografia Coniglione, Catania.
- ANSELMO, V. (1989) - Italian activities in experimental and representative basins in *2nd General Meeting of the European Network of Representative and Experimental Basins. October 3-6, 1988, Perugia*, Quaderni di Idronomia Montana, n° 9 : 21-33.
- ARLOT, M.P. (1990) - Exportation d'azote par les eaux de drainage souterrain. *Proc. 14th ICID Congress, 1990, Rio de Janeiro*, ICID, Q. 42, R. 24 : 345-365.
- ARLOT, M.P. (1990) - *Etude des facteurs influençant les exportations azotées en parcelles drainées*. CEMAGREF, div. Drainage, Antony, 12 p.
- ARLOT, M.P., ZIMMER, D. (1990) - Drainage agricole et lessivage des nitrates. *Prep. Actes du Colloque "Nitrates, Agriculture, Eaux", Paris, novembre 1990*, 6 p.
- BARROIN, G. (1990) - La pollution des eaux par les phosphates. *La Recherche*, vol. 21, n°221 : 620-627.
- BARROIN, G. (1991) - La réhabilitation des plans d'eau. *La Recherche*, vol. 22, n°238 : 1412-1422.
- BOUVEAU, R. (1990) - Azote et pollution : retarder la nitrification. *Le Nouvel Agriculteur*, 20 avril 1990 : 34-35.
- CARMANTRAND, B. de (1990) - La nappe alluviale de la Basse Durance. Impact de l'irrigation sur la quantité et la qualité des eaux. *Proc. 14th ICID Congress, 1990, Rio de Janeiro*, ICID, Q. 42, R. 28 : 411-429.
- CARMANTRAND, B. de (1991) - Gérer et économiser l'eau en agriculture. : l'enseignement de la sécheresse 1989-1990 in *Chercheurs d'eau en Méditerranée*. Ch. ASPE (éd.), Ed. du Félin, Paris : 151-163.
- CARRÉ, P. (éd.) (1992) - Hydrologie agricole. *Actes des Sixièmes Journées Hydrologiques de l'ORSTOM à Montpellier, septembre 1990*, ORSTOM, Paris, sous presse.
- CEMAGREF (1990) - *Actes du Colloque : Eaux et agriculture. Les leçons d'une sécheresse. 8 mars 1990, Paris*, CEMAGREF-DICOVA, Antony, 247 p.
- CNFSH (1986) - *Projet de réseau européen de bassins représentatifs et expérimentaux. 8-10 octobre 1986*, CEMAGREF, Aix-en-Provence, CNFSH, Paris, 40 p.
- CONFERENZA NAZIONALE DELLE ACQUE (1972) - *I problemi delle acque in Italia. Relazioni e documenti*. Tipografia del Senato, Roma.
- COCKBORNE, A.M., JAUZEIN, M., STENGEL, P., GUENNELON, R. (1988) - Variation du coefficient de diffusion de  $\text{NO}_3^-$  dans les sols : influence de la teneur en eau et de la porosité. *Agronomie*, vol. 8, n°10 : 905-914.
- DDASS 44 - Loire-Atlantique (1991) - *La qualité de l'eau*. ADEMART, Nantes, 43 p.
- DEJOUX, C. (1988) - *La pollution des eaux continentales africaines. Expérience acquise. Situation actuelle*. ORSTOM, Paris, 514 p.

- DORIZE, L. (1990) - Economie et climat en France de 1976 à 1989. *Sécheresse*, vol. 1, n°1 : 17-29.
- DUBREUIL, P. (1989) - Pour un suivi à long terme de l'évolution des ressources en eau grâce à un réseau européen de bassins de référence. *Hydrogéologie*, n°2 : 111-114.
- FRITSCH, P., SAINT BLANQUAT, G. de (1985) - La pollution par les nitrates. *La Recherche*, vol. 16, n°169 : 1106-1115.
- FUSTEC, E., SCHENCK, Ch., CLOOTS-HIRSCH, A.-N., SOULIÉ, M., BOUTON, D., et coll. (1991) - *Les nitrates dans les vallées fluviales*. Ministère de l'Environnement, PIREN-Environnement/CNRS, Paris, 51 p.
- GERMANI, M. (1990) - La preservazione delle risorse idriche in agricoltura. *Journée Franco-Italienne sur Recherche et Développement dans les Industries de l'Eau, 25 octobre 1990, CSI La Villette-Paris, AFIRIT, Paris-Rome*, 5 p.
- GIODA, A. (1990) - Atelier Eaux et Agriculture. Compte rendu détaillé. *Journée Franco-Italienne sur Recherche et Développement dans les Industries de l'Eau, 25 octobre 1990, CSI La Villette-Paris, AFIRIT, Paris-Rome*, 9 p.
- GIRARD, G. (1989) - Modélisation conjointe du cycle de l'eau et du transfert des nitrates sur un système hydrologique. *Actes des Quatrièmes Journées Hydrologiques de l'ORSTOM à Montpellier, 14-15 septembre 1988*, ORSTOM, Paris : 211-260.
- HUBERT, P., ADAMSKI, M., MEYBECK, M. (1989) - Simulation de stratégies d'échantillonnage. Application à la Loire et à la Noé Sèche. *Actes des Quatrièmes Journées Hydrologiques de l'ORSTOM à Montpellier, 14-15 septembre 1988*, ORSTOM, Paris : 177-195.
- INRA (1991) - *Quelques thèmes de recherche sur la protection de l'environnement*. Direction de l'Information et de la Communication, INRA, Paris, 34 p.
- JAMET, P., SIMON J.-C. (1991) - *Les polluants agricoles de l'eau. Produits phytosanitaires*. ADEMART, Nantes, ISBN 2.909256.09.X, 18 p.
- J.O. (1992) - Loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau. *Journal Officiel de la République Française*, 4 janvier 1992 : 187-195.
- J.O. (1990) - Ministère de l'Agriculture et de la Forêt. *Journal Officiel de la République Française*, 13 juillet 1990 : 8308.
- JONES, H. G. (1990) - L'irrigation du futur. *La Recherche*, vol. 21, n°221 : 644-653.
- JOSEPH, C., RODIER, C., BLATEYRON, F., CLERC, J.M., GIODA, A., TORTOSA, C., DE PESCARA (1990) - Systèmes de télémessure en contrôle et gestion de l'environnement. *Cahier de Verseau*, n°1, Montpellier/Montferrier, 61 p.
- JOSEPH, C., DALOU, F., SOULIÉ, M. (1989) - Estimation de l'influence des pratiques culturales sur la pollution azotée des nappes. Exemple : captage de Saint-Gilles (France). *Actes du Sisippa 89, Simpósio Internacional sobre Soluções Integradas para Problemas de Poluição da Água, Junho 19-23, 1989, Lisboa*, LNEC, Lisbonne, vol. III : 311-320.

- LELONG, F., DURAND, P., DIDON-LESCOT, J.F., DUPRAZ, C. (1990) - Effects of vegetation type on the biogeochemistry of small catchments (Mont Lozère, France). *Journal of Hydrology, Special issue : Transfer of elements through the hydrological cycle*, vol. 116, n°1-4 : 125-145.
- LHOSTE, M. (éd.) (1987) - *Actes du Congrès : La pollution des eaux par les pesticides et les nitrates*. INA-Paris, 18-19 mars 1987, Annales ANPP, Paris, n° 05, 313 p.
- MEDICI, G. (1985) - *L'irrigazione in Italia*. Edagricole, Bologna.
- MEYBECK, M. (1990) - La pollution des rivières. *La Recherche*, vol. 21, n°221 : 608-617.
- MINISTERO DELL'AGRICOLTURA E DELLE FORESTE (1990) - *I problemi delle acque in Italia. Aggiornamento al 1989 dei risultati della Conferenza Nazionale delle Acque*. Edagricola, Bologna.
- MRT (1990) - *Recherche et qualité de l'eau*. Dossier de presse, 8 mars 1990, MRT, Paris, 19 p.
- NITRATES-AGRICULTURE-EAU (1991) - *Actes du colloque, INA PG, Paris-La Défense, novembre 1990*, INRA, Versailles.
- OBERLIN, G. (1981) - Influence du drainage et de l'assainissement rural sur l'hydrologie. *Bulletin d'information du CEMAGREF*, n° 285, octobre.
- OBERLIN, G. (éd.) (1986) - Modification de la structure foncière et de la couverture des bassins versants in *L'impact des activités humaines sur les eaux continentales. Actes des XIXèmes Journées de l'Hydraulique, 9-11 septembre 1986, Paris, SHF, Paris, Question I et Compte rendu de séance*.
- OBERLIN, G., LAMBERT, P. (1991) - Inondabilité, occupations des sols et besoins de protection. *Courants*, Paris, n°8 : 45-52.
- ROBINSON, M. (1991) - *Review on ERB researches and results concerning the agricultural drainage influence on hydrological regimes*. Institute of Hydrology, Wallingford, Internal report.
- SIMON, J.-C., JAMET, P. (1991) - *Les polluants agricoles de l'eau. Les fertilisants*. ADEMART, Nantes, ISBN 2.909256.06.5, 54 p.
- SIMON, J.-C., LE CORRE, L. (1988) - Lessivage d'azote en monoculture de maïs en sol granitique du Finistère. *Fourrages*, n°114 : 193-207.
- SIMON, J.-C., LE CORRE, L. (1992) - Le bilan apparent de l'azote à l'échelle de l'exploitation agricole : méthodologie, exemples de résultats. *Fourrages*, sous presse.
- TNO (1990) - *Proc. International Conference on Hydrological Research Basins and the Environment. Wageningen, 24-28 September, 1990*, CHO-TNO, the Hague, n°44, 347 p.
- VAN DER BEKEN, A. (1991) - Interuniversity cooperation and university-enterprise partnership in the framework of the programmes of the European Community (EC), *La Houille Blanche*, n°3/4 : 249-252.
- VILLELE, O. de (1991) - *L'irrigation*. ADEMART, Nantes, ISBN 2.909256.01.4, 16 p.
- WHITE, R.E. (1989) - Prediction of nitrate leaching from a structured clay soil using transfer functions derived from externally applied or indigenous solute fluxes. *Journal of Hydrology*, 107 : 31-42.



## GLOSSAIRE DES SIGLES

|          |                                                                                          |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| ADEMART  | Association pour le DEveloppement et la<br>MAîtrise de la Recherche et de la Technologie |
| AFIRIT   | Association Franco-Italienne pour la<br>Recherche Industrielle et Technologique          |
| BRGM     | Bureau de Recherches Géologiques et Minières                                             |
| BVRE     | Bassins Versants Représentatifs et<br>Expérimentaux                                      |
| CEMAGREF | CEntre national du Machinisme Agricole, du<br>Génie Rural, des Eaux et des Forêts        |
| CNRS     | Centre National de la Recherche Scientifique                                             |
| DDASS    | Direction Départementale des Affaires<br>Sanitaires et Sociales                          |
| IFARE    | Institut Franco-Allemand de Recherche sur<br>l'Environnement                             |
| IFREMER  | Institut Français de Recherche pour<br>l'Exploitation de la MER                          |
| INRA     | Institut National de la Recherche<br>Agronomique                                         |

ORSTOM

Institut Français de Recherche Scientifique  
pour le Développement en Coopération

MRT

Ministère de la Recherche et de la Technologie

PIREN

Programme Interdisciplinaire de Recherche  
sur l'ENVironnement (CNRS)

SHF

Société Hydrotechnique de France

UIPP

Union des Industries de la Protection des  
Plantes

LES EAUX DESTINEES A LA CONSOMMATION HUMAINE  
DOIVENT SATISFAIRE AUX EXIGENCES DE QUALITE  
SUIVANTES

(Décret du 3 janvier 1989)

| Paramètres                                                                                                                                               | Expression des résultats                                  | Limites de qualité                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>A - PARAMÈTRES ORGANOLEPTIQUES</b>                                                                                                                    |                                                           |                                   |
| Couleur                                                                                                                                                  | mg/l, échelle Pt/CO                                       | 15                                |
| Turbidité                                                                                                                                                | Unités Jol                                                | 2                                 |
| Odeur                                                                                                                                                    | Taux de dilution : 2<br>Taux de dilution : 3              | 0 (à 12° C)<br>0 (à 25° C)        |
| Saveur                                                                                                                                                   | Taux de dilution : 2<br>Taux de dilution : 3              | 0 (à 12° C)<br>0 (à 25° C)        |
| <b>B - PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES EN RELATION AVEC LA STRUCTURE NATURELLE DES EAUX</b>                                                                 |                                                           |                                   |
| Température*                                                                                                                                             | °C                                                        | 25                                |
| pH** (potentiel d'hydrogène)                                                                                                                             | Unités pH                                                 | 6,5 ≤ pH ≤ 9                      |
| Chlorures                                                                                                                                                | mg/l Cl                                                   | 200                               |
| Sulfates                                                                                                                                                 | mg/l SO <sub>4</sub>                                      | 250                               |
| Magnésium                                                                                                                                                | mg/l Mg                                                   | 50                                |
| Sodium                                                                                                                                                   | mg/l Na                                                   | 150                               |
| Potassium                                                                                                                                                | mg/l K                                                    | 12                                |
| Aluminium total                                                                                                                                          | mg/l Al                                                   | 0,2                               |
| Résidu sec*                                                                                                                                              | mg/l après dessiccation à 180° C                          | 1500                              |
| * Sauf en cas de traitement thermique pour la production d'eau chaude.<br>** Les valeurs du pH ne s'appliquent pas aux eaux conditionnées non minérales. |                                                           |                                   |
| <b>C - PARAMÈTRES CONCERNANT DES SUBSTANCES INDÉSIRABLES</b>                                                                                             |                                                           |                                   |
| Nitrites                                                                                                                                                 | mg/l NO <sub>2</sub>                                      | 50                                |
| Nitrates                                                                                                                                                 | mg/l NO <sub>3</sub>                                      | 0,1                               |
| Ammonium                                                                                                                                                 | mg/l NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                         | 0,5                               |
| Azote Kjeldahl                                                                                                                                           | mg/l N, N de NO <sub>2</sub> et de NO <sub>3</sub> exclus | 1                                 |
| Oxydabilité (ou KMnO <sub>4</sub> en milieu acide)                                                                                                       | mg/l O <sub>2</sub>                                       | 5                                 |
| Hydrogène sulfure                                                                                                                                        | mg/l                                                      | non détectable organoleptiquement |
| Hydrocarbures dissous ou émulsionnés (après extraction au CCl <sub>4</sub> )                                                                             | mg/l                                                      | 0,01                              |
| Phénols* (indice Phénols)                                                                                                                                | µg/l C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH                     | 0,5                               |
| Agent de surface (réagissant au bleu de méthylène)                                                                                                       | mg/l (lauryl-sulfate)                                     | 0,2                               |
| Fer                                                                                                                                                      | mg/l Fe                                                   | 0,2                               |
| Manganèse                                                                                                                                                | mg/l Mn                                                   | 0,05                              |
| Cuivre                                                                                                                                                   | mg/l Cu                                                   | 1                                 |
| Zinc                                                                                                                                                     | mg/l Zn                                                   | 5                                 |
| Phosphore                                                                                                                                                | mg/l P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                        | 5                                 |
| Fluor                                                                                                                                                    | mg/l F                                                    | 0,7 à 1,5                         |
| Argent                                                                                                                                                   | mg/l Ag                                                   | 0,01                              |
| * A l'exclusion des phénols naturels qui ne réagissent pas au chlore.                                                                                    |                                                           |                                   |

| Paramètres                                                                                                                                       | Expression des résultats | Limites de qualité         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <b>D - ÉLÉMENTS TRACÉ DES MÉTAUX LIQUIDES</b>                                                                                                    |                          |                            |
| Arsenic                                                                                                                                          | µg/l As                  | 50                         |
| Cadmium                                                                                                                                          | µg/l Cd                  | 50                         |
| Cyanures                                                                                                                                         | µg/l CN                  | 50                         |
| Chrome total                                                                                                                                     | µg/l Cr                  | 50                         |
| Mercure                                                                                                                                          | µg/l Hg                  | 1                          |
| Nickel                                                                                                                                           | µg/l Ni                  | 50                         |
| Plomb                                                                                                                                            | µg/l Pb                  | 50                         |
| Antimoine                                                                                                                                        | µg/l Sb                  | 10                         |
| Sélénium                                                                                                                                         | µg/l Se                  | 10                         |
| Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques (H.P.A.)                                                                                                 | } µg/l                   | 0,2 (total des 6 éléments) |
| Fluoranthène                                                                                                                                     |                          |                            |
| Benzo (3,4) fluoranthène                                                                                                                         |                          |                            |
| Benzo (1,1,2) fluoranthène                                                                                                                       |                          |                            |
| Benzo (3,4) pyrène                                                                                                                               |                          |                            |
| Benzo (1,2,3) perylène                                                                                                                           |                          |                            |
| Indeno (1,2,3-cd) pyrène                                                                                                                         | } µg/l                   | 0,01                       |
| Benzo (3,4) pyrène                                                                                                                               |                          |                            |
|                                                                                                                                                  |                          |                            |
| <b>E - PARAMÈTRES MICROBIOLOGIQUES</b>                                                                                                           |                          |                            |
| Coliformes totaux                                                                                                                                | 100 ml                   | 0                          |
| Coliformes thermotolérants                                                                                                                       | 100 ml                   | 0                          |
| Streptocoques fécaux                                                                                                                             | 100 ml                   | 0                          |
| Bactéries sulfite-réductrices                                                                                                                    | 20 ml                    | 1                          |
| Salmonelles                                                                                                                                      | 5 litres                 | 0                          |
| Staphylocoques pathogènes                                                                                                                        | 100 ml                   | 0                          |
| Bactériophages fécaux                                                                                                                            | 50 ml                    | 0                          |
| Entérovirus                                                                                                                                      | 10 litres                | 0                          |
| 95 % au moins des échantillons prélevés ne doivent pas contenir de coliformes totaux dans 100 ml d'eau.                                          |                          |                            |
| <b>F - PESTICIDES ET PRODUITS APPARENTÉS</b>                                                                                                     |                          |                            |
| Insecticides, herbicides, fongicides, PCB, PCT                                                                                                   | } µg/l                   | 0,1                        |
| • par substance individualisée sauf pour :                                                                                                       |                          |                            |
| — Aldrine                                                                                                                                        |                          |                            |
| — Dieldrine                                                                                                                                      |                          |                            |
| — Hexachlorobenzène                                                                                                                              |                          |                            |
| • pour le total des substances mesurées                                                                                                          |                          |                            |
|                                                                                                                                                  |                          |                            |
| <b>G - PARAMÈTRES CONCERNANT LES EAUX ADOUCIES OU DÉMINÉRALISÉES LIVRÉES A LA CONSOMMATION HUMAINE</b>                                           |                          |                            |
| Les eaux adoucies ou déminéralisées livrées à la consommation humaine doivent satisfaire, en outre, aux exigences suivantes :                    |                          |                            |
| 1. La dureté totale ne doit pas être inférieure à 15 degrés français.                                                                            |                          |                            |
| 2. L'alcalinité ne doit pas être inférieure à 2,5 degrés français.                                                                               |                          |                            |
| Ces dispositions ne sont pas applicables aux eaux adoucies ou déminéralisées ayant subi un traitement thermique pour la production d'eau chaude. |                          |                            |

Brazilian/European Community International Symposium on Agriculture and the Environment.  
(Belo Horizonte. May 3-6, 1992).

Theme: Improving Methods of Environmental Impact Assessment

## EFEITOS DA AGRICULTURA SOBRE O ABASTECIMENTO D'ÁGUA

*Alain GIODA*<sup>1</sup>

*Carlo MERLO*<sup>2</sup>

*Bruno de CARMANTRAND*<sup>3</sup>

*Jean-Claude SIMON*<sup>4</sup>

*Paul JAMET*<sup>5</sup>

### RESUMO

As conseqüências da agricultura intensiva (incluindo a pecuária) sobre as fontes d'água e sua qualidade são tratadas nas regiões mediterrâneas e temperadas através dos exemplos franceses e italianos. O papel da atividade agrícola sobre o ciclo hidrológico é lembrado, assim como as principais leis sobre a água, antes de mostrar o balanço da situação atual. As perspectivas e os trabalhos de pesquisa contemporâneos concluem esta comunicação.

**Palavras-chaves:** *ciclo hidrológico, irrigação, nitratos, pesticidas, França, Itália, Europa.*

---

<sup>1</sup> Hydrologie, ORSTOM, BP 5045, F-34032 Montpellier cedex 01

<sup>2</sup> Istituto di Idraulica Agraria, Università degli Studi di Torino, Corso Raffaello 8, I-10126 Torino.

<sup>3</sup> Agence de l'Eau "Rhône-Méditerranée-Corse", 27 bd Nédélec, F-13003 Marseille.

<sup>4</sup> Station d'Agronomie, INRA, rue Stang Vihan, F-29000 Quimper.

<sup>5</sup> Station de Phytopharmacie, INRA, route de Saint Cyr, F-78026 Versailles cedex

## INTRODUÇÃO

Nas regiões secas da Europa meridional, a agricultura intensiva tem geralmente recorrido à irrigação o que provoca uma diminuição dos recursos d'água disponíveis. A seca de 1989 e 1990 pôs em evidência os limites desses recursos, avidamente disputados pelo mundo industrial e pela esfera doméstica.

A agricultura intervém de maneira quantitativa modificando o ciclo hidrológico pelas alterações que ela provoca sobre a terra (desaparecimento das pequenas e médias propriedades), sobre a paisagem (trabalhos conexos ao remembramento, retificação das estradas e calibragem dos cursos d'água, desaparecimento das sebes e taludes, aumento das parcelas...), a ocupação dos solos, as coberturas vegetais nativas (aparecimento de novas culturas) e sobre o manejo das culturas (fertilização, práticas culturais, irrigação...). Esses diferentes fatores regem as relações precipitações-descargas e influem sobre a alimentação dos aquíferos.

A agricultura influencia também de maneira qualitativa em função da fertilização (mineral ou orgânica) e dos tratamentos fitossanitários (herbicidas, fungicidas, inseticidas...). Assim, os excessos de fertilização azotada, em particular nas regiões de pecuária intensiva (concentração geográfica dos estábulos conduzem a problemas de excedentes estruturais de dejeções animais), se traduzem por uma lixiviação acentuada de nitrato em direção aos aquíferos.

A agricultura aparece também como um importante agente poluidor, da mesma forma que o universo industrial e o mundo doméstico. Assim, se delineia, de alguns anos para cá, a imagem do agricultor-poluidor, mesmo que a responsabilidade dessa evolução não seja unicamente sua. Ela deveria, na verdade, ser partilhada com aqueles que o levaram, de 30 anos para cá, a uma corrida para a produtividade.

O plano seguido por nossa apresentação separa quantidade e qualidade da água por uma questão de clareza. No campo, as práticas culturais dependem da situação fundiária. As formas de culturas têm forte incidência sobre a qualidade das águas, o impacto do homem sobre as bacias hidrográficas não é apenas quantitativo, etc.

## 1. A AGRICULTURA E O CICLO HIDROLÓGICO

### 1.1 MODIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO FUNDIÁRIA E DA COBERTURA VEGETAL NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS.

Esse tema torna-se de uma acuidade extrema sob o impacto do programa europeu de contenção da produção agrícola, isto é, de criação voluntária de terrenos incultos para diminuição dos excedentes agrícolas comunitários no quadro da Política Agrícola Comum (PAC) da CEE.

Os estudos têm como meta a pequena bacia hidrográfica de alguns  $\text{km}^2$ , tamanho considerado pertinente.

As práticas culturais modificam a relação chuva-descarga mas as conclusões devem ser ajustadas. Um dos domínios onde os resultados são mais nítidos é o da drenagem e do sancamento pluvial a céu aberto (OBERLIN, 1981; ROBINSON, 1991).

### 1.2 A IRRIGAÇÃO

A irrigação é a passagem obrigatória do aumento dos rendimentos com a adubação mineral e animal e com os produtos fitossanitários. Trata-se de uma técnica que conjuga a modernidade com o saber-fazer tradicional. Acrescentamos que nas regiões que apresentam um déficit hídrico acentuado, a irrigação é indispensável para obter bons níveis de produção.

Na Itália, a água consumida para fins agrícolas atinge cerca de 50% dos quarenta bilhões de  $\text{m}^3$  disponíveis.

Na França, a agricultura é mais econômica com relação aos recursos pois ela representa apenas 15% do total do consumo nacional, avaliado em 37 bilhões de  $\text{m}^3$  (MRT, 1990). Entretanto, essas necessidades pontuais podem ser importantes durante o verão. O exemplo extremo dessa importância é o milho que é muito frágil quando da formação dos órgãos reprodutores. A seca de 1989-1990, "acidente climático", serviu como reveladora dos múltiplos problemas do mundo agrícola francês já muito desestabilizado. Seu impacto pode ser comparado àquele de 1976, seca de recorrência centenal (DORIZE, 1990). A seca face às necessidades crescentes da agricultura mas também das industriais e da atividade doméstica vai dar lugar a importantes conflitos de utilização.

Entretanto, a irrigação gravitária, a mais difundida, não deve ser considerada como uma perda e apenas uma perda. Na parte baixa do rio Durance ao sul da França, suas águas de infiltração permitem atingir durante os meses de verão, os mais secos, as mais elevadas cotas piezométricas do lençol freático (CARMANTRAND, 1990).

### 1.3 O MECANISMO DA POLUIÇÃO PELOS NITRATOS

O nitrato é um anion não retido pelo complexo argilo-úmido do solo. Sob a ação das águas de infiltração, ele é arrastado em profundidade, fora do alcance das raízes das plantas: diz-se então que ele foi lixiviado. Essa lixiviação tem lugar essencialmente no período invernal quando o balanço hídrico (chuva-evaporação) torna-se excedentário e a água não retida pelo solo, percola por gravidade e realimenta em seguida os aquíferos.

As perdas de nitrogênio nas águas subterrâneas são tanto mais importantes quanto é elevado o estoque outonal de nitrogênio nítrico, quanto a pluviometria invernal é forte e quanto a capacidade de retenção do solo é fraca.

Em solos cultivados, o nitrogênio nítrico lixiviado pode provir não somente dos excedentes de estrumação (fumagem) não utilizados pela cultura mas também da mineralização da matéria orgânica do solo, variável em importância segundo as estações e os anos. Após um verão seco, a mineralização da matéria orgânica do solo pode ser importante no outono; geralmente ela é mal valorizada. Nesse período de intercultura, o solo está nu ou coberto de uma cultura que tem um desenvolvimento vegetativo (cereal, por exemplo) que valoriza mal este nitrogênio. Somente culturas sombreadas ou adubos verdes semeados precocemente no outono (forte desenvolvimento vegetativo) podem diminuir de maneira significativa essas perdas inverniais.

Nas zonas de pecuária intensiva, esses problemas são acentuados pela presença de grandes quantidades de dejeções animais: excedentes estruturais de nitrogênio. Uma pesquisa realizada pelo INRA (SIMON et LE CORRE, 1992), no norte da França, pôs em evidência balanços de nitrogênio na escala da propriedade agrícola, muito excedentário na região de pecuária intensiva. Esses excedentes de nitrogênio são particularmente importantes em produções suínas (porcinas) e avícolas (fortes densidades animais); isto é ainda mais preocupante pois essas criações estão geralmente concentradas geograficamente. Para a criação bovina, os balanços são mais equilibrados e menos variáveis, o número de animais sendo limitado pela superfície forrageira que alimenta o rebanho. Na Itália do norte, país de pastagem dos novilhos importados da França, a situação desse criação, exclusivamente acima-do-solo, se assemelha aos casos dos porcos e aves já citados.

Na criação bovina, os dejetos ficam mais dificilmente controláveis que na criação fora-do-solo (porcos, aves, novilhos em estabulação ou estábulo) por causa da pastagem, período durante o qual os dejetos (fezes e urina) escapam ao controle do agricultor.

Para uma vaca leiteira que ingere em média 210 kg N/ano, 146 kg N são reencontrados nas dejeções. Uma parte desse nitrogênio volatiliza (cerca de 35 kg/animal/ano) e o resto volta para o solo (110 kg/animal/ano): 38 são reencontrados nos excrementos (durante os 6 meses de estabulação) e 72 nos prados (durante os 6 meses de pastagem). Essa última fração cria sérios problemas para o controle da lixiviação do nitrogênio nítrico do pasto.

Observamos enfim que os dejetos animais apresentam também problemas por seu teor de fósforo. Esse último elemento é mais facilmente controlável que o íon-nitrato pois ele é energeticamente retido pelo complexo argilo-umídico do solo. Ele lixivia muito pouco (algumas centenas de g/ha/ano) mas pode ser arrastado pelas águas superficiais por escoamento ou erosão. Durante a maior parte do ano, os fosfatos são essencialmente de origem doméstica (detergentes) e industrial (BARROIN, 1990 et 1991).

## 1.4 O MECANISMO DA POLUIÇÃO PELOS PESTICIDAS

O mecanismo de poluição por pesticidas, o escoamento das águas de superfície, é diferente daquele dos nitratos que migram essencialmente por lixiviação para os lençóis freáticos.

Antes mesmo de penetrar no solo, os produtos fitossanitários (herbicidas, fungicidas, inseticidas, etc) podem se volatilizar ou escoar. Eles são então arrastados em solução ou em suspensão, isto é, retidos pelas partículas do solo. Essa transferência de superfície é condicionada pela solubilidade dos produtos ou por sua faculdade de adsorção sobre os constituintes do solo. Entretanto, o escoamento será tanto mais forte quanto o solo for pouco estável, pouco protegido pela vegetação, coberto de uma película de encrostamento (compactação e vedação da superfície do solo sob efeito da chuva), e instalado sobre uma vertente de forte inclinação. As chuvas intensas cujo arquétipo na França são os aguaceiros dos Cevennes em meio mediterrâneo favorecendo o escoamento de superfície e conseqüentemente a presença dos pesticidas nas águas de superfície.

No solo, a molécula do pesticida pode ser temporariamente imobilizada por adsorção. Se ela não está mais biodisponível, seus efeitos biológicos são reduzidos. Quando levada para maior profundidade, ela preserva sob certo aspecto a qualidade das águas subterrâneas. Apenas a erosão do solo pode, por desadsorção, remobilizá-la para as águas superficiais (INRA, 1990).

Uma bacia hidrográfica (BHR) como a de Ardières no Beaujolais (centro da França), operada pelo CEMAGREF de Lyon, está equipada para analisar uma parte dos processos de poluição pelos pesticidas (OBERLIN, comun. escrita).

## 2. A SITUAÇÃO ADMINISTRATIVA E JURÍDICA

### 2.1 A SITUAÇÃO ITALIANA

Um preâmbulo é necessário para compreender a especificidade italiana e seu relativo atraso no controle da qualidade das águas.

Até bem recentemente, os objetivos do aproveitamento do território eram orientados para a proteção contra as cheias e os trabalhos de drenagem. Apresentamos dois exemplos: a criação de três Laboratórios CNR-IRPI (Instituto de Pesquisa para a Proteção Hidrogeológica) em 1972, que controlam todo o país; e a drenagem dos pântanos inclusive os Pântanos Pontins perto de Roma, que atingem 4 milhões de hectares.



Fora desse contexto, em 1969, uma comissão parlamentar foi encarregada de redigir a primeira lei básica sobre o controle da poluição. O trabalho realizado concretizou-se pela **lei nº 319 de 10 de maio de 1976** que é chamada comumente "**lei MERLI**", nome do senador que a criou. A lei MERLI sofreu diversas emendas, modificações oriundas da experiência já existente e foi adaptada às diretivas da CEE em matéria de meio ambiente.

O projeto-lei nº 183 de 18 de maio de 1989, chamado "**lei GALLI**", completa o arsenal jurídico. Sua denominação é explícita "Normas para uma nova política de defesa do solo". Um de seus objetivos é a restauração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Uma outra meta é a utilização racional da fonte de abastecimento definindo a bacia hidrográfica como a célula de base. No início de 1992, a lei GALLI ainda não tinha sido adotada! O território italiano estaria distribuído entre onze grandes bacias que correspondem ao mesmo tanto de Agências de Bacias. Elas corresponderiam às seis Agências de Água francesas. Em níveis inferiores, dezesseis bacias de importância interregional seriam individualizadas e em seguida viriam as bacias ditas regionais.

O trabalho se faria dentro do quadro de Planos por Bacia.

## 2.2 A SITUAÇÃO FRANCÊSA

O projeto-lei de 16 de dezembro de 1964 sobre a qualidade das águas superficiais subordina o nível de poluição tolerável:

- aos usos da água (alimentação em água potável, banhos, vida piscícola;
- à capacidade do meio receptor de se regenerar;
- ao equilíbrio biológico da água.

Esclarecimentos, através de circulares e resoluções, foram efetuados pelo respeito da qualidade das águas, notadamente em 1971, 1975, 1978, 1980...

Na França, a organização criada para controlar a poluição das águas não estava adaptada às poluições difusas como a dos nitratos. Em consequência, em 1984, de acordo com as recomendações do relatório "**Atividades agrícolas e qualidade das águas**" chamado relatório HENIN, foram instaladas pelos Ministérios da Agricultura e do Meio Ambiente as duas estruturas seguintes:

- um Comitê de Orientação de Pesquisa sobre os Pesticidas e os Nitratos (**CORPEN**);
- uma **Missão Água-Nitratos** (SEBILLOTTE *in* LOSTHE, 1987).

Sua ação pretende ser preventiva.

O CORPEN é uma instância consultativa de proposição, de avaliação e de crítica. Sua composição é variada: autoridades, cientistas e usuários.

A Missão Água-Nitratos é uma pequena célula administrativa. Ela está localizada no Ministério do Meio Ambiente. Seu papel múltiplo é assegurar o bom funcionamento do CORPEN, informar, incentivar as ações em curso, controlar a execução das decisões, etc.

**A aplicação pelo decreto n.º 89-3 de 3 de janeiro de 1989** da diretiva europeia impõe um passo à frente para melhorar a qualidade da água destinada ao consumo humano (ver mais adiante).

A segurança do abastecimento é garantida pela DDASS, serviço departamental (DDASS-44, 1991).

Inicialmente, as formulações de pesticidas devem obter o consentimento de uma Comissão de Homologação da qual fazem parte um certo número de técnicos do INRA. Ainda mais a montante, acha-se a Comissão de Estudo da Toxicidade dos produtos antiparasitários para uso agrícola. Seu secretariado está a cargo do Departamento de Fitopatologia do INRA. Essa Comissão estuda os dados característicos da proteção do meio ambiente (solos, águas, fauna selvagem, etc) e examina a compatibilidade dos limites máximos de resíduos (LMR) oriundos das boas práticas agrícolas (BPA) com a dose diária aceitável (DJA, DDA) fixada pelos toxicólogos. Graças a seu trabalho, alguns pesticidas tiveram seu uso severamente limitado pelo **decreto de 13 de julho de 1990** (J.O.,1990). Os produtos à base de lindane, de atrazina e de simazina tiveram seus campos de ação limitados. O lindane é proibido na aplicação foliar, para o tratamento das sementes de beterraba e das crucíferas oleaginosas (colza). Em todos os solos, a dose de lindane foi limitada a 1,350 kg/ha e a de atrazina e/ou simazina não deve ultrapassar 1,5 kg/ha.

Do mesmo modo, o controle a nível dos fornecedores é severo. As quantidades vendidas anualmente dos produtos à base de alacloro, de aminotriazole, de atrazina, de bentazona, de cianizina, de simazina ou de terbuty devem ser declaradas ao Ministério da Agricultura. A data limite da declaração é 31 de janeiro do ano posterior ao de sua venda (J.O. 1990).

A homologação das várias formulações das diversas matérias ativas (homologação por uso desde a lei de julho de 1985) influi na utilização que dela fazem os agricultores. O respeito dos LMR (Limites Máximos para Resíduos) é absoluto para as exportações sem o que os produtos seriam recusados pelos importadores, destruídos e a transação perdida.

**Em 3 de janeiro de 1992, a nova lei francesa sobre a água** foi publicada (J.O,1992). Muitos progressos eram esperados após a publicação do decreto de aplicação. Atualmente, para um hidrólogo o texto deverá ainda ser interpretado pelos juristas.

No espírito de seus conceptores, a lei prevê que qualquer obra de utilização de águas superficiais e subterrâneas será provida de dispositivos de medições quantitativas para fins de controle. A lei generaliza o regime de autorização ou de declaração prévia para toda intervenção. Anteriormente, existia grande tolerância para as águas de poço tubular. A lei deve dar aos prefeitos o poder de conceder as autorizações de captação nos rios não públicos fixando as descargas e os volumes máximos suscetíveis de serem captados e de determinar assim as

descargas que não poderão ser utilizadas. A delimitação de zonas de salvaguarda dos recursos em águas subterrâneas constitui também o objeto de um regulamento. As captações nos lençóis aluviais vinculados aos cursos d'água poderão ser submetidas ao mesmo regime de autorização que as águas superficiais dos rios que as alimentam (FERRARI *in* CEMAGREF, 1990).

### 2.3 A SITUAÇÃO NA EUROPA

A Europa é conhecida no domínio da água sobretudo por uma diretiva muito estrita para a qualidade das águas potáveis. Ela impõe o conhecimento de 64 parâmetros (Tabela). Essa **directiva de 15 de julho de 1980 aplicada na França a partir de 3 de janeiro de 1989** foi adotada unanimemente pelos doze membros da Comunidade Européia.

O problema vai ser então o de sua aplicação e de seu controle, notadamente nos países do sul da Europa (GIODA, 1990).

## 3. O BALANÇO DA SITUAÇÃO ATUAL

### 3.1 QUADRO DAS PESQUISAS NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

(BHRE = **Bacia Hidrográfica Representativa e/ou Experimental**).

Os cientistas franceses consagraram uma mesa-redonda, referida por OBERLIN (1986) no quadro da SHF ("Société Hydrotechnique de France"), ao tema das modificações das estruturas fundiárias da cobertura vegetal e de seu impacto.

A nível europeu, uma rede estruturada foi instalada (DUBREUIL, 1989). Reuniões têm lugar a cada dois anos: na França em 1986 sob o patrocínio do CEMAGREF (CNFSH, 1986); na Itália em 1988 (ANSELMO, 1989); nos Países-Baixos em 1990 (NTO, 1990). Um boletim (BREVES ou ainda, em inglês, ERB News) de ligação e de informações da rede euro-mediterrânea de BHRE é editado duas vezes por ano. Existe também um inventário sinalético informatizado e permanente das principais BHRE de referência européias (ICARE, na base de dados relacionais).

A França e a Itália aderiram, a partir de 1991, ao Programa FRIEND-AMHY que visa realizar as sínteses regionais, graças a uma base de dados hidrológicos homogêneos, para a Europa meridional e a África do Norte. O CEMAGREF é o coordenador francês enquanto o Prof. SICCARDI da Universidade de Gênova lidera o polo italiano.

*Mapa de localização das bacias hidrográficas italianas (ANSELMO, 1989).*

Ao lado dessas pesquisas que concernem essencialmente dos aspectos quantitativos (relações chuva-deflúvio, erosão, transporte sólido), estudos físico-químicos são igualmente desenvolvidos para as pequenas bacias da França, notadamente nas montanhas de Vosges e do Maciço Central que se beneficiam do apoio do programa DEFORPA (DEgradação das FLORestas e Poluição

Atmosférica). Por exemplo, no monte Lozère situado ao sul do Maciço Central, os fluxos são estudados no exutório de bacias com pasto (grama), cobertas de faias e de coníferas (LELONG et al., 1990).

### 3.2 SITUAÇÃO DA IRRIGAÇÃO

Hoje a irrigação na França pode ser dividida assim:

- 30% das superfícies são de irrigação gravitária, aplicada desde os Romanos;
- 50-60% de aspersão, surgida nos anos 50;
- 10-20% de micro-irrigação a partir do anos 60 (VILLELE, 1991).

As superfícies irrigadas se multiplicaram por 2 em 20 anos, a nível nacional. Em Poitou-Charentes, elas foram multiplicadas por 11, em Aquitânia por 3,4, sempre durante o mesmo lapso de tempo (FAURÉ in CEMAGREF, 1990).

O exemplo escolhido para ilustrar a gestão da irrigação é o de uma rica região do Sul da França, região de Provence-Côte d'Azur (PACA), onde coexistem os três tipos de irrigação.

A partir dos dados contidos nas declarações de amostragens feitas pela agência da Bacia, pode-se definir por uso as necessidades em água da região da Provence-Alpes-Côte d'Azur.

| 1987 | USO (em 103 m <sup>3</sup> ) |         |           |                                                                                                   |
|------|------------------------------|---------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | Departamento                 | Urbano  | Indústria | Central EDF<br>Resfriamento da<br>Hidroelétrica de<br>Eletricidade<br>da França (EDF)<br>Agrícola |
| 04   |                              | 21 361  | 22 393    | 115 480                                                                                           |
| 05   |                              | 14 823  | 1 223     | 53 206                                                                                            |
| 06   |                              | 208 552 | 4 816     | 12 866                                                                                            |
| 13   |                              | 213 580 | 169 100   | 12 411                                                                                            |
| 83   |                              | 188 916 | 6 474     | 57 320                                                                                            |
| 84   |                              | 57 294  | 36 611    | 251 495                                                                                           |
| PACA |                              | 704 526 | 240 617   | 12 411                                                                                            |
|      |                              |         |           | 1 072 439                                                                                         |

Neste quadro não são contabilizados os volumes de águas turbinadas pelo EDF no Rhône e no Durance.

Globalmente, pode-se, portanto, constatar a importância e o peso relativo da água agrícola que representa mais de 50% das necessidades da região. Entretanto, se se observa que estes números

resultam das declarações do Serviço da Bacia "Rhône-Méditerranée-Corse" que, em irrigação, frequentemente, não são controlados e que ocultam a captação nos lençóis, pode-se suspeitar que os volumes reais devem ser muito mais importantes.

Tomando-se por base as dotações reais dos canais e associações do médio e do Baixo-Durance, pode-se estimar validamente as captações agrícolas com aproximadamente 2 bilhões de m<sup>3</sup> cada ano. Assim, na Provence-Alpes-Côte d'Azur, o balanço real é o seguinte:

- agricultura, 2 bilhões de m<sup>3</sup>
- para o consumo humano (distribuição pública), 750.000.000 m<sup>3</sup>
- consumo industrial fora EDF, 250.000.000 m<sup>3</sup>

## A IRRIGAÇÃO NA PROVENCE

### As regas tradicionais no turno d'água

Estas são praticadas seja com sulcos<sup>6</sup>, seja "au calant"<sup>7</sup> de acordo com o tipo de cultura, cultura de legumes ou pastagens, e mesmo a rizicultura, com um sistema de regulação sumária a montante e segundo um turno d'água.

Na prática isto quer dizer que, num determinado período, uma descarga reservada entra no canal e só poderá servir à irrigação ou ser escoada por filtração<sup>8</sup> se o agricultor não se servir dela (falta de tempo ou período chuvoso que provoca uma recusa do turno d'água).

O turno d'água, teoricamente, deve evitar grandes perdas d'água porque ele fixa a contribuição para cada um em função do tempo, de modo que o consumo de um sulco seja utilizado segundo um ciclo de período de retorno em geral de 7 dias, ou mesmo da metade quando se trata de cultura de legumes com fraco enraizamento ou solos relativamente filtrantes.

Na prática, constata-se que este turno d'água estabelecido de maneira contínua de 24 em 24 horas com a regularização a montante, não é seguido por um grande número de associações. Isto se traduz por uma devolução de água em certos períodos, sobretudo à noite e em dias feriados e domingos.

Nota-se, assim, ao nível dos canais de drenagem, aparecer um ciclo, ao mesmo tempo, diário e semanal com águas altas, correspondendo às devoluções de água de irrigação e das águas baixas nos períodos de intensa irrigação.

<sup>6</sup> Irrigação com sulco utilizada para as culturas com alinhamento (milho, girassol, etc.). A água é distribuída nos sulcos ou linhas cujo escoamento está adaptado à cultura.

<sup>7</sup> Irrigação "au-calant" empregada para os pomares e as pastagens no Crau. A água derramada na parte superior do terreno escoar-se por toda a superfície "planète" (zona separada por dois pequenos diques).

<sup>8</sup> Colatura é o excesso d'água que se escoar a jusante de uma pequena parcela ou de um sulco (excesso de irrigação) e que é jogada num pequeno canal de saneamento.

As obras realizadas há varias centenas de anos, não permitem uma grande melhoria porque, em geral, não têm capacidade de estocagem intermediária e se contentam em regular e evitar os transbordamentos evacuando as águas excedentárias para reservatórios situados no percurso do canal ou nos cruzamentos com a rede hidrográfica.

## **As regas modernas**

Há 25 ou 30 anos desenvolveram-se novos métodos de rega sob pressão, inicialmente, por aspersão depois, mais recentemente, por micro-irrigação(gota-a-gota, micro-jato, irrigação localizada).

Na prática, esta irrigação faz-se a partir de redes fechadas de canalizações nas quais é mantida uma pressão de 3 a 10 kg, permitindo o funcionamento dos aparelhos na parcela, desde os microjatos ou os gotejadores até regadores-pivôs, passando por toda uma gama de aspersores.

Neste sistema, a captação d'água é realizada a pedido do agricultor, o que necessita uma regularização das obras principais e das reservas de capacidade suficientes para fazer face a esta demanda. O ciclo de irrigação é geralmente calculado para um período de 18 em 24 horas.

Os canais de drenagem são, neste sistema, reduzidos ao mínimo e quase sempre inexistentes.

## **Irrigação tradicional: os conflitos com os usuários "indiretos"**

Para apreciar o rendimento ou talvez a eficiência da água na agricultura, os diferentes serviços, tais como - Serviço Regional de aproveitamento das águas. Direção Departamental de Agricultura e da Floresta, as Companhias de Aproveitamento Regional como o Canal de Provence - detiveram-se nas medições ligadas ao movimento das águas.

O primeiro ponto pesquisado foi sobre o balanço anual das captações que se referiam à superfície irrigada ou a irrigar - isto é, o consumo por hectare.

Nos perímetros do baixo vale do Durance, o balanço global levou a constatar uma necessidade em água de aproximadamente 25.000 m<sup>3</sup> por hectare e por ano, o que constitui uma média entre setores muito consumidores, como a planície de Avignon com 30 a 35.000 m<sup>3</sup> por hectare, e setores mais econômicos como o Comtat com 15 a 17.000 m<sup>3</sup> por hectare.

Nos perímetros modernos sob pressão, as necessidades das superfícies equipadas são da ordem de 1.000 m<sup>3</sup> por hectare e por ano com índices de consumo para os setores de culturas intensivas de verduras de 4.000 a 5.000 m<sup>3</sup> por hectare e por ano.

Comparando-se a necessidade estrita da agricultura com os volumes previstos pode-se pensar que na irrigação gravitária de superfície, o valor é idêntico à rega sob pressão. Partindo deste ponto, buscou-se decompor por diferentes medições a repartição dos 25.000 m<sup>3</sup> por hectare e por ano e chegou-se, então, ao balanço aproximativo seguinte:

- 4.000 m<sup>3</sup> são perdidos no trajeto por causa da regulação dos vertedouros principais;
- 3.000 a 5.000 m<sup>3</sup> são rejeitados na extremidade das redes por recusa do turno d'água, sobretudo à noite e fora do período de pico.
- 500 a 1.000 m<sup>3</sup> são perdidos nas obras principais por perdas diversas e evaporação;
- 8.000 m<sup>3</sup> se infiltram no lençol freático por percolação e por saturação do sub-solo a 10.000 m<sup>3</sup> profundo da parcela irrigada;
- 4.000 a 5.000 m<sup>3</sup> correspondem às necessidades em água da planta.

Este balanço sumário certamente discutível em valores absolutos, demonstra claramente a fraca eficiência dos sistemas antigos de irrigação (25 a 30%), como também o papel de alimentação do lençol freático e dos canais de drenagem que serão, em seguida, utilizados seja para a irrigação seja para outros usos: distribuição pública ou industrial.

Assim, um canal de irrigação concebido para um uso bem definido torna-se com o tempo e em parte por causa de suas imperfeições (perda d'água) um instrumento de aproveitamento do território assegurando uma alimentação em água muito acima dos usos agrícolas.

### 3.2.2 A situação da irrigação na Itália

Na Itália, a quantidade de água utilizada para fins agrícolas, isto é, essencialmente para a irrigação, atinge valores críticos. Desde 1977, ela estava avaliada em 22,9 bilhões de m<sup>3</sup> ou seja, mais de 50% do consumo total, valores que se deve comparar aos 5,5 bilhões de m<sup>3</sup> franceses que relativamente representam apenas 15% do conjunto de utilizações da água em 1990. A irrigação é mais antiga e mais desenvolvida na agricultura italiana que conseguiu desse modo escapar às consequências das secas muito frequentes. Fora do mundo mediterrâneo, o exemplo emblemático da cultura irrigada é a rizicultura da zona de Vercelli, desenvolvida no século XIX no Reino de Piémont. A antiguidade do sistema tem também seu preço. A tradição é a irrigação gravitária cujas "perdas" nas redes são grandes.

Na Itália, além das oscilações climáticas normais, a situação é crítica para os lençóis freáticos. (O total dos recursos hídricos utilizáveis contando com os volumes estocados nos reservatórios (cerca de 8,4 bilhões de m<sup>3</sup> atinge 40 bilhões de m<sup>3</sup>). A nível nacional, o consumo de águas subterrâneas atinge, segundo as estimativas mais confiáveis, 9 bilhões de m<sup>3</sup>, isto é, 70% de sua taxa de renovação anual. Isto quer dizer que, nas numerosas regiões, o nível piezométrico dos lençóis baixa perigosamente.

### 3.3 A POLUIÇÃO PELOS NITRATOS

Os problemas de poluição dos lençóis freáticos são agudos pois as águas subterrâneas fornecem cerca de 70% da água potável na França. Em certos departamentos, como o Hérault, esse percentual ultrapassa 80%.

No Baixo Ariège nas zonas de monocultura do milho irrigado, as taxas de nitrato nos lençóis freáticos atingem 80 mg/l (INRA, 1991).

*Mapas e desenhos sobre a poluição pelos nitratos dos lençóis e dos riachos.*

### 3.4 A POLUIÇÃO PELOS PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

Em monocultura, as variedades recentes que recebem fertilização nitrogenada intensiva são geralmente pouco resistentes aos ataques dos pedradores (insetos). É preciso também propor um produto de "qualidade total" e o aspecto torna-se primordial para o consumidor. O emprego desses fitossanitários faz desaparecer a limpa (arrancar as ervas daninhas) manual, muito fastidiosa, e sobretudo asseguram ao agricultor, uma regularidade elevada de produção e então de lucro.

Em alguns decênios, desde a descoberta do DDT em 1940, a França se tornou um importante consumidor de produtos fitossanitários.

Cerca de 7.000 especialidades comerciais, contendo no total mais de 500 matérias ativas fitossanitárias, têm atualmente sua venda autorizada na França. Ocupando o terceiro lugar mundial (após os EUA e o Japão) o mercado fitossanitário francês detém de muito longe o primeiro lugar na Europa, na frente inclusive da Alemanha e da Itália: cada ano os 31 milhões de hectares cultivados na França recebem cerca de 100.000 toneladas de matérias ativas fitossanitárias (excluindo o enxofre e o cobre), o que representa uma média de 3 quilos por hectare! Entretanto, as tendências atuais, sobretudo com a colocação no mercado de moléculas como os inseticidas piretrenoides ou os herbicidas sulfonilurados, são para a redução das doses empregadas. Mesmo assim, em 1990, o mercado fitossanitário francês confirmou sua progressão; esses números alcançam 12,8 bilhões de francos, numa progressão de 12,7% em relação a 1989. Sempre de acordo com o UIPP (União das Indústrias para a Proteção das Plantas) observa-se durante os anos 80 uma diminuição da parte relativa aos herbicidas com aumento para os fungicidas; a parte dos inseticidas continuando relativamente estável.

Seria espantoso se essa posição de *leader* fosse sem consequências. Os produtos são arrastados pelo escoamento ou por lixiviação e, mesmo se a adsorção limita este último fenômeno, eles serão reencontrados nas águas de superfície e nos lençóis freáticos. A atrazina e o lindane estão presentes sob a forma de resíduos nas águas superficiais, notadamente na Bretagne, mas também nas águas subterrâneas, o que é mais grave. Interdições ou reduções severas de sua utilização atingem-nos por meio do decreto de 13 de julho de 1990, tanto na França como na Itália.



## 4. PERSPECTIVAS

### 4.1 PERSPECTIVAS PARA O MANEJO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

As quatro recomendações, expressas por OBERLIN do CEMAGREF (1986) em nome dos hidrólogos franceses, para tentar melhorar os aspectos vinculados à "água" na política de aproveitamento dos solos agrícolas continuam válidas. São elas as seguintes:

- \* limitar a descarga das redes de saneamento a céu aberto e dos riachos (cursos d'água) receptores;
- \* deixar, até mesmo criar, o máximo de estruturas horizontais nos remembramentos e cultivar segundo as curvas de nível ou segundo linhas transversais de fraca declividade. Essas linhas serão orientadas em direção da montante ou da jusante, segundo se queira retardar (a montante da bacia) ou acelerar (jusante da bacia) a chegada das águas no talweg principal;
- \* drenar sob grandes culturas anuais;
- \* e instalar uma vegetação permanente por toda parte onde for possível. Entretanto, evitar a plantação de floresta quando o lençol freático for próximo e houver possibilidade de escassez d'água.

Estas recomendações são apenas gerais e suscetíveis de modificações segundo os casos considerados.

Instalar uma vegetação permanente é compatível com a idéia de estender os terrenos incultos através de uma política voluntarista da Comunidade Européia. Uma outra chance seria poder fazer coincidir as bacias hidrológicas de superfície e as bacias hidrogeológicas de profundidade. Assim, os perímetros protegidos em torno das captações poderiam ser estendidos, segundo COLLIN da Missão Água do BRGM. Assim, eles seriam a garantia de uma boa qualidade das águas (GIODA, 1990).

Estes são dois dos raros retornos positivos dessa política comunitária que vai, de uma maneira geral, ao encontro da conservação da paisagem rural, tornada impossível pelo desaparecimento dos pequenos camponeses. A França é particularmente visada pelo projeto de extensão dos terrenos incultos, pois ela é o primeiro produtor agrícola da CEE. O abandono da França rural é nefasto pois ele implica o abandono dos solos, filtros ativos da poluição das águas.

Ninguém sabe com clareza as conseqüências desta diminuição da atividade agrícola sobre as relações chuva-deflúvio nas pequenas bacias rurais, coração da hidrologia clássica. Entretanto, os

estudos científicos sobre as conseqüências do desaparecimento do vinhedo do Languedoc só tiveram início agora, enquanto já foram distribuídos, há muitos anos, os prêmios pelo arrancamento. Tais estudos têm lugar dentro do projeto "Allegro" que cobre 125 km<sup>2</sup> no baixo vale do Hérault próximo a Agde.

Enfim, o "gelo das terras", um outro nome dado à multiplicação dos terrenos incultos ou diminuição da atividade agrícola, é muito discutível se a experiência dos Estados Unidos, com cerca de meio século, for lembrada. As terras menos boas são retiradas do ciclo produtivo enquanto a agricultura se torna mais intensiva sobre a parte restante, cultivada como o sublinha a Estação de Economia e de Sociologia Rural do INRA em Rennes na "Bretagne". Com toda exatidão, os Estados Unidos passaram de um sistema extensivo para um sistema intensivo e, na Europa, passaríamos de um sistema intensivo para um sistema ultra-intensivo. Apesar dessa diferença, a experiência americana permanece muito inquietante.

#### 4.2 PERSPECTIVAS PARA A IRRIGAÇÃO

Lembramos em preâmbulo que a irrigação se desenvolverá por duas razões, tanto complementares quanto antagônicas, mas que deverão sempre servir de ponto de referência: a rentabilidade e a segurança das colheitas (BOUSSARD *in* CEMAGREF, 1990).

Na Itália, pode-se estimar que as grandes obras hidráulicas terão dificuldades para se desenvolver nos próximos anos. Os recursos hídricos tornam-se raros e/ou difíceis de explorar e o crescimento das necessidades industriais e domésticas vão provocar graves conflitos de uso. No limiar do ano 2000, as quantidades consumidas pela agricultura deveriam aumentar cerca de 14% com relação a 1977, atingindo 26,2 bilhões de m<sup>3</sup>/ano o que significa um crescimento anual da ordem de 0,5%. As projeções indicam para a água industrial, até 2015, um crescimento anual da ordem de 2,7%. Mesmo se esse setor reutilizar frequentemente suas águas usadas ou águas de qualidade mais baixa, existirá ali uma fonte de conflitos. O crescimento do consumo d'água para fins energéticos e domésticos será menor mas sempre mais rápido que no mundo agrícola. Existem várias causas para esse fraco crescimento:

- \* o progresso tecnológico que permite ajustar as necessidades em água das plantas;

- \* causas especificamente italianas:

- no norte, as zonas que necessitam ser irrigadas, já o estão sendo desde muito tempo;
- no sul, o *Mezzogiorno*, onde a irrigação permitiria um forte crescimento das culturas temporãs, a construção de novos reservatórios se choca com vários obstáculos. Os melhores locais já estão equipados. Aqueles que sobram são muito caros, pois estão distanciados da região de maior demanda. Enfim, os movimentos ecológicos (WWF, Greenpeace, etc), muito mais poderosos do que na França, contestam sua utilidade quase sistematicamente.

As perspectivas para uma melhor economia da água de irrigação são descritas por JONES (1990). Elas são válidas para o conjunto dos países desenvolvidos.

O desenvolvimento da micro-irrigação é patente com a multiplicação por cerca de 30 das superfícies irrigadas entre 1974 e 1988 no Mundo e não há razão para que ela cesse. A economia de água é ainda aumentada com os bioprogramadores de irrigação: o consumo dos pessegueiros foi reduzido em 50% graças ao sistema PEPISTA, desenvolvido no INRA de Avignon desde 1984. Seu custo elevado, de 55.000 F, limita a sua comercialização. A micro-irrigação veicula para as plantas sob uma forma solúvel o adubo e pesticidas como os nematicidas cujos aportes podem ser facilmente controlados.

#### **4.3 PERSPECTIVAS PARA REDUZIR OS NITRATOS NA ÁGUA**

A luta contra a poluição das águas pelos nitratos foi engajada mas, será necessário ainda muito tempo para que os efeitos de práticas respeitadas do meio ambiente se façam sentir. Há quinze anos que os nitratos foram identificados como um problema e os elementos recolhidos por nossa pesquisa nos fazem pensar que se deveria esperar igualmente uma quinzena de anos antes de ver progresso nessa frente.

Os estudos são notadamente efetuados nesta linha na BRHE de Nazain na Bretagne onde colaboram diferentes institutos (BRGM, CEMAGREF, INRA,...) que se dedicam à análise da poluição de origem animal e àquelas ligadas às culturas associadas (milho, forragens...).

Dois eixos de intervenção devem ser privilegiados:

- regular o problema dos excedentes de fezes dos animais;
- aplicar soluções agronômicas.

##### **4.3.1 Controle dos dejetos animais**

Seria ilusório procurar soluções agronômicas nas zonas onde a densidade dos rebanhos acima-do-solo, é importante. Em compensação, no entanto, segundo SIMON e JAMET (1991), será preciso, tanto quanto possível, adotar as seguintes soluções coletivas:

- a) orientar a alimentação animal para controlar as dejeções, estudo este conduzido notadamente pela Estação de Pesquisas Suínas do INRA em Saint Gilles na Bretagne onde o trabalho se volta para o equilíbrio das proteínas, a disponibilidade dos ácidos aminados (aminoácidos), etc;
- b) eliminar a fração nitrogenada dos excrementos excedentários;

- c) transportar os dejetos para as zonas não excedentárias;
- d) substituir os fertilizantes minerais de síntese pelos dejetos e estrume, produtos nitrogenados de origem animal.

#### 4.3.2 As soluções agronômicas

Tratam-se de regras de conduta simples e aplicáveis individualmente pelos agricultores (SIMON et JAMET, 1991).

- a) Estocar melhor e mais tempo o esterco para valorizá-lo.
- b) Praticar uma fertilização racional não esquecendo o fornecimento de nitrogênio pelo solo. Este é o "*método do balanço de nitrogênio mineral*" implantado por REMY e AUBERT na Estação de Agronomia INRA de Laon, ao norte de Paris na Picardie. A lição a guardar para a agricultura é a seguinte: A fertilização azotada de uma cultura é fixada para atingir um determinado objetivo de produção. Acontece que a quantidade de nitrogênio lixiviado é tanto mais importante quanto a produção se afasta do objetivo inicial (SEBILLOTE et MEYNARD in NITRATOS-AGRICULTURA-ÁGUA, 1991)(Fig.).

- c) Não espalhar os fertilizantes sobre solo nu.

Em Quimper na Bretanha, em 1985, foi efetuado o experimento seguinte: Foi feita em outubro, uma disseminação de 180 kg/ha de nitrogênio sob forma de sulfato de amônia sobre solo nu após a colheita de milho, este milho já tinha sido adubado com uma dose de nitrogênio de 120 kg/ha, provocou uma perda de 250 kg/ha de nitrogênio por lixiviação (SIMON e LE CORRE, 1988).

- d) Não considerar o excremento como um adubo sem valor, espalhado freqüentemente sobre solo nu no outono e inverno, prática nociva (cf. item precedente).
- e) Limitar as perdas invernais de nitrogênio dos solos por lixiviação pela prática das culturas sombreadas e dos adubos verdes. O nitrogênio exportado com a planta na hora da colheita das culturas sombreadas sai definitivamente do balanço da parcela. Os adubos verdes após colheita são enterrados *in situ* e o nitrogênio captado pela planta será reutilizado pelas culturas seguintes.
- f) Evitar colocar nitrogênio nas culturas sombreadas.

A colocação de 60 kg de nitrogênio no meio de uma "ray-grass" da Itália anula o efeito benéfico dessa cultura. As perdas por lixiviação passam de 40 para 100 kg/ha/ano, ou seja, um aumento de 60 kg, o que é equivalente à quantidade que foi colocada no outono (SIMON e LE CORRE, 1988).

- g) Reconsiderar certos sistemas de culturas atuais (localização das culturas, variedades, data e modo de semeadura...);
- h) Limitar as doses colocadas sobre os prados sobretudo sobre os pastos.
- i) Fazer evoluir os prados para modos de aproveitamento mistos com alternância de ceifas e de pastagens.

#### **4.4 PERSPECTIVAS PARA REDUZIR OS PESTICIDAS NA ÁGUA**

A limitação da dispersão dos produtos fitossanitários e de suas conseqüências sobre o meio-ambiente passa pela conservação das propriedades dos solos, o que quer dizer, pela sua proteção (INRA, 1991). Com um trabalho agrícola quase contínuo, as possibilidades de escoamento da água que transporta os produtos fitossanitários serão reduzidas. O ideal seria uma menor carga de pesticida por hectare e a conservação de vastas porções da França cultivada. O perigo é uma PAC induzindo os produtores a concentrar seu esforço produtivo e daí o consumo de produtos fitossanitários em pequenos perímetros.

As melhores perspectivas são aquelas do progresso da informação e da formação.

O acesso ao conhecimento passa igualmente pela atualização contínua da base de dados toxicológicos sobre os pesticidas, AGRITOX do INRA, acessível por minitel. Para funcionar este sistema requer boas relações entre cientistas (Secretaria Científica da Comissão de Estudo da Toxicidade dos produtos antiparasitários para uso agrícola) e industrial (UIPP, União das Indústrias para a Proteção das Plantas). O público deve continuar a ser informado sem com isto prejudicar os direitos de propriedade industrial.

Uma outra via para o tratamento das plantas é a diluição de nematicidas na água de micro-irrigação o que permite uma dosagem cuidadosa do produto fitossanitário (JONES, 1990).

## CONCLUSÕES

As conseqüências da agricultura sobre o abastecimento d'água são hoje mais conhecidas pela qualidade. O problema é trazer a informação ao campo. Os europeus, estão eles prontos a pagar 10 a 30% mais caro sua alimentação? Os economistas do INRA pensam que a taxaço dos adubos minerais pode ter um efeito incitativo não desprezível, não interditando a fertilização mas contendo-a; as quantidades utilizadas atualmente são muito fortes considerando as necessidades das culturas, de modo que freqüentemente ocorre pura perda. Os adubos de origem animal reencontrariam assim sua utilidade pois seu mais baixo custo torná-los-ia bem mais atrativos, evitando assim práticas extremamente nocivas como a disseminação de excrementos em solo nu. A aplicação do preceito simples "poluidor-pagador" parece impossível de aplicar ao mundo agrícola que, por outro lado, é um arrumador da paisagem, sem igual, entre os atores do desenvolvimento.

Pelo lado quantitativo, os estudos longos e custosos sobre bacias hidrográficas continuam insuficientes em número. Um grande esforço de sensibilização resta a fazer às autoridades, a fim de convencê-las a investir a longo prazo (noções de observatórios do meio natural, de laboratórios no campo, de locais de experimentação...). Necessário então se torna desenvolver uma metodologia de campo com a *redação de guias e manuais práticos*. Hoje, na maioria dos casos, são os programas europeus para o meio ambiente, tal como o programa DEFORPA sobre as conseqüências das chuvas ácidas, que permitem a coleta dos dados de campo. Sem esses últimos, toda metodologia naturalista ou modeladora para compreender os mecanismos de transporte dos poluentes e o impacto da agricultura seria vã.

Lembraremos também o caráter artificial da divisão separando as questões da qualidade e quantidade ilustrada pelo exemplo do lençol aluvial da Baixo Durance onde a rapidez das transferências entre a água de superfície e o lençol freático é muito forte. Na Bacia de Cabannes-St Andiol estudada por SOULIÉ e TOURNOUD, por ocasião dos período de parada da rede de irrigação gravitária, os teores em nitratos baixam rapidamente para subir igualmente muito rápido com a reativação da irrigação.

Uma abertura pode ser um modelo baseado sobre a inundabilidade que retoma totalmente a visão da gestão das águas de uma bacia. O objetivo é prestar um melhor serviço às coletividades ribeirinhas segundo OBERLIN e LAMBERT. Estes últimos não se preocupam com a cheia milenar mas querem administrar seu território conhecendo os riscos aos quais são submetidos os aproveitamentos no leito maior. É então uma cartografia desembocando sobre um aproveitamento com festões que é preciso lhe fornecer após ter integrado a hidrologia e a hidráulica nos modelos.

Enfim, o conceito de bacia hidrográfica não aparece hoje em dia como o mais apto para resolver os problemas das águas. Assim a acidificação das chuvas e dos lagos é um fenômeno que ultrapassa a escala tradicional da análise hidrológica.

## AGRADECIMENTOS

O professor Evaldo F. VILELA (Univ. de Viçosa, MG, Brasil) teve a boa vontade de prover um financiamento para a valorização dessa comunicação.

M. E. CADIER (hidrólogo do ORSTOM, Recife, Brasil), Maria José CAVALCANTI e M.do Carmo C. Duarte traduziram o texto em português.

M. G. OBERLIN (ORSTOM/CEMAGREF, Lyon) aceitou verificar o texto no que concerne às bacias hidrográficas.

Uma rede de atores da pesquisa agrônômica e hidrológica tornou possível este trabalho coletivo facilitando a aproximação dos diferentes autores. São eles os Srs. Prof. V. ANSELMO (Univ. de Turin e de Viterbe), P. de BOISSEZON (ORSTOM-Montpellier), G. GROSCLAUDE (INRA-Nantes), G.F. FRISONI (IARE-Montferrier/Montpellier), Prof. J. SEBILLOTTE (Chefe da Missão Nitratos-Água do Ministério francês do Meio Ambiente-Neuilly).





## BIBLIOGRAFIA

- AII, AIGR, ANBI, ITAL-ICID, CSEI Catania (1991) - *Atti del Convegno : I piani di bacino per la difesa del suolo, la gestione delle acque e la tutela dell'ambiente. Taormina (Sicilia), 23-24 novembre 1990*, Tipografia Coniglione, Catania.
- ANSELMO, V. (1989) - Italian activities in experimental and representative basins in *2nd General Meeting of the European Network of Representative and Experimental Basins. October 3-6, 1988, Perugia*, Quaderni di Idronomia Montana, n° 9 : 21-33.
- ARLOT, M.P. (1990) - Exportation d'azote par les eaux de drainage souterrain. *Proc. 14th ICID Congress, 1990, Rio de Janeiro*, ICID, Q. 42, R. 24 : 345-365.
- ARLOT, M.P. (1990) - *Etude des facteurs influençant les exportations azotées en parcelles drainées*. CEMAGREF, div. Drainage, Antony, 12 p.
- ARLOT, M.P., ZIMMER, D. (1990) - Drainage agricole et lessivage des nitrates. *Prep. Actes du Colloque "Nitrates, Agriculture, Eaux", Paris, novembre 1990*, 6 p.
- BARROIN, G. (1990) - La pollution des eaux par les phosphates. *La Recherche*, vol. 21, n°221 : 620-627.
- BARROIN, G. (1991) - La réhabilitation des plans d'eau. *La Recherche*, vol. 22, n°238 : 1412-1422.
- BOUVEAU, R. (1990) - Azote et pollution : retarder la nitrification. *Le Nouvel Agriculteur*, 20 avril 1990 : 34-35.
- CARMANTRAND, B. de (1990) - La nappe alluviale de la Basse Durance. Impact de l'irrigation sur la quantité et la qualité des eaux. *Proc. 14th ICID Congress, 1990, Rio de Janeiro*, ICID, Q. 42, R. 28 : 411-429.
- CARMANTRAND, B. de (1991) - Gérer et économiser l'eau en agriculture. : l'enseignement de la sécheresse 1989-1990 in *Chercheurs d'eau en Méditerranée*. Ch. ASPE (éd.), Ed. du Félin, Paris : 151-163.
- CARRÉ, P. (éd.) (1992) - Hydrologie agricole. *Actes des Sixièmes Journées Hydrologiques de l'ORSTOM à Montpellier, septembre 1990*, ORSTOM, Paris, sous presse.
- CEMAGREF (1990) - *Actes du Colloque : Eaux et agriculture. Les leçons d'une sécheresse. 8 mars 1990, Paris*, CEMAGREF-DICOVA, Antony, 247 p.
- CNFSH (1986) - *Projet de réseau européen de bassins représentatifs et expérimentaux. 8-10 octobre 1986, CEMAGREF, Aix-en-Provence*, CNFSH, Paris, 40 p.
- CONFERENZA NAZIONALE DELLE ACQUE (1972) - *I problemi delle acque in Italia. Relazioni e documenti*. Tipografia del Senato, Roma.
- COCKBORNE, A.M., JAUZEIN, M., STENGEL, P., GUENNELON, R. (1988) - Variation du coefficient de diffusion de  $\text{NO}_3^-$  dans les sols : influence de la teneur en eau et de la porosité. *Agronomie*, vol. 8, n°10 : 905-914.
- DDASS 44 - Loire-Atlantique (1991) - *La qualité de l'eau*. ADEMART, Nantes, 43 p.
- DEJOUX, C. (1988) - *La pollution des eaux continentales africaines. Expérience acquise. Situation actuelle*. ORSTOM, Paris, 514 p.

- DORIZE, L. (1990) - Economie et climat en France de 1976 à 1989. *Sécheresse*, vol. 1, n°1 : 17-29.
- DUBREUIL, P. (1989) - Pour un suivi à long terme de l'évolution des ressources en eau grâce à un réseau européen de bassins de référence. *Hydrogéologie*, n°2 : 111-114.
- FRITSCH, P., SAINT BLANQUAT, G. de (1985) - La pollution par les nitrates. *La Recherche*, vol. 16, n°169 : 1106-1115.
- FUSTEC, E., SCHENCK, Ch., CLOOTS-HIRSCH, A.-N., SOULIÉ, M., BOUTON, D., et coll. (1991) - *Les nitrates dans les vallées fluviales*. Ministère de l'Environnement, PIREN-Environnement/CNRS, Paris, 51 p.
- GERMANI, M. (1990) - La preservazione delle risorse idriche in agricoltura. *Journée Franco-Italienne sur Recherche et Développement dans les Industries de l'Eau, 25 octobre 1990, CSI La Villette-Paris, AFIRIT, Paris-Rome*, 5 p.
- GIODA, A. (1990) - Atelier Eaux et Agriculture. Compte rendu détaillé. *Journée Franco-Italienne sur Recherche et Développement dans les Industries de l'Eau, 25 octobre 1990, CSI La Villette-Paris, AFIRIT, Paris-Rome*, 9 p.
- GIRARD, G. (1989) - Modélisation conjointe du cycle de l'eau et du transfert des nitrates sur un système hydrologique. *Actes des Quatrièmes Journées Hydrologiques de l'ORSTOM à Montpellier, 14-15 septembre 1988*, ORSTOM, Paris : 211-260.
- HUBERT, P., ADAMSKI, M., MEYBECK, M. (1989) - Simulation de stratégies d'échantillonnage. Application à la Loire et à la Noé Sèche. *Actes des Quatrièmes Journées Hydrologiques de l'ORSTOM à Montpellier, 14-15 septembre 1988*, ORSTOM, Paris : 177-195.
- INRA (1991) - *Quelques thèmes de recherche sur la protection de l'environnement*. Direction de l'Information et de la Communication, INRA, Paris, 34 p.
- JAMET, P., SIMON J.-C. (1991) - *Les polluants agricoles de l'eau. Produits phytosanitaires*. ADEMART, Nantes, ISBN 2.909256.09.X, 18 p.
- J.O. (1992) - Loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau. *Journal Officiel de la République Française*, 4 janvier 1992 : 187-195.
- J.O. (1990) - Ministère de l'Agriculture et de la Forêt. *Journal Officiel de la République Française*, 13 juillet 1990 : 8308.
- JONES, H. G. (1990) - L'irrigation du futur. *La Recherche*, vol. 21, n°221 : 644-653.
- JOSEPH, C., RODIER, C., BLATEYRON, F., CLERC, J.M., GIODA, A., TORTOSA, C., DE PESCARA (1990) - Systèmes de télémesure en contrôle et gestion de l'environnement. *Cahier de Verseau*, n°1, Montpellier/Montferrier, 61 p.
- JOSEPH, C., DALOU, F., SOULIÉ, M. (1989) - Estimation de l'influence des pratiques culturales sur la pollution azotée des nappes. Exemple : captage de Saint-Gilles (France). *Actes du Sisippa 89, Simpósio Internacional sobre Soluções Integradas para Problemas de Poluição da Água, Junho 19-23, 1989, Lisboa*, LNEC, Lisbonne, vol. III : 311-320.

- LELONG, F., DURAND, P., DIDON-LESCOT, J.F., DUPRAZ, C. (1990) - Effects of vegetation type on the biogeochemistry of small catchments (Mont Lozère, France). *Journal of Hydrology, Special issue : Transfer of elements through the hydrological cycle*, vol. 116, n°1-4 : 125-145.
- LHOSTE, M. (éd.) (1987) - *Actes du Congrès : La pollution des eaux par les pesticides et les nitrates*. INA-Paris, 18-19 mars 1987, Annales ANPP, Paris, n° 05, 313 p.
- MEDICI, G. (1985) - *L'irrigazione in Italia*. Edagricole, Bologna.
- MEYBECK, M. (1990) - La pollution des rivières. *La Recherche*, vol. 21, n°221 : 608-617.
- MINISTERO DELL'AGRICOLTURA E DELLE FORESTE (1990) - *I problemi delle acque in Italia. Aggiornamento al 1989 dei risultati della Conferenza Nazionale delle Acque*. Edagricola, Bologna.
- MRT (1990) - *Recherche et qualité de l'eau*. Dossier de presse, 8 mars 1990, MRT, Paris, 19 p.
- NITRATES-AGRICULTURE-EAU (1991) - *Actes du colloque, INA PG, Paris-La Défense, novembre 1990*, INRA, Versailles.
- OBERLIN, G. (1981) - Influence du drainage et de l'assainissement rural sur l'hydrologie. *Bulletin d'information du CEMAGREF*, n° 285, octobre.
- OBERLIN, G. (éd.) (1986) - Modification de la structure foncière et de la couverture des bassins versants in *L'impact des activités humaines sur les eaux continentales. Actes des XIXèmes Journées de l'Hydraulique, 9-11 septembre 1986, Paris*, SHF, Paris, Question I et Compte rendu de séance.
- OBERLIN, G., LAMBERT, P. (1991) - Inondabilité, occupations des sols et besoins de protection. *Courants*, Paris, n°8 : 45-52.
- ROBINSON, M. (1991) - *Review on ERB researches and results concerning the agricultural drainage influence on hydrological regimes*. Institute of Hydrology, Wallingford, Internal report.
- SIMON, J.-C., JAMET, P. (1991) - *Les polluants agricoles de l'eau. Les fertilisants*. ADEMART, Nantes, ISBN 2.909256.06.5, 54 p.
- SIMON, J.-C., LE CORRE, L. (1988) - Lessivage d'azote en monoculture de maïs en sol granitique du Finistère. *Fourrages*, n°114 : 193-207.
- SIMON, J.-C., LE CORRE, L. (1992) - Le bilan apparent de l'azote à l'échelle de l'exploitation agricole : méthodologie, exemples de résultats. *Fourrages*, sous presse.
- TNO (1990) - *Proc. International Conference on Hydrological Research Basins and the Environment. Wageningen, 24-28 September, 1990*, CHO-TNO, the Hague, n°44, 347 p.
- VAN DER BEKEN, A. (1991) - Interuniversity cooperation and university-enterprise partnership in the framework of the programmes of the European Community (EC), *La Houille Blanche*, n°3/4 : 249-252.
- VILLELE, O. de (1991) - *L'irrigation*. ADEMART, Nantes, ISBN 2.909256.01.4, 16 p.
- WHITE, R.E. (1989) - Prediction of nitrate leaching from a structured clay soil using transfer functions derived from externally applied or indigenous solute fluxes. *Journal of Hydrology*, 107 : 31-42.

## GLOSSAIRE DES SIGLES

|          |                                                                                          |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| ADEMART  | Association pour le DEveloppement et la<br>MAîtrise de la Recherche et de la Technologie |
| AFIRIT   | Association Franco-Italienne pour la<br>Recherche Industrielle et Technologique          |
| BRGM     | Bureau de Recherches Géologiques et Minières                                             |
| BVRE     | Bassins Versants Représentatifs et<br>Expérimentaux                                      |
| CEMAGREF | Centre national du Machinisme Agricole, du<br>Génie Rural, des Eaux et des Forêts        |
| CNRS     | Centre National de la Recherche Scientifique                                             |
| DDASS    | Direction Départementale des Affaires<br>Sanitaires et Sociales                          |
| IFARE    | Institut Franco-Allemand de Recherche sur<br>l'Environnement                             |
| IFREMER  | Institut Français de Recherche pour<br>l'Exploitation de la MER                          |
| INRA     | Institut National de la Recherche<br>Agronomique                                         |

ORSTOM

Institut Français de Recherche Scientifique  
pour le Développement en Coopération

MRT

Ministère de la Recherche et de la Technologie

PIREN

Programme Interdisciplinaire de Recherche  
sur l'ENvironnement (CNRS)

SHF

Société Hydrotechnique de France

UIPP

Union des Industries de la Protection des  
Plantes

# LES EAUX DESTINEES A LA CONSOMMATION HUMAINE DOIVENT SATISFAIRE AUX EXIGENCES DE QUALITE SUIVANTES

(Décret du 3 janvier 1989)

| Paramètres                                                                                                                                               | Expression des résultats                                      | Limites de qualité                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>A - PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES</b>                                                                                                                    |                                                               |                                      |
| Couleur                                                                                                                                                  | mg/l échelle Pt/CO                                            | 15                                   |
| Turbidité                                                                                                                                                | Unités Jackson                                                | 2                                    |
| Odeur                                                                                                                                                    | Taux de dilution : 2<br>Taux de dilution : 3                  | 0 (à 12° C)<br>0 (à 25° C)           |
| Saveur                                                                                                                                                   | Taux de dilution : 2<br>Taux de dilution : 3                  | 0 (à 12° C)<br>0 (à 25° C)           |
| <b>B - PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES EN RELATION<br/>AVEC LA STRUCTURE NATURELLE DES EAUX</b>                                                             |                                                               |                                      |
| Température*                                                                                                                                             | °C                                                            | 25                                   |
| pH** (potentiel d'hydrogène)                                                                                                                             | Unités pH                                                     | 6,5 ≤ pH ≤ 9                         |
| Chlorures                                                                                                                                                | mg/l Cl                                                       | 200                                  |
| Sulfates                                                                                                                                                 | mg/l SO <sub>4</sub>                                          | 250                                  |
| Magnésium                                                                                                                                                | mg/l Mg                                                       | 50                                   |
| Sodium                                                                                                                                                   | mg/l Na                                                       | 150                                  |
| Potassium                                                                                                                                                | mg/l K                                                        | 12                                   |
| Aluminium total                                                                                                                                          | mg/l Al                                                       | 0,2                                  |
| Résidus secs                                                                                                                                             | mg/l après<br>dessiccation à 180° C                           | 1500                                 |
| * Sauf en cas de traitement thermique pour la production d'eau chaude.<br>** Les valeurs du pH ne s'appliquent pas aux eaux conditionnées non minérales. |                                                               |                                      |
| <b>C - PARAMETRES CONCERNANT DES SUBSTANCES INDESIRABLES</b>                                                                                             |                                                               |                                      |
| Nitrates                                                                                                                                                 | mg/l NO <sub>3</sub>                                          | 50                                   |
| Nitrites                                                                                                                                                 | mg/l NO <sub>2</sub>                                          | 0,1                                  |
| Ammonium                                                                                                                                                 | mg/l NH <sub>4</sub>                                          | 0,5                                  |
| Azote Kjeldahl                                                                                                                                           | mg/l N. N. de NO <sub>2</sub><br>et de NO <sub>3</sub> exclus | 1                                    |
| Oxydabilité (ou KMnO <sub>4</sub><br>en milieu acide)                                                                                                    | mg/l O <sub>2</sub>                                           | 5                                    |
| Hydrogène sulfure                                                                                                                                        | mg/l                                                          | non détectable<br>organoleptiquement |
| Hydrocarbures dissous ou émulsionnés (après extraction au CCl <sub>4</sub> )                                                                             | mg/l                                                          | 0,01                                 |
| Phénols* (indice Phénols)                                                                                                                                | µg/l C.H.OH                                                   | 0,5                                  |
| Agent de surface (réagissant<br>au bleu de méthylène)                                                                                                    | mg/l<br>(lauryl-sulfate)                                      | 0,2                                  |
| Fer                                                                                                                                                      | mg/l Fe                                                       | 0,2                                  |
| Manganèse                                                                                                                                                | mg/l Mn                                                       | 0,05                                 |
| Cuivre                                                                                                                                                   | mg/l Cu                                                       | 1                                    |
| Zinc                                                                                                                                                     | mg/l Zn                                                       | 5                                    |
| Phosphore                                                                                                                                                | mg/l P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                            | 5                                    |
| Fluor.                                                                                                                                                   | mg/l F                                                        | 0,7 à 1,5                            |
| Argent                                                                                                                                                   | mg/l Ag                                                       | 0,01                                 |
| * A l'exclusion des phénols naturels qui ne réagissent pas au chlore.                                                                                    |                                                               |                                      |

| Paramètres                                                                                                                                                                                                                      | Expression des résultats     | Limites de qualité                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|
| <b>D - PARAMETRES CONCERNANT DES SUBSTANCES TOXIQUES</b>                                                                                                                                                                        |                              |                                          |
| Arsenic                                                                                                                                                                                                                         | µg/l As                      | 50                                       |
| Cadmium                                                                                                                                                                                                                         | µg/l Cd                      | 5                                        |
| Cyanures                                                                                                                                                                                                                        | µg/l CN                      | 50                                       |
| Chrome total                                                                                                                                                                                                                    | µg/l Cr                      | 50                                       |
| Mercur                                                                                                                                                                                                                          | µg/l Hg                      | 1                                        |
| Nickel                                                                                                                                                                                                                          | µg/l Ni                      | 50                                       |
| Plomb                                                                                                                                                                                                                           | µg/l Pb                      | 50                                       |
| Antimoine                                                                                                                                                                                                                       | µg/l Sb                      | 10                                       |
| Sélénium                                                                                                                                                                                                                        | µg/l Se                      | 10                                       |
| Hydrocarbures Polycycliques<br>Aromatiques (H.P.A.)<br>Fluoranthène<br>Benzo (3,4) fluoranthène<br>Benzo (1,1,12) fluoranthène<br>Benzo (3,4) pyrène<br>Benzo (1,12) perylène<br>Indéno (1,2,3-cd) pyrène<br>Benzo (3,4) pyrène | µg/l<br>µg/l                 | 0,2<br>(total des<br>6 éléments)<br>0,01 |
| <b>E - PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES</b>                                                                                                                                                                                          |                              |                                          |
| Coliformes totaux                                                                                                                                                                                                               | 100 ml                       | 0*                                       |
| Coliformes thermotolérants                                                                                                                                                                                                      | 100 ml                       | 0                                        |
| Streptocoques fécaux                                                                                                                                                                                                            | 100 ml                       | 0                                        |
| Bactéries sulfite-réductrices                                                                                                                                                                                                   | 20 ml                        | 1                                        |
| Salmonelles                                                                                                                                                                                                                     | 5 litres                     | 0                                        |
| Staphylocoques pathogènes                                                                                                                                                                                                       | 100 ml                       | 0                                        |
| Bactériophages fécaux                                                                                                                                                                                                           | 50 ml                        | 0                                        |
| Entérovirus                                                                                                                                                                                                                     | 10 litres                    | 0                                        |
| * 95 % au moins des échantillons prélevés ne doivent pas contenir de coliformes totaux dans 100 ml d'eau.                                                                                                                       |                              |                                          |
| <b>F - PESTICIDES ET PRODUITS APPARENTES</b>                                                                                                                                                                                    |                              |                                          |
| Insecticides, herbicides<br>fongicides PCB, PCP<br>• par substance individuellement<br>sauf pour :<br>— Aldrine<br>— Dieldrine<br>— Hexachlorobenzène<br>• pour le total des substances<br>mesurées                             | µg/l<br>µg/l<br>µg/l<br>µg/l | 0,1<br>0,03<br>0,03<br>0,01<br>0,5       |
| <b>G - PARAMETRES CONCERNANT LES EAUX ADOUCIES OU<br/>DÉMINÉRALISÉES LIVRÉES A LA CONSOMMATION HUMAINE</b>                                                                                                                      |                              |                                          |
| Les eaux adoucies ou déminéralisées livrées à la consommation humaine doivent satisfaire, en outre, aux exigences suivantes :                                                                                                   |                              |                                          |
| 1. La dureté totale ne doit pas être inférieure à 15 degrés français.                                                                                                                                                           |                              |                                          |
| 2. L'alcalinité ne doit pas être inférieure à 2,5 degrés français.                                                                                                                                                              |                              |                                          |
| Ces dispositions ne sont pas applicables aux eaux adoucies ou déminéralisées ayant subi un traitement thermique pour la production d'eau chaude.                                                                                |                              |                                          |