



Programme Interdisciplinaire de Recherche " Environnement, Vie et Sociétés "

DOCUMENT



n° 16331-2

Programme Interdisciplinaire de Recherche
sur **l'Environnement Eau** en Alsace

Rapport de synthèse 1989 • 1994

Transfert de **contaminants** vers la nappe phréatique du fossé rhénan en Alsace

Pôle de recherche **environnement** novembre 1995

CONTAMINANTS

actm C. Othencée  e. Killbiller 

PROLOGUE

1992
16331

Dans le domaine de l'eau-environnement abordé dans sa triple dimension, physique, biologique et sociale, **les enjeux** sont à la fois scientifiques, économiques et de société.

Le chercheur doit raisonner sur des cycles d'observation et des durées d'évolution nettement plus longues que le temps de réponse qu'exige l'électeur du décideur politique ou qui permet l'**équilibre** de son budget au producteur (industriel ou agricole).

Relatives aux enjeux, la situation et la réflexion actuelles sont délicates et difficiles parce qu'au-delà des problèmes de "flux de pollution" se posent les problèmes de "l'accumulation de **contaminants**" dans tous les compartiments des systèmes écologiques, à diverses échelles d'espace et aux conséquences quasi inconnues pour la plupart car n'apparaissant que graduellement dans le temps.

Pour relever les défis, le rassemblement d'acteurs du monde scientifique, du secteur socio-économique et de la sphère politique, s'est concrétisé en Alsace pour parvenir à une connaissance scientifique des problèmes d'environnement et à une maîtrise de leur évolution. Il y faut un "art particulier", ainsi qu'une programmation des opérations ménageant un temps initial suffisamment long, pour permettre aux uns et aux autres de se positionner dans le projet global, de définir en commun les problèmes et les objectifs de la recherche. Ce type d'approche associant chercheurs, aménageurs, décideurs et utilisateurs, a été effectué dans le cadre de programmes tels PIREN [Zilliox, 1992-a].

Le dialogue entre acteurs doit y être permanent : la démarche du **PIREN-Eau/Alsace** a bénéficié de l'analyse et du soutien du "**Groupe de suivi**" composé de représentants de la Communauté Scientifique nationale (CNRS, Universités, départements ministériels), des Services Techniques de l'**Etat** (DIREN-Alsace) et de la Région (Conseil Régional d'Alsace).

• Pertinence et reconnaissance, quelques éclairages.

Dans la lettre du Programme interdisciplinaire de recherche "Environnement, Vie et Sociétés" - N° 14, septembre 1995 - du CNRS, la démarche du **PIREN-Eau/Alsace** est soulignée en ces termes :

«A l'origine des projets sur l'eau du Pôle Continental, il concrétise en 1995 ses quinze années d'activité scientifique en prise directe avec les acteurs du terrain (collectivités, chambres consulaires, producteurs). Avec l'étude de la nappe phréatique rhénane comme "modèle naturel" et celle de son fonctionnement dans le but de garantir la qualité de l'approvisionnement en eau potable, la recherche interdisciplinaire prit en compte une double optique dans le "**projet Alsace 2005**"» (voir illustration page suivante).

Pour compléter la "reconnaissance nationale" associée à la pertinence de la prospective régionale où les scientifiques ont été appelés à jouer un rôle important de "consultants", il est utile de relever la présence reconnue des chercheurs du PIREN-Eau/Alsace au niveau international. Cette reconnaissance s'est notamment concrétisée dans la participation au Rapport Quadriennal 1991-94 (section des sciences hydrologiques du CNFGG), publié avec le concours de l'Académie des Sciences et présenté à l'Assemblée Générale de l'Union Géodésique et Géophysique **Internationale** à Boulder (Colorado, 2-14 juillet 1995).

Cette **publication**, introduit l'historique du PIREN-Eau/Alsace et constitue par ailleurs un **résumé substantiel du présent rapport** de synthèse (tiré-à-part disponible à l'**IFARE**).

Rappelons encore qu'une équipe du PIREN-Eau/Alsace était invitée par l'université de **Toyo** (Japon) à participer en octobre 1992 au symposium "Environmental Issue of Water Pollution in the Rhine **Basin** and River Basins in Japan".

A partir de 1995, le Groupement d'**Intérêt** Public - GIP - "**Hydrosystèmes**" a retenu le "territoire expérimental" du PIREN-Eau/Alsace parmi un choix national d'une dizaine de SITES-Atelier. Le Comité "Systèmes Ecologiques et Actions de l'**Homme**" (**SEAH**) du Programme du CNRS soutient le PIREN-Eau/Alsace dans le cadre de l'appel "à développer une compréhension **mécaniste** du mode d'action des déterminants socio-économiques et biophysiques des changements d'utilisation de l'hydrosystème étudié".

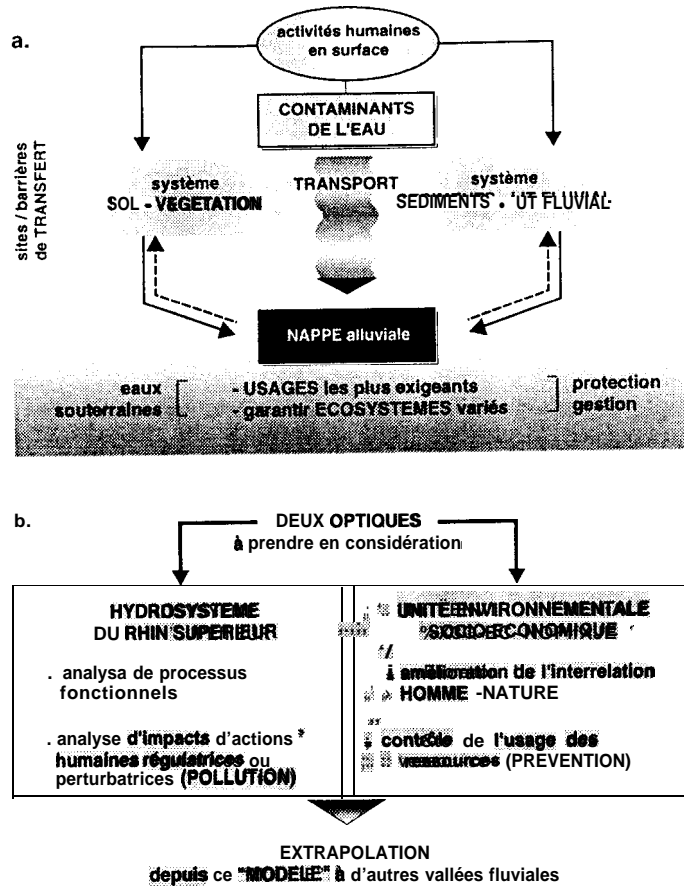


Illustration de la thématique 1989-1994 (3ème phase) du PIREN-Eau/Alsace [ZILLIOX et (II., 1995)].

. Réalités et risques, espoirs pour demain.

Le groupe interdisciplinaire de recherche sur l'eau - environnement en Alsace, au-delà de la mise en oeuvre de modèles qui concourent à la saisie de "dynamiques transitoires", développe les connaissances pour parvenir à une perception réaliste et simultanée d'actions orientées vers la protection de la santé humaine, vers la préservation des milieux et des ressources, vers un progrès technologique créateur de richesse. Pour notre Société de demain, la capacité de prendre en compte l'ensemble de ces trois préoccupations est la condition nécessaire pour **réussir son développement efficace dans la durée.**

Un tel champ d'expérience ne peut se satisfaire d'une réduction à la logique disciplinaire. Le **risque** pour demain serait d'oublier que les champs de l'environnement se définissent par référence à une problématique qui est avant tout sociale, politique au vrai sens du terme.

Si tout le monde s'accorde à dire aujourd'hui que les pollutions sont des perturbations introduites dans le fonctionnement des écosystèmes par l'homme et ses activités, personne ne dispose de solution miracle.

Le "Zorro nouveau", scientifique, industriel ou politique qui demain, à lui seul, sauvera la planète Terre, n'est pas prêt d'arriver. Par contre, il est dès maintenant indispensable **d'élargir la notion d'ingénierie environnementale** qui consiste le plus souvent à mettre en oeuvre des techniques de mesure et de contrôle d'une part, des procédés de traitement d'autre part. Une tentative de réponse -inspirée par la méthodologie du **PIREN-Eau/Alsace**- pourrait être fondée sur un "savoir-faire" associant à une culture scientifique pour ingénieur de solides acquis en sciences des milieux naturels, en sciences de la vie, de l'homme et de la société, fondée aussi sur un "savoir-être" -communiquer" avec tous les spécialistes et partenaires.

PLANGENERAL

	Pages
INTRODUCTION GENERALE	3
1. LA RESSOURCE "EAU"	7
1.1 Introduction	7
1.2 Dynamique et fonctionnement de la ressource	8
1.2.1 Evaluation de la recharge de la nappe phréatique d'Alsace	8
1.2.2 Modélisation mathématique du fonctionnement du bassin-versant	16
1.2.3 Spatialisation des caractéristiques de l'écoulement sur le bassin de l'111	20
1.3 Transport d'un soluté du réseau hydrographique vers les captages d'eau souterraine	311
1.4 Perception des risques : résultats d'enquêtes dans le Ried Nord	24
1.5 Estimation de la valeur de préservation de la qualité des eaux souterraines	36
2. MECANISMES ET PROCESSUS DE TRANSFERT DE CONTAMINANTS VERS LA NAPPE	35
2.1 Mécanismes de transport de micropolluants métalliques et organiques	35
2.1.1 Le transport de micropolluants à travers un milieu poreux	35
2.1.2 La dégradation des pesticides par les microorganismes de l'environnement rhénan. Interactions amibes-bactéries	43
2.2 Interactions eaux de surface-eaux souterraines-écosystèmes forestiers alluviaux	53
2.2.1 Echange Rhin-nappe révélés par les bioindicateurs végétaux	51
2.2.2 Rôle épurateur du système sol-racines des forêts alluviales	62
3. IMPACT DES ACTIVITES HUMAINES	69
3.1 Mutations rurales et relations à l'eau. Approche géographique - espace du Rhin méridional.	69
3.2 Dynamique des nitrates dans les sols et la nappe	72
3.2.1 Modélisation du transfert des nitrates dans les sols : le modèle PERNEAU	73
3.2.2 Transfert des nitrates dans l'hydrosystèmes sol-aquifère à l'échelle d'une centaines d'hectares	76

3.3 Erosion des sols en zone inondable du Ried central de l'111. Etude des mécanismes de l'ablation des sols par courants d'inondation	86
3.3.1 Première démarche : étude expérimentale au laboratoire	87
3.3.2 Deuxième démarche : appréciation de l'action érosive sur le terrain	92
3.3.3 Conclusion	97
3.4 Enjeux du retournement des prairies	99
3.4.1 La gestion contrastée de l'espace	99
3.4.2 Les agriculteurs et le maintien des prairies	104
3.4.3 La gestion de l'espace comme champ social	107
4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	111
LISTE DES TRAVAUX 1989 - 1994	117
LISTE DES SIGLES	169

SITUATION DE LA RECHERCHE DU **PIREN-Eau/Alsace**

L'action PIREN-Eau en Alsace a son point d'ancrage dans les "aspects biosphériques du cycle hydrologique". Concernant le fossé rhénan comblé par l'énorme accumulation d'alluvions du Rhin et de ses affluents supérieurs, le programme s'inscrit dans l'étude des systèmes hydrologiques continentaux. Sur de grands secteurs, la qualité originelle encore préservée des eaux souterraines permet leur distribution sans traitement aux consommateurs. Mais les altérations dues aux divers usages de l'eau sont de plus en plus ressenties négativement alors que les conséquences écologiques de multiples contaminations de l'eau et des sols apparaissent graduellement. L'action interdisciplinaire et multipartenaire met bien en relief la nécessité de la démarche prospective et de l'approche pluriéchelle (dans l'espace et dans le temps) [Ackerer et Zilliox, 1992]. Elle concerne les écosystèmes et l'utilisation des ressources sous l'angle de l'aménagement du territoire et de la gestion préventive d'un hydrosystème complexe.

Sous le thème général de sa troisième phase (1989-94), **TRANSFERT DE CONTAMINANTS VERS LA NAPPE PHRÉATIQUE DU FOSSÉ RHENAN EN ALSACE**, le programme scientifique interdisciplinaire est mené en concertation avec les partenaires des missions "eau et environnement" du Conseil Régional d'Alsace, de la DIREN et du Secrétariat général des affaires régionales et européennes. Il a été **cofinancé** par le Programme Environnement du CNRS et la Région Alsace.

Le **PIREN-Eau/Alsace** a pour objectif de mieux connaître les mécanismes physiques, chimiques et biologiques subissant les effets perturbateurs provoqués par l'homme. Les activités humaines dégradent les différents compartiments du cycle de l'eau et notamment les **aquifères alluviaux** de l'Ill et du Rhin. Ces derniers sont **représentatifs** d'hydrosystèmes continentaux tels qu'ils existent dans les plaines alluviales des grands fleuves (ex. des relations rivières-nappe, [Estèves, 1989]).

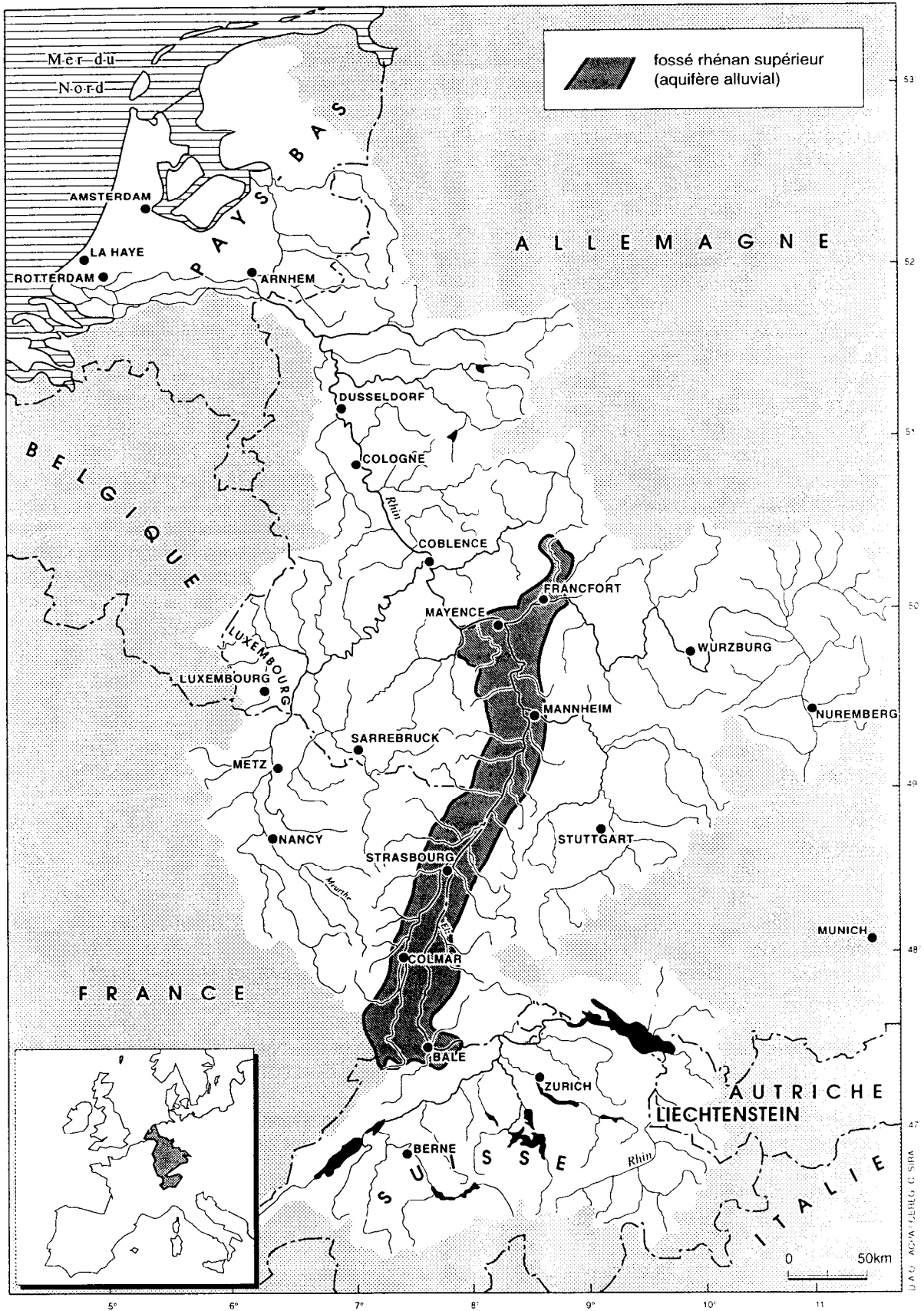
L'extension exceptionnelle, dans les trois dimensions, du "fossé" rhénan de par la "puissance" naturelle de sa nappe phréatique transfrontalière et par l'importance de la ressource "eaux et sols" **dans le contexte socio-économique eurorégional**, confère à la démarche du **PIREN-Eau/Alsace** son caractère prospectif : il s'agit d'évaluer le potentiel d'adaptation de la ressource EAU à un développement "durable" simultanément confronté à une forte croissance de la demande (en quantité et en qualité) individuelle et collective et à la restriction grandissante des usages due à de multiples pollutions (récentes ou anciennes à effets différés) [Zilliox, 1989-a].

Le développement des recherches du PIREN-Eau/Alsace contribue à la consolidation des **fondements scientifiques** [Zilliox, 1994] nécessaires à l'élaboration de **solutions techniques et législatives** devant apporter la garantie de l'approvisionnement en eau et la sécurité globale de sa qualité avec la protection des écosystèmes aquatiques et terrestres adjacents (Projet Alsace 2005, SDAGE du Bassin Rhin-Meuse).

Cette **préoccupation** d'une eau "suffisamment disponible et de qualité irréprochable" devient quasi **existentielle pour notre société** industrielle avec la double nécessité :

- d'assurer une protection efficace des hydrosystèmes par un aménagement du territoire adapté à la conservation de la qualité de l'eau dans son gîte (souterrain notamment) ;
- de concevoir des outils de prévention et d'utiliser des technologies de traitement d'eaux entraînant un minimum d'effets négatifs pour l'homme et les milieux naturels.

Au plan de la gestion, la réussite reposera sur une prise en compte de l'ensemble du cycle hydrologique et sur la mise en oeuvre de stratégies transfrontalières, interrégionales, à l'échelle de **l'hydrosystème** global (cf. carte du bassin rhénan avec la nappe phréatique du Rhin Supérieur. ci-après).



4. CONCLUSION

L'ensemble des travaux réalisés de 1989 à 1994 avait pour but de dégager et d'analyser les mécanismes et processus mis en cause dans la dégradation des différents compartiments du cycle de l'eau, réservoirs aquifères alluviaux notamment. Il s'agissait de comprendre comment se faisait le transfert de contaminants vers ces aquifères à travers deux systèmes, le système lit fluvial et le système sol-végétation.

Plusieurs échelles d'analyse ont été prises en compte :

- l'échelle régionale a permis entre autres l'évaluation de la recharge de la nappe phréatique d'Alsace à la fois par les précipitations efficaces et par le réseau hydrographique. A cette échelle ont été identifiées des zones privilégiées d'infiltration du fleuve vers la nappe, permettant ainsi l'introduction des polluants dans la nappe ;
- l'échelle stationnelle a d'une part montré le rôle épurateur du système alluvial sol-forêt vis-à-vis des eaux d'inondation vers la nappe sur le site de recherches intégrées, l'île de **Rhinau**, et d'autre part permis de valider le modèle de simulation du transfert des nitrates à la nappe sur une parcelle d'une centaine **d'hectares** ;
- l'échelle ponctuelle précise les mécanismes d'échange de micropolluants (mercure, disulfoton, PMA...) avec la phase solide (travaux sur colonnes de laboratoire), mais aussi les mécanismes de résistance aux micropolluants (composés mercuriels) de microorganismes (amibes, bactéries).

Parmi les nombreux résultats obtenus, on en retiendra les plus marquants :

L'estimation de la réalimentation de la nappe par les pluies efficaces est fondée sur un modèle spatialisé qui s'appuie sur une cartographie de la réserve utile des sols. Les résultats montrent l'influence majeure de l'occupation du sol sur l'infiltration profonde. C'est ainsi que la recharge globale serait en première approximation de l'ordre de 360 Mm³ pour une couverture unique en prairie, et de 880 Mm³ pour une couverture en maïs.

L'estimation de l'alimentation de la nappe par le réseau hydrographique a été limitée à la portion de plaine concernée par le bassin de l'111. Pour ce faire, on a utilisé la méthode des bilans d'écoulement. En 1984, une année assez proche de la normale, le bilan global favorable au drainage, par les rivières phréatiques essentiellement, a été estimé à 83 Mm³. La tendance s'avère étroitement dépendante des caractéristiques climatiques de l'année et de celles de la période précédente. Ces caractéristiques contrôlent également l'essentiel de la variabilité spatiale des écoulements sur l'ensemble du massif vosgien.

L'eau-ressource est aussi objet de perception parfois négative par l'homme. C'est ainsi que l'on continue à redouter l'eau et que les souvenirs des inondations, alors même que celles-ci n'existent plus dans le secteur étudié du Ried Nord, habitent encore les mémoires. On a également tenté d'évaluer la valeur de préservation de la qualité des eaux souterraines. Celle-ci concerne la disponibilité à payer des ménages pour cette préservation. La méthode mise au point a utilisé des questionnaires contingents. Les résultats de l'enquête ayant porté sur 800 ménages ont permis de déterminer la disponibilité moyenne à payer et de mettre en évidence les variables significatives de celle-ci.

La ressource "eau" ayant été définie en intégrant des aspects de mise en place et de perception, il s'agissait alors de préciser son degré de contamination dans un secteur où la nappe est proche du sol et donc potentiellement vulnérable, et d'analyser les mécanismes facilitant ou limitant le transfert des contaminants vers la nappe.

Les puits de captage destinés à l'alimentation en eau potable sont souvent situés dans les **aquifères** alluviaux, à peu de distance de rivières contaminées dont une partie des eaux est **susceptible** de s'infiltrer et d'apporter des polluants à la nappe de captage. Des expériences de **traçage** ont été

réalisées afin de valuer la vitesse de propagation d'un polluant de la rivière vers l'aquifère. Celle-ci peut être localement très élevée, jusqu'à 40 m/jour. Mais les vitesses de propagation peuvent varier fortement, révélant des hétérogénéités très importantes du milieu aquifère sur un secteur d'extension réduite. Les temps de transfert de la rivière à la nappe s'échelonnent sur quelques heures à quelques semaines, en fonction du degré de perméabilité du substrat traversé.

Plusieurs contaminants ont été étudiés, les uns introduits dans l'environnement rhénan suite à l'accident Sandoz, tels l'acétate de phénylmercure (PMA, fongicide) et le disulfoton (insecticide), d'autres issus de pollutions anciennes ou diffuses comme les métaux lourds (mercure, cadmium) ou encore les nitrates.

On a ainsi pu montrer grâce aux travaux réalisés sur colonne de sable de quartz que les mécanismes d'adsorption des composés du mercure, les organomercuriels (PMA), l'ion libre Hg^{2+} ou encore des complexes cationiques HgL^+ (L : ligand) font intervenir les oxydes et hydroxydes présents à la surface de la phase solide; l'adsorption est plus ou moins réversible, la désorption étant facilitée notamment par la présence de chlorures. Par ailleurs il a été révélé des possibilités de biodégradation du PMA par une souche bactérienne possédant des gènes de résistance au mercure (*Pseudomonas fluorescens*). Ces gènes confèrent la même résistance à des amibes libres de l'environnement rhénan, grâce à l'association symbiotique amibes-bactéries possédant les gènes de résistance.

Une contamination mercurielle généralisée des compartiments (eau, sédiments, bryophytes et gammares) des écosystèmes aquatiques de la frange rhénane a été effectivement identifiée, des concentrations plus élevées ayant été mesurées dans les secteurs privilégiés d'infiltration d'eau du Rhin dans sa nappe riveraine. Ce sont les secteurs amont des barrages de prise d'eau et le secteur du coude du fleuve où l'on a également pu mesurer des teneurs anormalement élevées de phosphates. Cette anomalie s'est traduite par l'apparition et le développement souvent exubérant des espèces aquatiques eutrophes dans les cours d'eau directement alimentés par la nappe (rivières phréatiques).

Nous avons ainsi pu mettre au point trois méthodes d'étude des échanges rivière-nappe : dosage chimique (traceurs, phosphates et mercure), bioindicateurs végétaux et jaugeage différentiel dont l'utilisation combinée sur une rivière phréatique-test confirme sans ambiguïté la localisation des échanges.

L'intensité de la contamination de la nappe riveraine du Rhin canalisé a pu être expliquée par la conjonction de deux processus : la mise en charge importante de la nappe par le lit mineur du fait de son rehaussement par les barrages et la suppression des zones inondables qui agissaient en tampon-écran ou bioépuration. L'étude du fonctionnement de l'interface forêts alluviales-sols-nappe dans la zone résiduelle inondable de l'île de Rhinau a montré l'efficacité du piégeage dans les sols et la biomasse des minéraux eutrophisants (azote et phosphore) durant le transit des eaux d'inondation pourtant fortement chargées, mais aussi l'effet bioépuration-régulateur vis-à-vis de ces mêmes éléments en dehors des épisodes de crue, protégeant ainsi la nappe de l'eutrophisation.

Enfin une étude très détaillée a porté sur la dynamique de transfert des nitrates vers la nappe. Un modèle de simulation a été élaboré pour appréhender les mécanismes élémentaires. En l'absence de cultures, le modèle reproduit bien les observations effectuées sur une verticale. A l'échelle du site d'une centaine d'hectares, la variabilité spatio-temporelle des flux hydriques et nitriques est importante. Dans la comparaison des courbes d'évolution des concentrations en nitrates calculées et des valeurs mesurées dans la nappe, seules les tendances et l'ordre de grandeur des augmentations sont bien restitués par le modèle.

Cette troisième phase du programme PIREN-Eau/Alsace (démarré en 1980 dans le cadre de la gestion écologique des ressources en eau dans la plaine du Rhin en Alsace) complète les connaissances acquises sur le bassin de l'111 domaniale, associant un affluent, la Fecht, alimenté par un grand nombre de petits bassins-versants vosgiens. La deuxième phase, focalisée sur le champ d'inondation de l'111, avait mis l'accent sur les problèmes liés aux nitrates et aux inondations. Cette troisième phase a porté ses efforts sur la frange rhénane de la nappe.

Il ressort que les connaissances acquises dans les différentes phases du programme **PIREN-Eau/Alsace** devraient nous permettre d'appréhender le degré de sensibilité de la nappe aux contaminations ponctuelles et diffuses en fonction d'un ensemble de facteurs qui conditionnent la contamination.

Des zones et des niveaux d'intervention dans une perspective de préservation ou de restauration de la qualité des eaux pourraient alors être définis.

PERSPECTIVES

Le développement des programmes de recherche sur **l'Environnement** en Alsace pour les années ~~1995~~ 1995-1998 pourrait s'orienter vers **“la mise au point d'un outil scientifique d'évaluation des risques de contamination de la ressource eau souterraine : application à la nappe phréatique en Alsace”**.

Les recherches ainsi proposées visent à une meilleure connaissance de la manière dont les facteurs en cause se combinent pour déterminer la vulnérabilité de la nappe en un secteur donné; elles aboutiront à la définition d'un indice global de vulnérabilité dont la valeur est caractéristique d'un système donné. Ceci suppose la quantification de l'action des facteurs élémentaires et l'évaluation de l'importance relative de chacun d'entre eux. Cette approche a été initiée dans un document concernant la pollution par les nitrates dans les vallées fluviales, nous nous proposons de la généraliser pour l'appliquer à d'autres **contaminants**, en intégrant les volets perception socio-économique et juridique.

Les facteurs élémentaires seraient combinés en trois types d'indices :

- d'une part les facteurs liés aux caractères physico-chimiques et biologiques d'un secteur donné. Leur combinaison détermine un indice de vulnérabilité intrinsèque de la nappe,
- d'autre part les facteurs liés aux caractères induits par le mode de gestion des espaces. Leur combinaison détermine un indice de vulnérabilité induite,
- enfin le troisième indice concerne la manière dont les agents sociaux conçoivent la valeur sociale, économique et juridique de la ressource “eau” et perçoivent sa fragilité et les risques qu'elle implique. Il constituera l'indice de vulnérabilité perçue qui interviendra fortement tant sur le mode de faire-valoir que sur l'aide à la décision en aval de la connaissance de l'indice partiel de vulnérabilité combinant vulnérabilités intrinsèque et induite.

La conceptualisation de ces indices sera suivie de leur analyse et combinaison grâce à l'utilisation d'outils de traitement de données géo-référencées, outils déjà existants (par exemple BRGM, travaux américains) tels que les systèmes d'information géographiques (SIG).

Enfin sur la base de simulations faisant varier les facteurs en cause et leur poids respectif, les zones d'intervention prioritaires pourraient être choisies et les différents niveaux et domaines d'intervention définis.

Plusieurs phases de recherches se dérouleront parallèlement et successivement pour atteindre cet objectif.

Dans une première phase (3 ans), on abordera à l'échelle de la parcelle **et/ou** du tronçon de ~~COURS~~ d'eau ou du petit bassin-versant, l'étude des mécanismes qui déterminent les réserves et les **flux** d'eau et de matière (éléments minéraux, micropolluants) dans les écosystèmes terrestres (forêts, prairies, agrosystèmes) et aquatiques (cours d'eau).

Ainsi l'analyse et le suivi des transferts de polluants vers et dans la nappe **phréatique** dans un secteur donné permettront de définir un système d'évaluation de l'impact des pollutions ~~d'origine~~ ponctuelle et diffuse, et contribuer à l'élaboration de schémas de gestion **des eaux souterraines**.

La mise en relation des types d'occupation des sols en zone rurale (forêts, prairies, cultures) avec l'efficacité épuratoire de ces types de végétation précisera dans quelle proportion le système alluvial forestier ou **prairial** diminue la charge minérale atteignant la nappe.

En zone de montagne, la connaissance de la ressource en eau du point de vue quantitatif et qualitatif est un élément essentiel pour une gestion optimale de la ressource en eau des secteurs aval. Le couplage des modèles pluviométriques spatialisés et des modèles de fonctionnement hydrique et hydrologique utilisés par les différents laboratoires concernés constitue une approche fiable pour évaluer l'impact des changements d'occupation du sol, qu'ils résultent d'actions anthropiques, d'effets purement climatiques ou encore d'une dégradation de la qualité de l'air (déperissement forestier). Les bassins de recherche emboîtés des Vosges, exploités de longue date, représentent des observatoires de l'environnement pouvant utilement contribuer à une meilleure compréhension de cette problématique.

A l'échelle régionale, la nappe phréatique alsacienne, on tentera de modéliser l'hydrodynamique de la nappe et plus particulièrement la recharge de la nappe par l'infiltration efficace. La dynamique et la régénération des forêts riveraines pourrait être mise en relation avec les aménagements hydrauliques du Rhin qui ont fortement modifié les niveaux et battements de la nappe mais aussi sa qualité. Il faudra prendre en compte également les nouveaux modes de gestion des zones alluviales (réserves naturelles, création de bassins de rétention de crue, pratiques culturelles).

- Dans une deuxième phase, les données obtenues pourraient être rassemblées dans une banque de données et spatialisées à l'aide d'un Système d'information géographique (SIG).

Les recherches proposées s'appuieront sur la zone atelier "la nappe du Rhin supérieur et son bassin" mise en place en 1995 dans le cadre du GIP Hydrosystèmes. Elles seront soutenues pour partie par le Programme Interdisciplinaire sur **l'Environnement** Vie et Société - Systèmes Ecologiques et Action de l'homme (**SEAH**) en ~~1995~~ 1996.

Ainsi les sites alluviaux retenus sont actuellement gérés en réserve naturelle intégrale pour Erstein et **Rhinau**, réserves volontaires pour **l'Illwald**. Ils constituent des champs d'expérimentation en grandeur réelle, présentant une grande diversité de conditions environnementales (substrat, hydrologie, végétation).

Le site "cours d'eau" est le bassin amont de l'111, de l'aval de Mulhouse à l'amont de Colmar et la vallée de la Thur fortement industrialisée avant sa confluence avec l'111. Ce secteur de l'111 correspond à une zone d'infiltration des eaux de l'111 vers la nappe.

Les sites de montagne comprennent les bassins de recherche vosgiens du Ringelbach (36 ha, granites, prairie), du Strengbach (80 ha, granites, forêt), équipés respectivement depuis 1975 et 1985 pour la mesure des flux de matière (eau et éléments) et l'étude du fonctionnement hydrologique et topoclimatologique. Ces bassins élémentaires constituent les plus petites unités des bassins emboîtés de la Fecht (jusqu'à 450 **km²**).