

RECHERCHE ENVIRONNEMENT

n° 9/2002

Octobre 2002

LA LETTRE DU SERVICE DE LA RECHERCHE ET DE LA PROSPECTIVE DE LA D4E



MINISTÈRE
DE L'ÉCOLOGIE
ET DU
DÉVELOPPEMENT DURABLE

> Un forum sur la qualité des sols

Un colloque sur la qualité des sols s'est déroulé au MEDD en présence de plus de 350 personnes, scientifiques et gestionnaires, pour discuter la publication de la communication sur les sols de l'Union européenne, et pour informer sur les réalisations récentes au niveau national, que ce soit pour la concertation des actions publiques, la mise en place d'actions nouvelles (notamment le réseau de surveillance RMQS) ou les premiers résultats des recherches lancées par le MEDD et l'ADEME en 1999.

Lors de ce colloque le sol a été décrit comme une ressource limitée, soumise à des contraintes et des dégradations croissantes, mais ayant des fonctions multiples. Si la fonction de production doit en être préservée, ses autres «fonctions environnementales» apparaissent également essentielles, ce qui justifie la mise en place de dispositifs de protection. Ces dispositifs doivent être imaginés à l'échelle de l'Europe, mais également au niveau mondial, dans le contexte des suites du Sommet de Rio et dans le cadre des 3 grandes conventions qui en sont issues (climat, biodiversité et désertification).

Afin de protéger les sols, la nécessité de bien les connaître et l'intérêt de la mise en place d'un réseau de surveillance sont apparus clairement. Le réseau français (RMQS, réseau de mesure de la qualité des sols) peut constituer, avec sa maille 16/16 km identique au réseau européen des forêts, un exemple intéressant à généraliser. Les recherches en cours fournissent déjà des indicateurs biologiques (biodiversité de la macrofaune et de la microflore), et d'autres destinés à l'évaluation des stocks de carbone, mais aussi de la qualité de la matière organique (indicateurs «précoces»). La nécessité d'indicateurs physiques s'est fait jour, en particulier pour assurer les relations avec la qualité de l'eau (Directive cadre) et déjà une proposition concernant l'évaluation de la stabilité structurale des sols et de leur sensibilité à l'érosion, a été évoquée. Les discussions ont fait apparaître la nécessité de compléter ce réseau de plus de 2000 sites par un sous-réseau de sites lourds consacrés à des objectifs thématiques : recyclage des déchets, érosion, qualité des eaux superficielles et souterraines, pollutions diffuses ou de proximité (proximité de sites pollués, de réseaux routiers...). Sur ces sites, il serait possible de mesurer les flux et transferts et d'évaluer les risques. De tels sites existent déjà pour les sols forestiers, le suivi des déchets, ou l'érosion.

Une convergence avec les objectifs des observatoires de recherche sur l'environnement serait à mettre en œuvre au niveau français, et des financements pourraient être recherchés au niveau européen, auprès de la DG Recherche. L'exemple présenté sur l'expérimentation agronomique de longue durée débutée en 1845 à

Rothamsted montre bien tous les enseignements que l'on peut en attendre pour la surveillance à long terme des sols et de l'environnement. Les données recueillies depuis 160 ans sur ce site, ont été par exemple d'une grande aide lors de la création des modèles de cycles nutritionnels aujourd'hui utilisés dans le monde entier (ROTH-C pour le cycle du carbone et SUNDIAL pour le cycle de l'azote). Cette expérience a également permis de recueillir les plus longues séries de données connues sur les pluies acides, et de montrer que sur ce type de site les pluies acides étaient de loin la première source d'acidification des sols, entraînant une réduction de la biodiversité par suite d'une biodisponibilité accrue des métaux lourds. Certaines interventions ont montré que la gestion des matières organiques était un élément essentiel de la durabilité des écosystèmes agricoles. Par leurs propriétés physico-chimiques, trophiques, et par leurs transformations, les matières organiques contribuent en effet à la plupart des fonctions que l'on reconnaît aux sols : fonction de support physique, de source d'éléments nutritifs, de filtre ou de source vis-à-vis de la composition chimique des eaux superficielles et de l'atmosphère, ainsi que de réservoir de biodiversité. Ces fonctions dépendent non seulement de la quantité de matières organiques présentes, mais également de leur nature, de leur dynamique et de leur localisation dans les différents horizons. Diverses pratiques agricoles destinées à mieux recycler et utiliser la matière organique, ont été recommandées.

Enfin la prise en compte d'éléments socio-économiques s'avère de plus en plus nécessaire, pour tenir compte des externalités liées à la dégradation des sols ainsi que des «services rendus» par les sols. On peut très bien concevoir d'en tenir compte dans le calcul de la valeur patrimoniale attribuée aux sols.

Ce colloque sur les sols n'est que la première étape d'un travail dans lequel la France, étant donné la place importante qu'elle a occupée dans le forum européen sur les sols, devrait être particulièrement impliquée.

contacts

michel.robert@environnement.gouv.fr

SOMMAIRE

- 1 **UN FORUM** sur la qualité des sols
- 2 **EFFET DE SERRE, IMPACTS ET SOLUTIONS : un colloque à l'Académie des Sciences**
- 3 **IMPACTS DES POLLUANTS SUR LES ÉCOSYSTÈMES : un séminaire du programme PNETOX**
- 4 **LES RELATIONS végétation - écoulement - transport solide dans le lit des rivières : ... UN SÉMINAIRE « Forêt, Vent et Risques »**

> Effet de serre, impacts et solutions : un colloque à l'Académie des Sciences

Un colloque intitulé « Effet de Serre, impacts et solutions : quelle crédibilité », organisé du 16 au 18 septembre à l'Académie des Sciences, a permis de dresser l'état des connaissances et incertitudes scientifiques sur les différents aspects du changement climatique lié à l'accroissement anthropique de l'effet de serre : un état de l'art fondé essentiellement sur les résultats les plus récents des travaux du G.I.E.C.¹ et de la communauté scientifique française, y compris les résultats du programme G.I.C.C.², piloté par le ministère. L'objectif de ce colloque était d'éclairer les choix des décideurs et des citoyens en matière de lutte contre le changement climatique.

Les résultats des très nombreuses observations et modélisations convergent pour indiquer que le réchauffement de la planète, déjà amorcé, se poursuivra nécessairement au 21^{ème} siècle, et même au-delà si les émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) ne sont pas considérablement réduites dans les décennies à venir. Les modèles climatiques prenant en compte les GES annoncent un réchauffement global compris entre 2°C et 6°C à l'horizon 2100. Cette large fourchette reflète à la fois les incertitudes sur les scénarios d'émissions futures de GES, et les imperfections des modèles.

Les données météorologiques du dernier demi-siècle ne montrent, au moins pour la France, aucune augmentation du nombre des tempêtes ou des épisodes pluvieux violents. Mais les modèles climatiques, même s'ils reproduisent assez bien le climat actuel à

grande échelle, ont encore des difficultés pour prévoir les caractéristiques du changement climatique à l'échelle régionale et locale. Des efforts importants sont en cours pour améliorer les modèles sur ce point, de même que pour maintenir et développer les systèmes d'observation nécessaires.

Les milieux aquatiques seraient vraisemblablement affectés de manière significative par les changements climatiques à venir. Les études menées ont montré notamment que les zones côtières étaient déjà sensibles au réchauffement de ces dernières années. Les observations du blanchissement des coraux font craindre une diminution rapide de la surface des récifs coralliens ; de nombreuses espèces de poissons tropicaux africains et indiens commencent à être observées en Méditerranée, et il apparaît que les augmentations du CO₂ et de la température de surface de l'océan sont deux facteurs majeurs d'évolution de la faune marine libre vers le Nord.

De très nombreuses études des sédiments marins dans l'Atlantique Nord, en Californie et dans l'Océan Indien révèlent, en période glaciaire, au cours des 64 derniers milliers d'années, des variations brutales et brèves de 7 à 10°C, très probablement dues à d'importantes modifications de la circulation océanique. Un enjeu majeur pour la recherche paléoclimatique de ces prochaines années est de caractériser des événements similaires qui se seraient produits en période interglaciaire, et notamment dans celle où nous nous trouvons depuis 20 000 ans.

Les recherches sur les bio-systèmes terrestres s'efforcent d'évaluer à la fois leur réponse aux changements climatiques attendus et leur capacité à freiner l'accroissement de l'effet de serre en piégeant du CO₂ et en stockant du carbone. On a pu montrer que :

- les effets du changement climatique sur la biodiversité sont et seront nombreux et variés : modification certaine de la structure des communautés végétales et animales (au niveau des espèces et des génotypes), déplacement des aires de répartition de certaines espèces, ce qui pourrait fortement diminuer l'efficacité de la conservation de leurs habitats actuels (remise en question de la localisation des réserves naturelles concernées). La perte de diversité végétale

pourrait altérer le fonctionnement des écosystèmes et diminuer leur capacité à stocker du carbone ;

- le réchauffement observé en France au cours du siècle dernier a déjà un effet marqué sur la phénologie des espèces végétales (dates de floraison, de maturité) et pourrait avoir des répercussions sur la qualité des produits de l'agriculture, et sur les caractéristiques des différents terroirs (exemple de la vigne). En général, une sélection des espèces végétales et une redistribution de leurs aires de développement permettent de pallier à ces modifications ;
- l'évolution des forêts dans les régions tempérées et boréales, fait nettement apparaître une augmentation de la vitesse de croissance des arbres, en diamètre et en hauteur. Mais l'influence des divers facteurs pouvant expliquer cette augmentation (CO₂, azote, température, eau, utilisation antérieure des terres,...) est encore mal connue.

L'importance du carbone actuellement stocké dans les sols agricoles a été soulignée. Diverses possibilités existent pour augmenter ce stock dans les prochaines décennies.

Enfin, il apparaît clairement que la société a pris conscience du problème de l'effet de serre et qu'elle débat aujourd'hui sur les actions à entreprendre, et non plus sur la nécessité d'agir. Le pas en avant que représente Kyoto a été souligné, mais les discussions ont montré que des solutions pourront difficilement être trouvées sans une remise en cause du type de croissance actuel - générateur de CO₂ - et surtout de nos modes de vie. L'information du public et les débats innovants de type conférence de citoyens auraient intérêt à être particulièrement développés.

L'ensemble du colloque a montré l'intérêt croissant des communautés scientifiques pour la question du changement climatique anthropique, conclusion d'autant plus positive que l'effet de serre mobilise avec succès des approches multidisciplinaires.

¹ Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

² Gestion et Impacts du Changement Climatique (cf. Recherche Environnement n°5/2002)

contacts

maurice.muller@environnement.gouv.fr

> Impacts des polluants sur les écosystèmes : un séminaire du programme PNETOX

Lancé en 1996 par le ministère chargé de l'environnement, le programme PNETOX (Programme National de recherche en Ecotoxicologie) a pour objectif de répondre à la demande des pouvoirs publics en matière d'expertise, de conseil et de recherche finalisée pour tout ce qui concerne l'impact des polluants sur les milieux et les organismes vivants. Renforcer nos connaissances dans ce domaine permet une meilleure évaluation et gestion des risques liés à la présence de substances chimiques ou biologiques dans notre environnement.

Lors d'un séminaire de programme organisé les 3 et 4 octobre derniers, les équipes ont présenté leurs résultats ou leurs projets en cours. Nous n'évoquerons ici que quelques-uns des nombreux travaux présentés.

Présentée dans le cadre de la thématique « comportement, transfert et biodisponibilité¹ des contaminants », une étude réalisée sur un bassin viticole languedocien, a permis de mettre en évidence les effets « contradictoires » du pH du sol sur la biodisponibilité du cuivre, largement utilisé sous forme de sels de cuivre pour lutter contre certaines maladies de la vigne. Ces résultats remettent en cause une idée généralement admise sur la biodisponibilité des métaux : l'auteur a pu montrer que la biodisponibilité du cuivre n'augmentait pas nécessairement avec l'acidité du sol.

Au cours de cette même session, un exemple intéressant de modélisation couplée a été présenté dans le cadre d'une étude en cours sur la dissipation d'un pesticide (le parathion) dans le sol et son impact toxicologique sur la faune du sol (exemple des nématodes). Le modèle proposé a déjà permis de reproduire

correctement la rétention et la biodégradation du parathion dans le sol, ainsi que les cinétiques d'apparition et de disparition du paraoxon, l'un des premiers produits de la dégradation du parathion, connu pour être bien plus toxique que la molécule-mère. Couplé à des modules spécifiques relatifs aux pesticides, ce modèle devrait également aboutir à une meilleure connaissance des effets toxicologiques populationnels découlant de la biodisponibilité du paraoxon dans le sol.

Consacrée aux impacts sur les écosystèmes, une étude réalisée sur diverses stations de la Moselle a fourni des résultats précieux sur les indicateurs de biodiversité végétale et animale en tant que révélateurs du dysfonctionnement des écosystèmes aquatiques. Les résultats tendent à montrer que les macroinvertébrés benthiques constituent des indicateurs plus pertinents que les macrophytes aquatiques, du fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Ceci remet en cause la pertinence de certains indices (du type indice de Simpson ou de Margaleff) pourtant reconnus aujourd'hui dans plusieurs pays européens comme révélateurs de perturbations des écosystèmes aquatiques. L'auteur de l'étude souligne la nécessité d'analyser localement les conditions d'habitat, les caractéristiques physiques du milieu et les perturbations spécifiques à chaque écosystème, qui sont en réalité déterminants dans le choix d'un bon indicateur de perturbation écosystémique. Ce travail pourrait éclairer la mise en œuvre de la Directive cadre sur l'eau.

Des travaux réalisés par une équipe de l'INRA et s'attachant à l'analyse d'un mécanisme d'action toxique, ont permis de caractériser certains effets sublétaux² d'insecticides sur le comportement d'insectes parasitoïdes et sur leur efficacité parasitaire. Une partie de l'étude portait sur un insecte d'intérêt pour la protection des plantes, *Aphidus ervi*, insecte parasite du puceron. Il a été montré que des doses sublétales d'insecticide pouvaient perturber certains comportements essentiels à sa reproduction.

Ces résultats mettent plus généralement en évidence une toxicité « cachée » des doses sublétales d'insecticides, portant sur la probabilité de reproduction des insectes parasitoïdes à travers différents paramètres comportementaux, et biologiques (fécondité, longévité, durée de développement, etc.).

Illustrant les recherches sur l'exposition des organismes aux contaminants, un travail entrepris dans la réserve de Camargue depuis 1996 a eu pour objet la mise en évidence et la validation de biomarqueurs des polluants organiques persistants (POP) chez les peuplements de poissons. Cette étude a confirmé la présence transitoire de HAP dans la bile, alors que l'imprégnation musculaire renseigne sur un éventuel stockage à plus long terme, et par conséquent sur une possibilité de transfert de la contamination par le biais de la chaîne alimentaire. Ces résultats montrent également une réponse préférentielle des activités enzymatiques antioxydantes sur les activités de biotransformation, à la contamination par les polluants organiques persistants. La question de l'influence de la localisation tissulaire de l'imprégnation et du mode de contamination, sur la réponse des biomarqueurs, est ici posée.

Les connaissances acquises au cours de ces recherches permettent, en lien avec les questionnaires, de développer des outils pour une meilleure gestion de l'environnement (création d'un logiciel pour la gestion des boues de dragages portuaires par exemple). Ce programme vise également une meilleure mobilisation des communautés scientifiques concernées par l'écotoxicologie : écologues, toxicologues, biologistes, chimistes, modélisateurs... En France, la capacité à mobiliser l'expertise dans ce domaine est nettement plus faible que chez nos voisins européens. La mise en œuvre des missions de l'AFSSE devrait accentuer le problème de l'insuffisance quantitative des compétences nationales et des formations dispensées, même si l'agence contribuera sans doute à en organiser les forces pour une meilleure protection de la santé humaine et pour une meilleure anticipation de nouveaux risques.

¹ Biodisponibilité : fait d'être disponible pour un être vivant (végétal ou animal)

² Sublétales : dose ou concentration d'un polluant qui est à la limite inférieure de celle causant une intoxication aiguë : les individus exposés à une dose sublétales survivent, mais certaines de leurs capacités sont diminuées ou disparaissent

contacts

catherine.bastien-ventura@environnement.gouv.fr

> Les relations végétation - écoulement - transport solide dans le lit des rivières : une étude de l'Isère dans le Grésivaudan

Le développement d'une végétation arbustive dans certains lits fluviaux modifie les conditions d'écoulement. Il accroît localement les risques d'inondation en relevant le niveau en crue et en favorisant les érosions des berges et des digues du fait de la concentration des écoulements. Il augmente aussi considérablement les risques de formation d'embâcles à l'aval. Ce développement récent de la végétation a pour origine les modifications subies par la rivière et en particulier l'exploitation des matériaux alluviaux dans le passé.

En matière d'ingénierie de gestion des rivières et de sécurité vis à vis des inondations, ce thème présente des enjeux majeurs. Il concerne les rivières et les fleuves de piedmont qui ont une grosse activité sédimentaire, en charriage de galets et des sable, mais aussi les fleuves de plaine où le transport de sédiments fins est prédominant. Sa complexité et sa pluridisciplinarité ont limité son étude et les réponses opérationnelles des ingénieurs sont jusqu'à aujourd'hui très partielles.

Une recherche, menée dans le cadre du programme Risque inondation "RIO" piloté par le Ministère, a porté sur les conditions de l'évolution des lits des rivières à fonds mobiles, et en particulier sur la formation des bancs de matériaux solides et leur

transformation du fait de la végétalisation. Les observations menées pendant plusieurs années sur une section de 50 km de l'Isère par une équipe pluridisciplinaire (biologistes, géomorphologues, hydrologues et hydrauliciens), ont permis d'aboutir à une description mécaniste précise du processus : incision du lit et exhaussement des bancs, pavage renforcé par le colmatage et la cimentation des matériaux grossiers, fixation de la végétation, rétention de sédiments par la végétation, croissance de certaines espèces, et occupation des bancs par des espèces de taille de plus en plus élevée.

Ces travaux ont permis de préciser les moyens de surveillance et de développer des méthodes de mesure et d'étude. A partir de l'étude des dépôts sédimentaires fins

dans la végétation, ils formulent certaines recommandations pratiques pour la conduite des essartages, et pour l'entretien des chenaux secondaires. La poursuite des recherches reste néanmoins nécessaire dans le domaine, en particulier pour mieux comprendre l'érosion de berges et les facteurs favorisant la formation d'embâcles. Ces phénomènes ont aussi des implications dans d'autres questions qui intéressent les cours d'eau et leur environnement, comme le transit et le stockage de sédiments pollués, ou encore la limitation des échanges entre la rivière et les nappes environnantes.

contacts

philippe.belleudy@hmg.inpg.fr

genevieve.baumont@environnement.gouv.fr

Un Séminaire « Forêt, Vent et Risques »

se tiendra les 5 et 6 décembre 2002 à l'ENGREF, 19 avenue du Maine, 75015 PARIS

A la suite des deux tempêtes qui ont fortement affecté les forêts françaises en décembre 1999, un certain nombre de recherches ont été lancées pour répondre aux nombreuses interrogations soulevées : quels sont les facteurs prédominants de vulnérabilité au vent ?

Quels ont été exactement les impacts des tempêtes (impacts pour les écosystèmes, les populations locales, la filière bois, etc.) ? Peut-on limiter les risques liés aux chablis, et quelles techniques sylvicoles peut-on mettre en place pour la reconstitution des forêts endommagées ?

Dès avril 2000, le Ministère chargé de l'agriculture a mobilisé des financements pour lancer un premier appel d'offre, axé principalement sur l'évaluation des dégâts causés.

En 2001, un appel d'offres de plus grande envergure intitulé « Forêts, vent et risques » a été lancé conjointement par le Ministère chargé de l'agriculture, l'INRA, le Cemagref, et le Ministère de l'écologie et du développement durable. Le GIP ECOFOR en assure la gestion et la coordination.

Le séminaire des 5 et 6 décembre a pour objectif de présenter les résultats des projets

financés dans le cadre du premier appel d'offre, et s'organise autour de deux fils conducteurs : observer les dégâts provoqués par les tempêtes, et anticiper les questions liées à la reconstitution des forêts. Il sera aussi l'occasion de présenter les projets en cours dans le cadre de l'appel d'offre de 2001 : des projets à long terme axés sur l'évaluation, la vulnérabilité, et la gestion du risque. Ce séminaire s'adresse aussi bien aux scientifiques qu'aux gestionnaires et aux décideurs.

contact

veronique.barre@environnement.gouv.fr