

RECHERCHE ENVIRONNEMENT

n° 6/2002

Juin 2002

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



> Effets à long terme d'une pollution marine : la mort des iguanes des Galápagos

Le 17 janvier 2001, suite à une erreur de navigation, le pétrolier équatorien Jessica s'échouait à proximité de San Cristobal, l'une des îles de l'archipel des Galápagos, laissant 3 millions de litres de carburant s'échapper de ses flancs endommagés.

L'impact immédiat de la marée noire du Jessica fut jugé mineur : peu d'animaux furent mazoutés car des vents favorables et un fort ensoleillement dispersèrent rapidement la nappe d'hydrocarbures. Sur les plages de l'île de Santa Fe, les plus contaminées, les concentrations maximales en hydrocarbures atteignirent seulement 44 p.p.m. (parties par million), un taux de contamination faible d'après les standards internationaux.

Pourtant, des résultats récemment publiés dans Nature suggèrent qu'en réalité ces faibles quantités d'hydrocarbures ont eu à long terme des effets très néfastes sur la population d'iguanes, herbivores marins endémiques de cet archipel. L'équipe de chercheurs à l'origine de cette découverte, menée par le biologiste Martin Wikelski, collecte des données depuis 1987. D'après leurs comptages, 62% des iguanes marins peuplant l'île de Santa Fe sont morts durant l'année 2001 ; en comparaison, ils ont relevé au cours de la même période une mortalité quasi-nulle parmi les iguanes vivant sur un site proche mais non contaminé (Genovesa). L'hypothèse d'un manque de nourriture (qui avait expliqué quelques années auparavant un pic de mortalité comparable) a été écartée, compte tenu de l'abondance d'algues dans la région au cours de l'année 2001 - les algues constituant la principale source de nourriture des iguanes.

Deux hypothèses principales sont avancées pour expliquer cette forte mortalité : selon la première, c'est en consommant des algues elles-mêmes contaminées par les hydrocarbures que les iguanes se seraient peu à peu empoisonnés. La

seconde hypothèse, finalement retenue par les auteurs, suggère que l'absorption de faibles doses d'hydrocarbures aurait détruit chez les iguanes les micro-organismes du système digestif, les rendant incapables de digérer leur nourriture. Les taux anormalement élevés de corticostérone relevés au cours des mois suivant l'échouage chez cette population d'iguanes sont la signature du stress important ayant accompagné cet épisode de mortalité aiguë.

Même si ce travail est limité à un seul compartiment de l'écosystème, il montre comment une pollution, dont l'impact environnemental semblait faible à première vue, peut en réalité affecter durablement l'écosystème. Une contamination considérée comme très faible par les standards internationaux, n'est en réalité pas sans conséquences, ce qui interroge, à l'instar d'un nombre croissant d'études éco-toxicologiques, sur la validité des termes de référence : la question des effets à long terme d'une exposition à de faibles doses est, une nouvelle fois, posée.

L'auteur estime que la reconstitution de la population d'iguanes de Santa Fe devrait, dans des conditions optimales, prendre entre 7 et 10 ans.

Source : M. Wikelski & al., "Marine iguanas die from trace oil pollution", *Nature* 417, pp. 607 - 608

contacts

magali.bardou@environnement.gouv.fr
wikelski@princeton.edu

SOMMAIRE

- | | | | |
|--|--|--|--|
| 1 EFFETS À LONG TERME D'UNE POLLUTION MARINE :
<i>la mort des iguanes des Galápagos</i> | 2 RETOUR D'EXPÉRIENCES SUR LES CRUES ÉCLAIR :
<i>décrire et comprendre pour mieux gérer</i> | 3 UTILISATION DES RADARS pour la modélisation hydrologique
QUALITÉ DES EAUX :
<i>la Seine et la Moselle</i> | 4 ÉCOSYSTÈMES CORALLIENS ET RECHERCHE EUROPÉENNE :
<i>pour la gestion durable d'une ressource méconnue</i>
LE COIN DES LIVRES |
|--|--|--|--|

1

> Retour d'expériences sur les crues éclair : décrire et comprendre pour mieux gérer

Les crues éclair, crues soudaines provoquées par des événements pluvieux orageux, constituent sans aucun doute le risque naturel le plus destructeur en France. Malgré la menace qu'elles représentent et les nombreuses questions qu'elles suscitent, elles n'ont pas fait l'objet par le passé d'études systématiques, et l'état des connaissances est actuellement loin d'être à la hauteur des ambitions désormais affichées par les pouvoirs publics en matière de prévention.

L'étude hydrologique des crues éclair pose des problèmes méthodologiques particuliers. Ces crues touchent le plus souvent des cours d'eau non équipés de stations de mesure limnimétriques et lorsque une telle station existe, et qu'elle n'est pas détruite par la crue, les niveaux d'eau atteints sortent très largement de la gamme pour laquelle la relation cote-débit au niveau de la station a pu être calée. L'analyse hydrologique des crues éclair ne peut donc reposer que sur des données relativement imprécises : reconstitution pluviométrique à partir des mesures radar, estimation des débits de pointe de crue à partir du niveau atteint par les eaux dont témoignent les laisses de crues. L'absence d'informations

sur l'évolution temporelle des débits des cours d'eau, limite rapidement les possibilités d'analyse. Devant ce constat, plusieurs équipes de recherche se sont engagées dans une démarche de retour d'expérience hydrologique à la suite de plusieurs crues éclair, avec une double ambition : construire un corpus de connaissances sur l'hydrologie des crues éclair, et mettre au point une méthodologie de retour d'expérience avec pour objectif leur systématisation à terme. Ces travaux, qui ont fait notamment l'objet d'une thèse que soutiendra prochainement Eric Gaume, ont bénéficié du soutien du Ministère de l'écologie et du développement durable dans le cadre du programme de recherche «Risque Inondation». Une dizaine de crues ont été étudiées au cours des quatre dernières années, dont sept crues d'affluents de l'Aude touchés lors des épisodes de novembre 1999.

L'une des principales originalités de la méthode réside dans le recueil et l'exploitation systématique des récits des témoins oculaires, seule source d'information concernant l'évolution temporelle du niveau et donc des débits des cours d'eau. D'un point de vue méthodologique, ces premières études de cas soulignent l'importance de la mesure de pluie par radar : malgré leurs imperfections, les mesures radar permettent de donner un sens à la très grande disparité géographique des écoulements lors de ces crues - des rapports de débits de pointe de 1 à 10, voire 1 à 100, sont parfois observés sur deux bassins situés seulement à quelques kilomètres de distance. Par ailleurs, les repères chronologiques donnés par les témoins se sont avérés, après validation, souvent assez précis. Les conclusions concernant le comportement hydrologique des bassins

versants sont convergentes :

- les débits observés localement en pointe de crue (10 à 20 m³/s/km²) indiquent que les coefficients d'écoulement peuvent atteindre des valeurs proches de 100 %, une fois atteint un certain degré de saturation des sols ;
- les déficits d'écoulement lors de ces crues sont élevés : environ 200 mm de pluie ne participent pas à la crue et s'infiltrent probablement dans les sols des bassins versants ;
- malgré des intensités de pluie élevées (plus de 50 mm/h dans l'Aude par exemple), la réponse des bassins versants aux pluies intenses est tardive et assez soudaine : les pluies intenses ne provoquent pas immédiatement de ruissellement généralisé ;
- l'impact éventuel de l'occupation des sols sur la genèse des crues n'a pas pu être mis en évidence : s'il existe, il est probablement de second ordre.

Ces premiers résultats, à la fois assez surprenants et très encourageants, incitent à poursuivre cette démarche de retour d'expérience : le nombre d'études de cas est encore trop limité pour pouvoir tirer des conclusions sur l'influence des caractéristiques géomorphologiques, pédologiques ou de l'état antérieur d'humidité des bassins versants. Ces travaux devraient se poursuivre dans le cadre de l'Observatoire hydro-météorologique Cévennes-Vivarais et du Centre hydro-météorologique prévu à Toulouse.

contacts

geneviève.baumont@environnement.gouv.fr

gaume@cereve.enpc.fr

marc.livet@equipement.gouv.fr

> Utilisation des radars pour la modélisation hydrologique

Une étude, commandée par le Ministère de l'écologie et du développement durable au Laboratoire central des Ponts et Chaussées, dresse un état des connaissances scientifiques dans le domaine de la mesure de la pluie par radar. Cette étude s'appuie notamment sur les travaux publiés dans la littérature scientifique.

Les hydrologues ont perçu très tôt l'intérêt du radar météorologique et ont contribué de façon significative aux progrès de la mesure de pluie par radar. Leurs besoins dans le domaine sont particulièrement

contraignants, car ils doivent pouvoir disposer de mesures à toutes les échelles spatiales et temporelles, et notamment de mesures quasi ponctuelles à des pas de temps de quelques minutes. Pour l'annonce

et la prévision de crues, et la gestion des systèmes d'évacuation des eaux pluviales urbaines, l'information doit leur parvenir en temps réel.

Récemment, des progrès significatifs ont

été accomplis dans les domaines suivants :

- Une bien meilleure connaissance de la physique de la mesure radar, et des progrès sensibles dans la modélisation des différentes sources d'erreur, ont permis d'améliorer nettement le traitement des images brutes.
- Les radars eux-mêmes sont nettement plus performants. La stabilité accrue des composants électroniques réduit les dérives de l'émetteur et du récepteur radar, et permet un étalonnage électronique plus fiable. Le perfectionnement des calculateurs radar permet également d'améliorer très nettement le traitement des données brutes transmises par le récepteur radar. Les gestionnaires des réseaux de radar mettent par ailleurs en place des procédures de contrôle qualité, qui concourent à l'amélioration de la donnée transmise aux utilisateurs.
- Enfin, l'utilisation conjointe de l'information radar et de la modélisation numérique constitue très certainement la voie d'avenir de la prévision des pluies à très

courte échéance, à des résolutions spatiales et temporelles adaptées aux besoins des hydrologues : les méthodes d'advection, qui consistent à calculer la vitesse de déplacement de la zone pluvieuse soit à partir du repère fixe constitué par la zone de couverture radar, soit en suivant individuellement les cellules pluvieuses en mouvement, permettent de prévoir, à des échéances de quelques heures à quelques minutes, le déplacement horizontal des zones pluvieuses. L'utilisation combinée d'un radar fonctionnant en mode volumique (permettant d'estimer la quantité d'eau précipitante contenue dans l'atmosphère), permet de disposer également d'une information quantitative sur l'évolution des précipitations. De nombreuses équipes travaillent actuellement à l'intégration de ces deux types de données dans des modèles de prévision numériques.

La diffusion des images radar aux services hydrologiques opérationnels pourrait, à

terme, modifier les principes de surveillance des régions sujettes à des crues-éclair. L'utilisation du radar devrait en effet permettre d'élaborer des systèmes d'annonce des crues qui ne concentrent pas uniquement leur attention sur des cibles ponctuelles (risques hydrologiques localisés), mais qui assurent une surveillance générale de l'ensemble de la zone de couverture du radar. Ceci pourrait permettre une surveillance du risque hydrologique diffus, particulièrement utile pour les bassins versants non équipés de réseaux de mesure hydrologique (pluviométrie et limnimétrie) mais soumis à des risques hydrologiques. Les infrastructures de transport (réseaux routiers et voies ferrées) pourraient également bénéficier de la surveillance du risque diffus.

contacts

genevieve.baumont@environnement.gouv.fr
herve.andrieu@lpcp.fr

> Qualité des eaux : la Seine et la Moselle

Modélisation du transfert des nitrates :

Au cours des 50 dernières années, les pratiques agricoles dans le Bassin de la Seine ont beaucoup évolué, induisant un recours de plus en plus massif à l'utilisation d'intrants industriels (engrais azotés et produits phytosanitaires). Dans le même temps, les sols ont perdu une partie de leur capacité de rétention vis-à-vis des matières solides, des nitrates et des pesticides. Il en résulte une pollution accrue aussi bien des eaux de surface que des eaux souterraines. L'étude de ces pollutions est l'une des priorités du programme de recherche PIREN - Seine.

Au niveau de la parcelle ou du bassin versant, un modèle agronomique a été mis au point, qui simule, sur un pas de temps journalier, le fonctionnement du système sol - eau - plante - atmosphère ; il est alimenté par quatre bases de données (sol, météo, plantes, et pratiques agricoles), spatialisées grâce à un système d'information géographique. Une évaluation du modèle a été réalisée sur différents sites expérimentaux. Ce modèle a d'ores et déjà permis la simulation de scénarios divers, avec une évaluation des pratiques de fertilisation et de leurs impacts sur la qualité des eaux. Pour l'un des scénarios

envisagés, le modèle a montré qu'une fertilisation azotée réduite de 20 % n'aurait aucun effet sur la qualité de l'eau. Ce résultat remet sérieusement en cause certaines des propositions de l'agriculture «raisonnée».

Le bénéfice de ce genre d'outils pour les gestionnaires, se heurte au problème de leur complexité d'utilisation. Pour y remédier, sur les sites où le besoin en est le plus manifeste, sont en cours de montage des GIP de maîtrise d'ouvrage, qui permettront d'apporter un appui technique aux gestionnaires. Ce type de démarches est à encourager, si l'on veut que les modèles mis au point puissent bénéficier pleinement aux acteurs de terrain.

Une zone-atelier sur la Moselle :

Depuis plusieurs années s'était fait jour l'idée d'un programme de recherche intégré sur la qualité de l'eau en Moselle.

Grâce à un financement de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, le CNRS a mis récemment en place une première zone atelier. Un observatoire devrait également bientôt y voir le jour.

L'intérêt d'un programme de recherche intégré sur le bassin-versant de la Moselle réside dans la succession de plusieurs

sous-bassins dont les particularités déterminent des qualités de l'eau et des méthodes de gestion différentes :

- le premier, en amont, est constitué de roches cristallines ; la forte occupation forestière entraîne à cet endroit des eaux très acides, toxiques pour la faune aquatique et pour l'homme ; pour lutter contre cette acidité on pratique de longue date le chaulage de sols forestiers ;
- le second, sur roches sédimentaires, voit dominer l'élevage ; il sera l'objet d'études portant sur les pollutions d'origine agricole et les pratiques alternatives envisageables ;
- plusieurs autres sous-bassins au passé minier et/ou industriel, abritent d'importantes métropoles, sources de pollutions diverses.

Les enjeux de ce programme de recherche sont importants puisque plusieurs métropoles s'alimentent en eau dans la Moselle (notamment Epinal et Nancy) et que, vers l'aval, le fleuve emprunte un tracé international.

contact

michel.robert@environnement.gouv.fr

> Ecosystèmes coralliens et recherche européenne : pour la gestion durable d'une ressource méconnue

La présence de récifs coralliens dans les eaux européennes est encore largement méconnue. Les eaux de la Zone Economique Exclusive européenne abritent pourtant de tels récifs, soumis aujourd'hui à des pressions croissantes du fait de l'augmentation de l'activité et du trafic commercial dans les mers européennes.

Ces coraux sont menacés aujourd'hui, pour la première fois, par l'activité humaine. Les impacts les plus importants résulteront sans doute de la pêche au chalut en eaux profondes qui, dans les marges océaniques européennes, est déjà opérationnelle aux profondeurs de 2000 m abritant les écosystèmes coralliens. La recherche et l'exploitation industrielle d'hydrocarbures sous-marins constituent la deuxième menace majeure : ces activités sont désormais pratiquées

jusqu'aux mêmes profondeurs. Ces problèmes ont déjà fait l'objet d'une prise de conscience, illustrée par des récentes controverses entre ONG environnementalistes et industriels.

Dans le cadre du 5^{ème} PCRD européen, le programme de recherche « Ocean Margin Deep-Water Research Consortium » a été lancé en 1999 pour compléter l'inventaire des ressources minérales et biologiques des eaux profondes des marges océaniques européennes, en vue d'une gestion durable des ressources biologiques de ces types de milieux.

Parmi les 7 projets constituant le programme, le projet ACES, Atlantic coral ecosystem study, qui regroupe des équipes belges, irlandaises, néerlandaises, britanniques et allemandes, se concentre sur trois objectifs scientifiques :

- réaliser une cartographie de l'évolution de ces écosystèmes en terme de structure et de peuplement, et de potentiel de longévité ;
- évaluer les facteurs hydrographiques et physiques déterminant les dynamiques sédimentaires au voisinage des coraux profonds ;
- décrire ces écosystèmes, leur dynamique et leur fonctionnement, et évaluer leur sensibilité aux facteurs de stress d'origine naturelle et anthropique.

Les résultats obtenus doivent permettre, une fois identifiés les problèmes majeurs auxquels est confrontée la conservation de ces écosystèmes, de formuler des recommandations pour une gestion durable de cette ressource naturelle originale.

Lancé en janvier 2000, ce projet, d'une durée de 3 ans, repose sur l'utilisation de technologies de pointe, notamment des plates-formes sous-marines pour l'observation vidéo et photographique. Il fait appel non seulement à des connaissances en biologie (intégrant aussi bien les techniques de la génétique moléculaire, que des études comportementales in-situ), mais aussi à la géologie, à l'océanographie physique, à la sédimentologie, et à la biochimie, ce qui permet une véritable approche écosystémique intégrée. L'intérêt et la nouveauté de ce projet résident aussi dans la position originale de cet écosystème, réparti entre le littoral, la plate-forme continentale, et les fonds abyssaux.

Source : <http://www.cordis.lu/eesd/ka3/cluster1.htm>

contact

magali.bardou@environnement.gouv.fr

LE COIN DES LIVRES

Vient de paraître

De 1995 à 2000, le programme de recherche inter organismes PRIMEQUAL-PREDIT, piloté par le ministère chargé de l'Environnement, a soutenu environ 150 actions de recherche sur la pollution atmosphérique locale et ses impacts. Les principaux résultats sont regroupés en six ouvrages (cf Recherche environnement n° 4/2002), dont le quatrième et le cinquième viennent de paraître.

Quels sont les facteurs influençant les émissions des véhicules ?

J. Delsey

La Documentation Française, T.R.I. Synthèses Primequal 2002.

Etat des connaissances concernant les différents polluants réglementés ou non,

accompagné d'études d'impact des technologies antérieures à 1995, cet ouvrage est destiné à faire le point des connaissances acquises sur les émissions de différents types de véhicules (utilitaires et poids lourds) et dans différentes conditions de fonctionnement.

Ces acquis permettent de dresser un bilan précis de l'évolution des émissions unitaires et globales, et d'évaluer les gains réels et positifs apportés par le renforcement des normes et les technologies nouvelles qui accompagnent ces évolutions.

Que sait-on de la pollution photo-chimique urbaine ?

B. Koffi

La Documentation Française, T.R.I. Synthèses Primequal 2002.

La concentration moyenne d'ozone dans la troposphère de l'hémisphère nord a augmenté

d'un facteur 4 depuis le début du XX^e siècle. Les phénomènes de pollution photochimique mis en évidence au-dessus de quelques grandes agglomérations se généralisent à l'ensemble des pays développés.

Cet ouvrage a pour ambition de répondre aux questions qui se posent actuellement aux techniciens et gestionnaires de terrain, sur la pollution photochimique, plus spécifiquement urbaine et périurbaine. Il leur apportera une meilleure connaissance des processus mis en jeu à différentes échelles, ainsi que de leur prise en compte par les modèles de qualité de l'air. Ces acquis devraient contribuer à améliorer la définition des stratégies de gestion locale de la qualité de l'air qui seront mises en place pour remédier au problème de l'ozone.

contact

pascale.ebner@environnement.gouv.fr