

ZONES HUMIDES

Infos

CHANGEMENT CLIMATIQUE

- 2. Introduction
- 11. Zones humides littorales
- 20. Mares
- 22. Tourbières
- 24. Zones alluviales
- 27. Ramsar
- 28. Programmes et sites
- 30. Actualité
- 31. Publications
- 32. Agenda

Publication
du groupe d'experts
«Zones humides»

Edition
Société nationale
de protection
de la nature
9, rue Cels, 75014 Paris
Tél. 01 43 20 15 39
ISSN 1165-452X

Le changement qui nous intéresse est global. L'évolution des populations, de leurs modes de vie et de leurs activités génère une évolution forte et rapide des pressions sur le milieu et les ressources. Ces mêmes ressources sont caractérisées par une très grande variabilité dans le temps et dans l'espace. Cette variabilité, on le sait, n'est prise en compte que partiellement dans nos choix collectifs, les zones humides en ont longtemps payé le prix.

A cette difficulté quotidienne de la gestion des ressources en eau, dominée par des aléas et soumise à des évolutions permanentes, s'ajoute désormais une boucle plus complexe et de plus long terme à travers laquelle ces évolutions, par l'émission de gaz à effet de serre, impactent le climat, et donc les déterminants de ces mêmes ressources en eau.

Le débat sur le changement climatique s'est naturellement, et fort heureusement focalisé sur la question de l'atténuation (les mesures à prendre d'urgence pour limiter l'ampleur du phénomène). Il s'enrichit maintenant d'une discussion sur les conséquences prévisibles des changements résiduels susceptibles d'intervenir, les mesures d'atténuation étant supposées prises, et sur l'adaptation, c'est-à-dire la maîtrise anticipée de ces conséquences des changements climatiques.

Cette question de l'adaptation est particulièrement cruciale pour les zones humides dont la sensibilité à de faibles modifications de régimes est particulièrement forte.

Mais à quoi chercher à s'adapter en France continentale ?

Sans aucun doute à l'augmentation du niveau de la mer et des océans en zone littorale. Les effets potentiels sont indiscutables, la question encore incertaine est l'ampleur du phénomène, en raison en particulier des incertitudes sur la vitesse des fontes des stocks glaciaires.

Très vraisemblablement aussi pour les écosystèmes des zones alluviales à l'augmentation des températures et à la réduction des précipitations estivales.

Le tableau est en revanche moins clair pour les crues.

Les crues des grands bassins fluviaux sont essentiellement liées à des successions de fronts pluvieux océaniques qui balayent l'Europe occidentale et la France en particulier avec la concomitance de crues générées ainsi sur des affluents différents. Ces successions de grands fronts pluvieux sont pilotées par des oscillations de grande échelle du Jet Stream au-dessus de l'Islande, processus particulièrement cahotique et instable. A priori on peut imaginer que la réduction globale des régimes de précipitations sur l'Europe occidentale devrait plutôt avoir un effet bénéfique sur ces événements, en tout cas rien ne permet aujourd'hui d'en imaginer un renforcement.

Les événements éclairs essentiellement concentrés dans le sud de la France correspondent à des noyaux précipitants dont l'activité est a priori renforcée par l'augmentation des températures (colonne de vapeur mobilisable et contrastes de températures au sol et dans les masses d'air). Mais le facteur prédominant est celui de leur

stationnarité plusieurs heures ou journées sur un même territoire, lors de blocages induits par des conflits de masses d'air, tels les célèbres épisodes cévenols. L'impact du changement climatique sur l'évolution de telles situations de blocage stationnaire est également une question majeure qui n'a pas à ce stade de réponse.

Une multiplicité de phénomènes donc, auxquels les zones humides, dans leur diversité, sensibles aux faibles comme aux fortes crues, à leur fréquence mais aussi à leur saisonnalité, aux sécheresses, aux niveaux des nappes phréatiques et à leurs variations, aux équilibres et échanges quotidiens avec la mer, sont soumises. Ce numéro réunit un premier ensemble de travaux importants sur un sujet qui est loin d'être épuisé.

Pierre-Alain Roche

Professeur de gestion des ressources en eau à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées
Ancien directeur général de l'Agence de l'eau Seine-Normandie

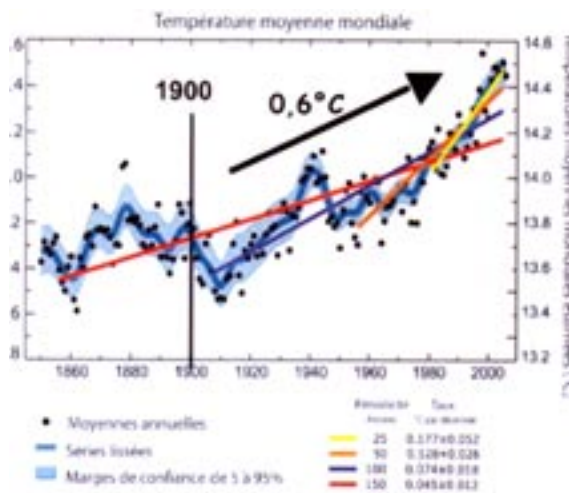
Des marais plus secs ou plus mouillés ?

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2007) pense que les chiffres parlent d'eux-mêmes tout en alertant sur l'accélération des rythmes. La température moyenne globale du globe a augmenté d'environ 0,74° C de 1906 à 2005, les extrêmes étant observés au cours de la dernière décennie. En France métropolitaine, l'amplitude de l'augmentation globale est double et moindre sur la période 1976-2003 en Outre-mer (Guyane, Martinique, Guadeloupe, Polynésie française, Nouvelle-Calédonie). Le niveau moyen de

bonique (CO₂) et 142 % pour le méthane (CH₄), comparativement aux années 1750 alors que le protoxyde d'azote (NO₂) s'est accru de 18 % par rapport aux valeurs pré-industrielles. La provenance de ce composé azoté est avant tout agricole (engrais, modification des cultures). Des travaux ont montré que quatre des principaux gaz à effet de serre ont pour origine le développement des activités humaines. Après de nombreuses tergiversations, le GIEC a convenu en 2007 que les changements climatiques leur sont dus avec une probabilité supérieure à 90.

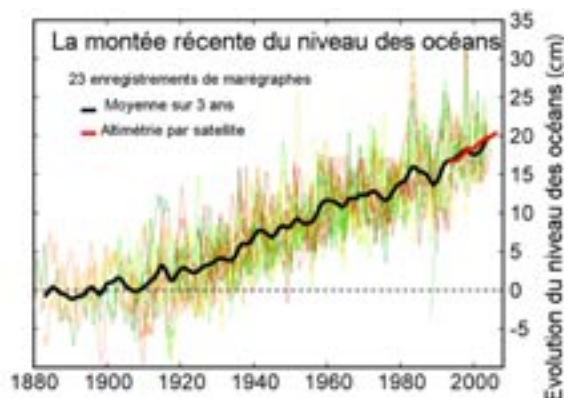
L'une des conséquences majeures de cette conclusion tient aux possibilités de freiner les tendances par des politiques fermes (protocole de Kyoto, taxe, permis, mitigation...). On en est loin !

Sans surprise, l'avenir se révèle peu brillant, les modèles prévoient des augmentations moyennes de la température de 0,2° C par décennie au cours des deux prochaines dé-



la mer s'est élevé de 17 centimètres durant le XX^e siècle avec une grande variabilité régionale, le taux moyen de l'élévation passant de 1,8 mm/an sur la période 1963-2001 à 3,1 de 1993-2003 (voir figure 1). Les changements, avant 1915, ont des causes naturelles (rayonnement solaire, volcanisme, variabilité naturelle), le refroidissement, entre 1940 et 1970, est dû à la pollution industrielle et à partir du milieu des années 1970, à l'accroissement des gaz à effet de serre.

En effet, la concentration atmosphérique de gaz à effet de serre a progressé de 35 % pour le gaz car-



cennies, pour atteindre 1,1° C à 6,4° C d'ici 2100. Toutefois, la fourchette diffère selon les scénarios envisagés, de 1,1 à 2,9° C pour le script optimiste et de 2,4 à 6,4° C pour le pessimiste. Quant au niveau de la mer, son élévation serait entre 18 et 59 centimètres. Aussi, les Etats se préparent dès à présent à vivre dans des conditions inhabituelles et se dotent de stratégie d'adaptation au changement climatique¹. En plus de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), la problématique étant planétaire et multi-facette, d'autres conventions internationales (CDB², Ramsar³...) ont investi le domaine, mais aussi le Conseil

Tableau 1 : Résumé des relations entre biodiversité et changement climatique (d'après EEA, 2006)⁵.

Phénologie
Inflexion des dates de floraison, de fructification, de migration, de reproduction, de la durée de la saison de croissance...
Désynchronisation des interactions plantes-animaux
Modifications comportementales
Impact sur la physiologie des plantes (réponses/sécheresse, inondation)
Déplacement des voies de migration (oiseaux, poissons, lépidoptères)
Rectification de la superficie des sites d'hivernage, de reproduction et stationnement de populations (oiseaux)
Variation de l'altitude de migration (papillons)
Changements de l'écosystème
Dépérissement des espèces incapables de se déplacer
Altération de la productivité
Variation de la composition spécifique et diffusion des nuisibles
Rétraction des sols gelés
Liées au CO2
Contribution des écosystèmes à la séquestration du CO2
Transformation d'écosystèmes de grande valeur patrimoniale en puits de carbone

de l'Europe, l'Agence européenne pour l'environnement⁴, les ONG avec pour objectif d'identifier les mesures d'atténuation potentielles.

La nature des atteintes diffèrera selon l'amplitude des changements, les milieux, les latitudes et les réponses adoptées par les sociétés. Schématique-



Photo Maryvonne Dujardin

ment, on a déjà constaté à l'échelle mondiale une augmentation de la fréquence des vagues de chaleur, des sécheresses, des fortes précipitations, des tempêtes qui devrait s'accroître au cours du XXI^e siècle. Parmi les impacts relevés, il faut noter la fonte de la banquise et des glaciers, le dégel du permafrost, le retard et le raccourcissement des périodes de gel, les modifications de circulation des courants atlantiques... Concrètement, cela veut dire des canicules prononcées en région méditerranéenne, des inondations en zone continentale européenne, des submersions côtières, un rétrécissement de la couverture neigeuse... mais aussi des changements dans la répartition et la phénologie d'espèces. Les conséquences, en cours et prévues, du réchauffement sur la biodiversité *sensu lato* constituent une liste noire (voir tableau ci-contre).

Des systèmes d'interface peu profonds et localisés sous presque toutes les latitudes et altitudes comme les zones humides réagiront différemment (voir fig. 2) selon l'envergure et la vitesse de chan-

Le niveau moyen de la mer s'est élevé de dix-sept centimètres au cours du XX^e siècle.

Figure 2 : Relations entre l'augmentation de CO₂ atmosphérique et les principaux facteurs environnementaux agissant sur la température, les précipitations et sur des processus écologiques dans les écosystèmes humides dulçaquicoles et côtiers.

Les flèches pleines indiquent les réponses directes, les pointillées les effets directs de moindre importance¹⁰.

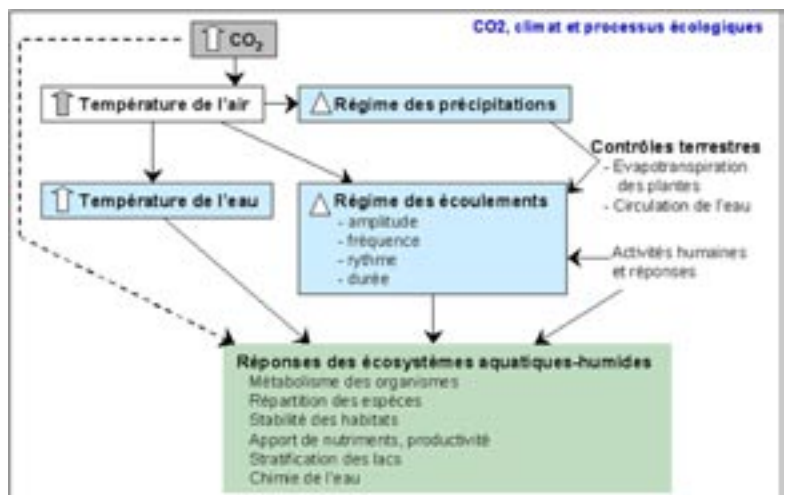




Photo Francis Muller-ENF

Lac et tourbière de Bellefontaine (Doubs). Les tourbières en bon état stockent le CO₂, mais les changements climatiques et leurs conséquences, tout en accroissant la production de ce gaz, pourraient en diminuer la capacité des milieux tourbeux à le séquestrer.

Contact :
Geneviève
Barnaud
MNHN
UMS Inventaire
et suivi de la
biodiversité
36 rue Geoffroy
Saint-Hilaire
75231 Paris cedex
barnaud@
mnhn.fr

gements de deux paramètres majeurs : la température et la disponibilité en eau (précipitations, écoulements) ; la montée du niveau de la mer touchant en plus les marais côtiers⁷, les récifs coralliens et les mangroves⁸. La transformation des processus hydrologiques a des effets multiples, immédiats et décalés dans le temps, sur les écosystèmes humides⁹. La productivité de ces écosystèmes se trouvera perturbée, l'envasement et l'eutrophisation risquent de s'intensifier.

Diagnostic confirmé pour les zones humides européennes considérées comme faisant partie des systèmes les plus vulnérables du continent, qu'elles soient côtières (intrusions salées, érosion) ou intérieures (blooms algaux), méditerranéennes (étiage prononcé), nordiques (fonte du permafrost) ou d'altitude (pertes d'endémiques)¹⁰.

Le rôle des zones humides est loin d'être neutre dans les évolutions climatiques puisqu'elles inter-

* D'ailleurs la réunion 2008 des chercheurs européens spécialisés (SWS European Chapter) est consacrée aux « Zones humides et changements climatiques : un nouveau défi scientifique ».

viennent dans le cycle du gaz carbonique et du méthane. Si les tourbières en bon état stockent le CO₂ (voir article p. 22), de 5 à 10 % des émissions atmosphériques de méthane mondiales proviennent des zones humides septentrionales¹⁰. Les changements climatiques et leurs conséquences devraient accroître la production de ce gaz et diminuer la capacité des milieux tourbeux à séquestrer le carbone*.

Les articles ci-après témoignent de points de vue, scientifiques et/ou de gestionnaires, sur ces sujets d'actualité et surtout sur les incertitudes futures, en présentant l'état des réflexions et les actions à propos de types variés de zones humides.

G. Barnaud

Bibliographie

1- ORNEC 2007. *Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique*. Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique. La Documentation française, Paris, 95 p.

2- CDB 2007. *La diversité biologique et les changements climatiques*. Journée internationale de la diversité biologique. Convention sur la diversité biologique, PNUE, 44 p.

3- van Dam, R., Gitay, H. & Finlayson, M. 2002. DOC.11. *Climate Change and Wetlands : Impacts, Adaptation and Mitigation*. COP8 Convention de Ramsar sur les zones humides. STR- Expert Working Group on Climate Change and Wetland, Valencia, Spain, 65 p.

4- EEA 2007. Climate change and water adaptation issues. *EEA Technical report*, N° 2/2007, 110 p.

5- EEA 2006. Progress towards halting the loss of biodiversity by 2010. *European Environment Agency Report*, N° 5/2006, Luxembourg, 100 p.

6- Poff, L.N., Brinson, M.M. & Day Jr., J.W. 2002. *Potential Impacts on Inland Freshwater and Coastal Wetland Ecosystems in the United States*. Aquatic ecosystems & Global climate change, Pew Center on Global Climate Change, 44 p.

7- EEA, 2006. The changing faces of Europe's coastal areas. *European Environment Agency Report*, N° 6/2006, Luxembourg, 107 p.

8- McLeod, E. & Salm, R. V. 2006. *Managing Mangroves for Resilience to Climate Change*. IUCN, Gland, Switzerland, 64 p.

Grimsditch, G.D. & Salm, R.V. 2006. *Coral Reef Resilience and Resistance to Bleaching*. IUCN, Gland, Switzerland, 52 p.

9- MEA, 2005, Ecosystems And Human Well-Being: Wetlands And Water Synthesis, *Millennium Ecosystem Assessment*, World Resources Institute, Washington, DC. 68 p.

10- EEA, 2005, Vulnerability and adaptation to climate change in Europe *European Environment Agency Technical Report N° 7/2005*, Copenhagen, 79 p.

11- Lelieveld J., 2006, A nasty surprise in the greenhouse data. *Nature*, 443 : 405-406.

Réactions prévisibles et imprévisibles des espèces des marais au changement climatique

Sans faire référence au déluge, ce n'est ni la première ni la dernière fois que les espèces se trouvent confrontées à des modifications importantes du climat. De nos jours, la différence tient essentiellement à la rapidité de ces changements qui se cumulent à d'autres stress (pollution, fragmentation, surexploitation...) et aux effets rétroactifs attendus, l'ensemble étant susceptible d'augmenter la vulnérabilité des organismes vis-à-vis d'autres facteurs (espèces invasives, pathogènes, nouveaux aménagements).

De sombres projections

En probabilité d'extinction, les chiffres sont alarmants et variables selon l'ampleur de l'augmentation de température considérée :

- + 1° C signifierait la disparition de certaines espèces et le maintien d'une majorité d'entre-elles ;
- + 4° C, la suppression de nombreux taxons et peu d'options de gestion, de toute manière coûteuses ;
- + 6° C, une situation aux conséquences difficiles à imaginer¹.

Les changements climatiques à l'horizon 2080 rendraient ainsi plus de la moitié des plantes européennes «vulnérables» ou «menacées» d'après les critères UICN*, les taux de survie fluctuant suivant leur capacité à gagner de nouveaux habitats**². Le taux de renouvellement de la flore européenne, soit le solde des disparitions et apparitions de migrantes vers le nord, pourrait atteindre 42 à 63 % selon les scénarios. Au cours du siècle dernier et à l'échelle mondiale, le déplacement par décennie de 1 700 espèces animales et végétales, appartenant à divers écosystèmes, a atteint en moyenne plus de 6 km vers le nord et 6 m en altitude³.

Si les espèces animales ne sont pas toutes à la même enseigne, les amphibiens*** et lépidoptères semblant plus fragiles, il en est de même pour les écosystèmes dont la résistance et la résilience**** diffèrent.

Une vulnérabilité accrue de la flore et de la faune des milieux humides

L'avenir des espèces de milieux humides et aquatiques se trouve directement influencé par l'altération des processus hydrologiques⁴. Des communautés végétales localisées en bordure de plan d'eau et modelées par les variations (saisonniers, interannuelles) de niveaux d'eau, disposent de peu d'espace pour se mouvoir alors que des plantes tolérantes des conditions moins humides ont une forte probabilité de dominer localement.

Les écosystèmes européens ont subi en 2003 un stress hydrique, accompagné de pollutions accrues, à l'origine de mortalités élevées de poissons, phénomènes observés jusqu'en Ecosse. Des rivières et lacs méridionaux ont connu des phases importantes d'eutrophisation. Toutefois, un excès d'eau à certaines périodes risque tout autant de perturber des communautés et de bloquer des processus biogéochimiques liés à la variation des niveaux.

Des surprises au bout de l'hameçon⁵

Dans sept sites suivis sur la Loire, le Rhône et la Seine, la proportion de poissons méridionaux et d'eaux chaudes a augmenté de 1979 à 2004, les poissons de grandes tailles se raréfient et la diversité globale baisse, alors que l'impact des aménagements des cours d'eau est resté relativement faible⁶. Plus généralement, la conjugaison des changements de températures saisonnières (maximale, minimale) et des modifications des périodes de gel et de dégel réduira la reproduction et la survie des poissons en zone tempérée⁷. Les œufs et larves d'espèces cantonnées aux résurgences pâtiront du réchauffement et de la désoxygénation des eaux souterraines. En l'absence de refuge dans leur bassin hydrographique et de possibilité de s'expatrier, de nombreuses espèces aquatiques auront du mal à persister.

Des sorties de secours ?

Des espèces verront leur répartition, leur abondance, leur statut évoluer, certaines réagiront de manière décalée. Pour ne pas disparaître, deux stratégies principales s'offrent à elles :

- **s'adapter**, mais difficile en un laps de temps si court. Outre des calages physiologiques selon les stress thermique et hydrique, des glissements phénologiques, des désynchronisations, des problèmes d'interactions (date de reproduction, de migration, durée de la saison de croissance, productivité, ré-

** De 2000 à 2080, scénarios +1,8° et +3,6° C, disparition possible de 27 % à 42 % des espèces en une localité européenne donnée.

*** Sur la Liste rouge des espèces menacées, la grenouille des champs (*Rana arvalis*) se trouve en danger critique et le pélobate brun (*Pelobates fuscus*) en danger en raison de l'assèchement des zones humides et du comblement des mares. Au début des années quatre-vingt-dix, un champignon parasite (*Batrachochytrium dendrobatidis*) a décimé des populations d'amphibiens de par le monde ; en Europe il se trouve plus spécialement en Allemagne, Espagne et Italie et a été signalé en Grande-Bretagne.

**** La capacité d'un écosystème à récupérer un fonctionnement normal après avoir subi un choc ou un traumatisme.

Photo Jacques Coatmeur/SPHN

* UICN : Union internationale pour la conservation de la nature

Pelobate brun (*Pelobates fuscus*).





Espèces animales exotiques proliférant dans les 152 zones de l'Observatoire national des zones humides.

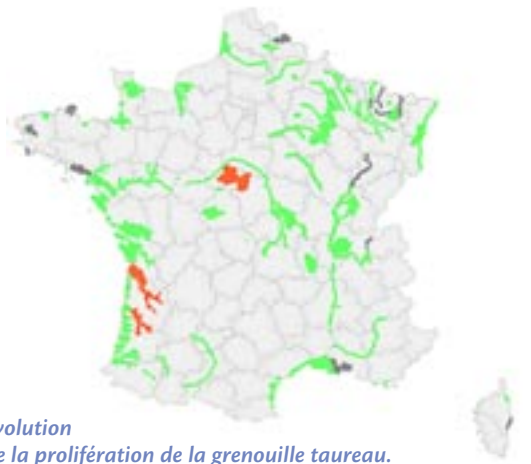
gime alimentaire...) sont signalés ou prévisibles. Des blooms phytoplanctoniques, mais aussi des lépidoptères apparaissent précocement.

En Angleterre par exemple, la procréation de six espèces d'amphibiens est avancée d'une à deux semaines. Ainsi, l'arrivée anticipée de tritons ponctués dans des mares a pour résultat une prédation accrue des grenouilles des champs, au rythme de ponte inchangé.

Des oiseaux migrent plus tôt alors que les cigognes blanches et les grues cendrées hivernent maintenant dans les zones humides dites tempérées au bénéfice de leur taux de survie et effectifs. Globalement, les organismes opportunistes ou ubiquistes devraient s'adapter.

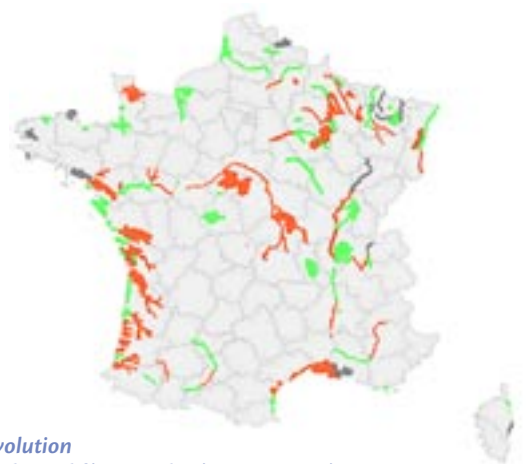
- se déplacer vers de nouveaux horizons, délicat dans un paysage morcelé et pauvre en refuges. Le transfert septentrional ou altitudinal des habitats de nombreuses espèces s'accompagne souvent d'une rétraction des aires de répartition. Un réchauffement moyen de 1° C en France signifierait

Ragondin (Myocastor coypus).



Evolution de la prolifération de la grenouille taureau.

Ecrevisse de Louisiane (Procambarus clarkii).



Evolution de la prolifération des écrevisses américaines.

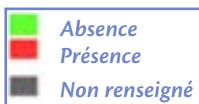
Photos SNPN Grand-Lieu



une remontée des espèces de 180 km vers le nord et de 150 m en altitude⁸. En Europe tempérée et sur 30 ou 70 ans, 25 % des lépidoptères ont déjà voyagé de 35 à 50 km. Au Royaume-Uni, 23 espèces d'odonates sur 24 ont progressé de 88 km en moyenne de 1960 à 1995, 12 espèces d'oiseaux nicheurs sur 59, de 18,9 km sur 20 ans.



Espèces végétales exotiques proliférant dans les 152 zones de l'ONZH.



Source IFEN/ONCFS/MNHN/FNC, 2007



Photo SNPN Grand-Lieu

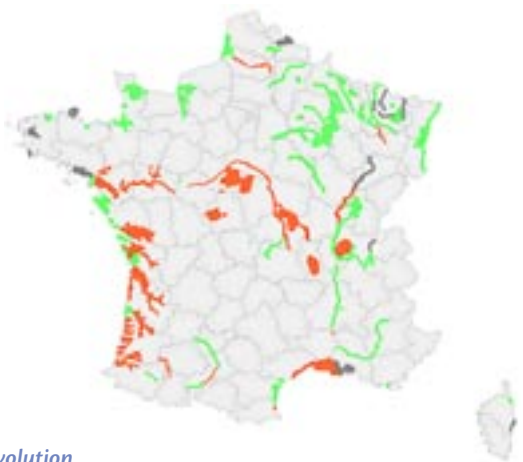
Les jussies, des espèces très envahissantes.

2000, la levée des barrières climatiques favorise l'installation d'espèces subtropicales ou tropicales dans de nouveaux territoires.

Déjà très présent en 1990, le ragondin, s'étend vers le nord et pose problème dans une majorité des sites en 2000. La grenouille taureau, auparavant cantonnée à l'Aquitaine, et la tortue de Floride se propagent spectaculairement. Les écrevisses exotiques (américaine, signal, de Louisiane) sont en nette progression sur tout le territoire***.

Sur les bordures de cours d'eau altérés, la renouée du Japon présente un taux d'accroissement de 200 % en 10 ans et occupe de nouveaux secteurs (Rhin, Meuse, Allier, Loire, Garonne, Oise) tandis que des vases exondées et sols humides, cultivés ou non sont tapissés par une cosmopolite naturalisée en Europe, le paspale à deux épis.

Dans les eaux stagnantes, les jussies sont en pleine extension septentrionale, sur la façade atlantique et dans les étangs. Aucune région ne semble maintenant épargnée malgré les opérations de contrôles engagées. L'extension des espèces comme le myriophylle aquatique, le grand lagarosiphon ou l'égéria ont conquis les substrats et les eaux riches en matière organique. D'autres espèces colonisatrices de secteurs eutrophisés ou perturbés sont à signaler, comme l'azolla fausse-fougère dont la prolifération temporaire dans un canal près de Metz à l'automne 2005 coïncidait avec une hausse exceptionnelle de 3 à 4° C de la température de l'eau¹⁰. Et puis, il y a les invasives avérées dans des zones humides européennes, signalées dans des eaux de l'hexagone et qui pourraient rapidement poser problème : la lentille d'eau minuscule, la lentille d'eau rouge, l'élodée



Evolution de la prolifération des jussies.

*** Porteurs sains de la peste de l'écrevisse qui ravage les populations des trois espèces d'écrevisses autochtones.

Des espèces gagnantes a priori

Des particularités hydromorphologiques et écologiques des systèmes aquatiques et humides expliquent la propension d'espèces exotiques à les envahir ou autochtones à y proliférer. Plus le système est perturbé, stressé, plus la conquête est aisée. L'examen des 152 ZHIM* de l'ONZH**⁹ a confirmé le lien entre le nombre d'espèces invasives ou proliférantes en 2000 et l'indice de pression des activités humaines et/ou le niveau de perturbations hydrologiques. La boucle est bouclée, les populations autochtones fragilisées par les changements climatiques déclinent au profit d'organismes (autochtones ou allochtones) adaptés aux nouvelles conditions et susceptibles de saisir ces opportunités. Le résultat ne se fait pas attendre : homogénéisation des communautés, perte de diversité, dysfonctionnements... Comme le confirment les évolutions des échantillons suivis par l'ONZH entre 1990 et

* ZHIM : zones humides d'importance majeure.

** ONZH : Observatoire national des zones humides.

Contact :
Geneviève Barnaud
MNHN
UMS Inventaire
et suivi de la
biodiversité
36 rue Geoffroy-
Saint-Hilaire
75231 Paris cedex
barnaud@mnhn.fr

de Nuttall, la laitue d'eau, l'orpin de Helms, l'herbe-alligator, *Hydrilla verticillata*..., sans oublier des signalements de la jacinthe d'eau en Aquitaine jugés plus qu'inquiétants¹¹.

Une conclusion toute provisoire

Le grand remue-ménage des aires de distribution des espèces autochtones et exotiques est en cours et les simulations plutôt alarmantes. Des modélisations (Euromove) montrent que la répartition des 1 400 plantes européennes présentes dans différents milieux se modifiera en 2050 avec des gagnants et des perdants, 32 % en moyenne des espèces notées dans les échantillons en 1990 auront disparu en 2050¹². Nos flores et faunes risquent fort de payer un lourd tribut, les éditeurs vont devoir réviser leurs ouvrages ! Ces changements de répartition, déclin et disparitions de populations, apparitions de nouvelles espèces ont et auront de plus en plus des coûts élevés aux plans écologique, sanitaire et socio-économique.

Les impacts concernent tous les types d'écosystèmes, en particulier les vulnérables et déjà perturbés, catégories dans lesquelles entrent de nombreuses zones humides. Or les moyens d'intervenir demeurent très réduits. Qu'il s'agisse de limiter les perturbations « maîtrisables », d'aider les espèces à se déplacer par la conception de réseaux écologiques, de « migrations assistées », ou de contrôler celles qui prolifèrent, les politiques de prévention d'introduction d'organismes, même renforcées, risquent fort d'être balayées. Certains programmes de gestion et restauration de populations d'espèces mériteraient d'être révisés à l'aune de ces enjeux. Créer des refuges reste plus que jamais d'actualité, tout en ayant conscience de leur fragilité. Quand bien même nous changerions nos modes de vie ou que le Gulf

Stream se ralentisse, il semble que le réchauffement se poursuivrait, question d'inertie ! Nos sociétés devront être vigilantes, apprendre de ces changements pour mieux les accompagner et s'adapter aux contextes locaux nouveaux, tout aussi imprévisibles qu'ils soient.

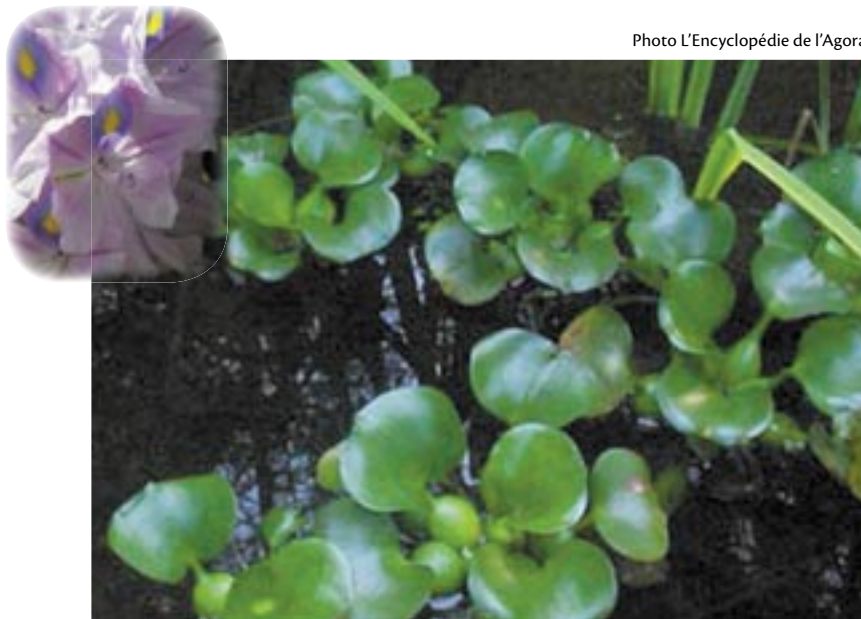
G. Barnaud

Bibliographie

- 1- Hansen, L. & Biringer, J. 2003. Building Resistance and Resilience to Climate Change. Pages 9-14 in *Buying Time : A User's Manual for Building Resistance and Resilience to Climate Change in Natural Systems*, Hansen et al. (eds). WWF.
- 2- Thuiller W., Lavorel, S., Araújo, M.B., Sykes, M.T. & Prentice, I.C. 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. *PNAS*, 102: 8245-8250.
- 3- Parmesan C. & Yohe G., 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impact across natural systems. *Nature*, 421 : 37-42
- 4- Gitay, H., Suárez, A. & Dokken, D.J. 2002. *Les changements climatiques et la biodiversité*. GIEC, WMO, UNEP, 75 p.
- 5- Cemagref, 2008. Les poissons sous l'influence du réchauffement climatique. *InfoMédias*, 84, 2 p.
- 6- Daufresne, M. & Boët, P. 2007. Climate change impacts on structure and diversity of fish communities in rivers. *Global Change Biology*, 13: 2467-2478.
- 7- Abell, R., Thieme, M., Dinerstein, E., and Olson, D. 2002. *A sourcebook for conducting biological assessments and developing biodiversity visions for ecoregion conservation*. Volume II: Freshwater Ecoregions. WWF, Washington, D.C., USA, 201 p.
- 8- Abbadie, L. & Lateltin, E. 2005. Biodiversité, fonctionnement des écosystèmes et changements globaux. Page 80-99 in *Biodiversité et changements globaux. Enjeux de société et défis pour la recherche*, R. Barbault et B. Chevassus-au-Louis (eds), ADPF, Paris.
- 9- Ximenes M.C., Fouque C. & Barnaud G., 2007. *Etat 2000 et évolution 1990-2000 des zones humides d'importance majeure*. Document technique IFEN-ONCFS-MNHN-FNC, Orléans, Ifen, 136 p. + annexes. [www.ifen.fr/acces-thematique/territoire/zones-humides.html]
- 10- Muller, S. 2006. Prolifération spectaculaire d'*Azolla filiculoides* (Azollaceae, Pteridophyta) dans le canal de Jouy près de Metz (Lorraine, France) à l'automne 2005. *Bull. Soc. Nat. luxemb.* 107 : 21-38.
- 11- Dutartre, A. & Bertrin, V. 2007. *Mise en oeuvre de la Directive cadre européenne sur l'eau dans les plans d'eau. Méthodologie d'étude de communautés de macrophytes en plans d'eau*. Cemagref Unité de recherche réseaux, épuration et qualité des eaux, 25 p.
- 12- Bakkenes, M., Alkemade, J.R.M, Ihle, F., Leemans, R. & Latour, J.B. 2002. Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Global Change Biology*, 8: 390-407.

Jacinthe d'eau
(*Eichhornia crassipes*).

Photo L'Encyclopédie de l'Agora



L'évolution climatique et son impact en Dombes

Extraits de l'étude réalisée par Ph. Richoux et Ph. Lebreton, et publiée dans les *Cahiers de la Fondation Pierre Vérots*, mai 2008, n° 1.



L'étang Riquet en fin d'été.

Photos Benoît Castanier

Avec ses quelque 1 200 étangs créés et entretenus par l'homme, la Dombes est l'une des zones humides intérieures importantes d'Europe occidentale. Il convient d'être vigilant sur les évolutions actuelles du climat pour assurer une gestion collective et économe de l'eau. Les résultats de cette étude doivent permettre d'avancer dans ce domaine.

Trois paramètres météorologiques sont essentiels à connaître : la température, les précipitations et, dans une moindre mesure, le vent. Leur action conjuguée peut se traduire par des bilans synthétiques déterminants pour les écosystèmes : le bilan thermique et le bilan hydrique.

Sur le territoire de la Fondation Pierre Vérots*, une station météorologique a été installée en 1995. Des données de Météo-France des températures et précipitations de la station de Marlieux, située à 15 km au nord-est de la Fondation, ont été par ailleurs enregistrées depuis 1964. L'analyse des résultats fait ressortir les éléments suivants.

Le climat dombiste peut être considéré comme une forme atténuée du climat continental : la mauvaise saison s'étend de novembre à mars inclus avec

un bilan hydrique positif ; en belle saison de juin à août, ce bilan est négatif.

Par ailleurs, les résultats analysés sur les 43 dernières années montrent une hausse thermique si-



Station météorologique de la Fondation Pierre Vérots.

(*) Fondation Pierre Vérots déclarée d'utilité publique en 1984.



Photos Benoît Castanier

Un paramètre climatique devient majeur à partir de décembre en Dombes, le gel. Le réchauffement prévu dans les vingt années à venir engendrerait une diminution des effectifs du canard colvert mais favoriserait ceux du fuligule milouin.

Etang Riquet : sur la vasière s'est développée une jonchaie.

gnificative. En revanche, aux aléas près, il n'y a pas d'évolution pluviométrique générale.

L'échauffement porte sur tous les mois de l'année (1,8° C en moyenne) mais les écarts diffèrent selon les saisons : l'été connaît une hausse mensuelle moyenne de 2,5° C, contre 1,0° C "seulement" pour l'hiver ; le printemps (+ 2,0° C) et l'automne (+ 1,7° C) sont en situation intermédiaire.

La valeur estivale enregistrée correspond à une dérive en latitude de quelque 400 km : Villars-lès-Dombes rejoint largement les Saintes-Maries-de-la-Mer (pour autant qu'elles n'aient pas gagné le Maghreb...) et la Dombes devient Camargue, flamants roses et salines en moins !

Il convient de s'interroger sur les effets de la température sur les cycles biogéochimiques aquatiques, sur la qualité de l'eau et sur l'équilibre nutritif des étangs dont dépendent les poissons et les oiseaux.

L'origine de l'eau en Dombes, en situation de plateau, est uniquement météorique, à savoir liée aux précipitations, variations thermiques, orages, vents etc. Par voie de conséquence, le niveau de remplissage des étangs dépend directement du bilan hydrique. Les effets les plus évidents de l'augmentation de la température en été sont, d'une part, la baisse du niveau des eaux par évaporation, d'autre part, l'échauffement de toute la masse d'eau, les étangs de pisciculture étant peu profonds. Or, température, quantité d'O₂ et de CO₂ dissous et métabolisme des êtres vivants sont liés en un équilibre fragile. Une augmentation des températures risque de rompre l'équilibre des étangs dombistes : production massive du phytoplancton et de la végétation aquatique, surconsommation d'oxygène par les bactéries, dystrophies des eaux profondes...

L'écologie des espèces, animales ou végétales sera perturbée pour les plus sensibles d'entre elles.

De plus, en Dombes, à partir de décembre, un paramètre climatique devient majeur, le gel. Celui-ci a une implication pour deux principales espèces de canards hivernant en Dombes, à savoir le canard colvert et le fuligule milouin. A l'évolution



La Fondation Pierre Vérots au bord de l'étang Praillebard envahi de jonc après une année de sécheresse.



des rigueurs climatiques à la mi-janvier en Dombes correspond une évolution des effectifs de colverts et de milouins. Le réchauffement prévisible à l'horizon 2030 se traduirait par un déplacement de 5 % de la balance colvert/milouin. Toutes choses égales par ailleurs, le colvert perdrait 13 % de ses effectifs absolus à la mi-janvier tandis que le milouin en gagnerait 11 %.

Face à ces résultats, tous les acteurs dombistes – à savoir pisciculteurs, agriculteurs, chasseurs, naturalistes, dont les activités et les loisirs relèvent de la même problématique – doivent se sentir concernés pour adopter des comportements réalistes et solidaires, encadrés par le droit coutumier et général, afin d'harmoniser et d'équilibrer les intérêts de chacun dans un cadre élargi.

P. Richoux - P. Lebreton

Elévation du niveau de la mer et terres basses du littoral

L'élévation du niveau de la mer transformera les conditions d'existence des terres basses du littoral français aussi bien dans les marais maritimes et les rives des estuaires, sur les côtes de l'Atlantique et de la Manche, que dans les étangs, les lagunes et les deltas sur les rivages méditerranéens.

Des submersions plus longues et plus fréquentes

Cette élévation entraînera une vulnérabilité du trait de côte, par suite d'abord de l'accroissement de la hauteur d'eau au rivage qui, diminuant la réfraction, permettra aux vagues d'aborder le rivage avec plus d'énergie. En outre, la plus grande fréquence des tempêtes également prévue ne peut qu'accroître cette vulnérabilité qui affectera notamment les cordons littoraux protégeant les zones basses. Ceux-ci seront fragilisés aussi bien lorsqu'ils sont constitués de sable, comme sur le littoral camarguais, que lorsqu'ils sont formés de galets, tel qu'à la pointe du Hourdel qui protège déjà avec beaucoup de difficultés les bas-champs picards. Quand leur protection n'est pas assurée par une formation naturelle, le plus souvent confortée par l'action humaine, les zones basses sont, soit normalement submersibles comme beaucoup de prairies humides de l'estuaire de la

Loire, soit protégées par des digues comme les polders de la baie du mont Saint-Michel.

Un accroissement de la salinité

Les parties déjà submersibles connaîtront des submersions plus longues et plus fréquentes. Ce sera le cas pour les schorres appelés mollières en Picardie, herbus en Normandie, misottes en Poitou, prés-salés en Gironde... Cette évolution se traduira par un exhaussement général vertical par suite d'une alimentation sédimentaire accrue, et sans doute aussi par une exaspération de l'érosion latérale liée à l'augmentation de l'agitation des eaux littorales. L'accroissement de la salinité s'observera aussi bien sur les rivages de front de mer que le long des rives des estuaires. Elle entraînera une extension des halophytes véritables comme les salicornes, les spartines ou les obiones aux dépens de la végétation dulçaquicole ou des plantes simplement halotolérantes telles les fétuques.

Un frein au drainage

Les parties endiguées sont constituées de polders dont les sols présentent des niveaux d'autant plus bas qu'ils ont été privés d'alimentation sédimentaire depuis la construction des digues. Les consé-

quences du changement climatique s'y traduiront par un risque accru d'inondation lié à la submersion éventuelle des digues qui les protègent. Elles s'y traduiront aussi par l'augmentation des difficultés du drainage et une élévation du niveau de la nappe phréatique. Le drainage par gravité souvent déjà difficile sera ralenti à la fois par la diminution de la pente et, dans les mers à marée, par la diminution des temps d'écoulement intermittent à marée basse. Le recours au pompage sera généralisé.

Les parties qui sont en contrebas du cours des fleuves en voie de surélévation comme dans le delta du Rhône seront gravement menacées de submersion en cas de rupture des levées latérales qui corsètent le fleuve. Les graus* des lagunes méditerranéennes seront vraisemblablement élargis et les cordons fragilisés avec l'apparition de nouveaux graus.

La gestion du Conservatoire du littoral

Le patrimoine du Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres (CELRL) dont la loi a étendu la compétence « aux communes riveraines des estuaires et des deltas lorsque tout ou partie de leurs rives sont situés en aval de la limite de salure des eaux » comprend de plus en plus de terres basses. Les acquisitions futures accroîtront encore la part de ces terres basses. On considère que si 11 % seulement du patrimoine actuel pourraient être épisodiquement couverts par la mer, plus de 21 %

* Grau : nom donné, dans le Midi, au chenal par lequel un étang ou un cours d'eau débouche dans la mer.

Photo Fernand Verger



Le polder de Mortagne-sur-Gironde à marée haute.

des acquisitions futures seront dans cette situation.

Les solutions doivent être adaptées selon la nature des terres basses concernées, selon leur imbrication dans le contexte local, selon leur intérêt écologique et économique.

Dans certains cas, il semble raisonnable de ne pas contrarier l'évolution naturelle. Le cas de la mare de Vauville au nord-ouest du Cotentin peut servir d'exemple. Ce marais littoral est isolé de la mer par un cordon sableux qui cédera face à une élévation notable du niveau de la mer. On assistera alors à une salinisation des zones humides de la mare de Vauville. Une végétation halophile s'y développera aux dépens de la végétation actuelle.

Des cas de « dépodérisation »

A titre de comparaison, on peut rappeler qu'une telle transformation d'un milieu doux en marais salé a été réalisée volontairement en 1996 sur le site de Brancaster, sur la côte nord du comté de Norfolk, en Grande-Bretagne. Ce site, d'une grande richesse naturelle comme la mare de Vauville, était protégé par la directive européenne sur les oiseaux et appartenait en partie à la Société royale de protection des oiseaux (RSBP). Après de longues négociations, la

création d'une brèche dans la digue a permis à la mer de pénétrer dans le marais. Cette opération effectuée dans le cadre de la politique britannique de « re-alignement » a pour but de s'adapter aux nouvelles conditions que provoque la montée du niveau de la mer.

Dans le cas des polders acquis par le Conservatoire du littoral, la politique appliquée lorsque ceux-ci ont été envahis par la mer lors de tempêtes, a été de ne pas obstruer les brèches, de laisser la marée haute envahir librement les polders et de permettre à de riches prés-salés de se constituer. Cette politique a été pratiquée dans une partie du polder de Graveyron envahi par la mer en 1996, sur la rive est du bassin d'Arcachon. Elle l'a aussi été dans le grand polder de Mortagne-sur-Gironde (200 hectares) submergé par la tempête du 27 décembre 1999. La digue de ce dernier polder autrefois cultivé en céréales a été rompue en plusieurs endroits. Une végétation halophile a recolonisé l'étendue et fournit aujourd'hui une forte exportation de matières organiques vers les eaux côtières. Un nouveau réseau de chenaux s'y est établi qui constitue un milieu de vie propice à toute une population de poissons juvéniles (gobies, mullets, soles...). L'existence de ce nouveau schorre en

voie d'exhaussement par suite de la décantation des eaux de submersion de la marée constitue désormais une zone de protection face à l'érosion de la Gironde qui tend à mordre sur cet ancien polder et dont l'élévation du niveau de la mer ne fera qu'accroître l'agressivité. Ces opérations de dépodérisation rendent nécessaire le confortement des défenses internes comme on l'a entrepris à Mortagne-sur-Gironde par l'édification d'une digue intérieure ORSEC.

Une politique d'anticipation

Si, en France, la dépodérisation a été acceptée par le Conservatoire du littoral à la suite de tempêtes, elle a été délibérément pratiquée en Angleterre, en Ecosse ou aux Pays-Bas par l'ouverture volontaire de brèches dans les digues de polders à des fins de protection face à la montée du niveau de la mer combinées à des fins écologiques de reconstitution de milieux de biodiversité.

L'exemple du polder de Freiston (78 hectares) sur la rive occidentale de la baie du Wash, en Angleterre, est démonstratif à cet égard. Les opérations ont commencé par la construction d'une nouvelle digue à l'intérieur du polder de Freiston pour protéger les régions basses des marais des Fens. Trois brèches ont été ensuite creusées dans la digue de front de mer en août 2002 quand la digue de protection intérieure était totalement couverte par la végétation. Un milieu humide et salé favorable à la biodiversité a été créé à l'intérieur du polder devenu aujourd'hui un haut lieu du tourisme ornithologique. L'économie locale en a profité. La défense contre l'élévation du niveau de la mer a été confortée. La production de nutriments exportés vers les eaux côtières a été accrue. Cette dépodérisation volontaire apparaît aujourd'hui comme un succès, même si elle n'était pas née sous un consensus général.

A l'heure où l'on redoute la pénurie de terres pour nourrir l'humanité par suite de la diminution des terres cultivées provoquée par l'usure des sols comme par l'accaparement des terres par le développement des villes, des infrastructures de communications et des sites industriels, la dépodérisation pourrait apparaître comme inopportune, si elle n'était pas un facteur d'accroissement de

La mare de Vauville, dans le Cotentin.



Photo Fernand Verger

la productivité des eaux côtières. Celles-ci ont en effet été privées au cours des cent dernières années de l'essentiel de leurs sources vivrières autrefois fournies par les schorres

que l'industrialisation des rives d'estuaires, la construction de polders, de terre-pleins urbains ont fait disparaître.

F. Verger

le bassin versant. Les conséquences des dernières crues du Rhône montrent qu'en dépit des travaux réalisés, le risque d'inondation par défaillance des ouvrages reste d'actualité. Par ailleurs, la défense du trait de côte est depuis plusieurs décennies un enjeu important de la conservation et du développement de ce territoire.

Contact :
Fernand Verger
Fernand.Verger@ens.fr

Histoires d'eau, de sel, et de sable... Quel avenir pour la Camargue ?

La Camargue ne va pas disparaître de si tôt, bien sûr, mais il ne sera pas possible de la conserver dans son état actuel de fonctionnement pour les décennies à venir. Dans certains endroits, un renforcement des structures de protection sera nécessaire, dans d'autres il faudra reculer, redonner plus de liberté au fleuve et à la mer et augmenter la connectivité entre ces derniers et la plaine deltaïque.

Entre protection accrue et adaptation graduelle, selon les enjeux associés de conservation, de développement, et les contraintes socio-économiques, une réflexion globale s'est engagée sur les conditions d'une gestion intégrée de cette zone littorale à forte valeur patrimoniale.

Un fonctionnement complexe, le poids de l'histoire...

Dans les hydrosystèmes aménagés de Camargue, les flux et échanges d'eau associés aux divers usages et au fonctionnement des écosystèmes sont contraints par le climat local, la gestion hydraulique et agricole, et par les limites que constituent le fleuve et le milieu marin.

Les volumes d'eau annuels importés dans la partie centrale du delta

(Ile de Camargue) dépendent de l'étendue et de la localisation des zones cultivées en riz (d'avril à septembre). Sur les 15 dernières années, le volume global introduit a été de 300 à 400 millions de m³ par an. Le drainage agricole des secteurs non poldérisés pendant la saison esti-



----- Relevé GPS du 3 juin 2007 (effectué par Guy Chenu, visiteur naturaliste assidu de la réserve)

— Relevé GPS de février 2006

— Transcription du trait de côte à partir du recalage du cadastre napoléonien de 1814

vale limite la diminution de volume d'eau dans les étangs ainsi que l'augmentation de leur salinité. La redistribution du sel et le transport des sédiments dans les étangs, ainsi que les échanges avec le milieu marin se produisent essentiellement sous l'effet du vent. Si les apports d'eaux de drainage contribuent à lisser les effets du climat sur les niveaux et la salinité des étangs, ils entraînent un flux de polluants, en particulier de pesticides liés à l'agriculture sur

Selon les dernières prévisions régionales du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), le réchauffement au cours du XXI^{ème} siècle dans la zone méditerranéenne sud-européenne sera le plus important en été, éga-

Il ne reste plus que quelques mètres de plage pour stopper la mer aux abords des Saintes-Maries.

Photos Silke Befeld/SNPN



lement associé à une diminution des précipitations et une augmentation de l'évaporation (printemps et début été). L'incertitude reste importante face à l'évolution de la fréquence des événements cycloniques en zone méditerranéenne et sur les conséquences en termes de surcotes marines et de crues de type méditerranéen.

Vaccarès et canal de Fumemorte : l'étang central de Camargue reçoit entre 50 et 100 millions de m³ d'eaux usées agricoles par an, soit la moitié de son volume total.

Laisses de mer, Camargue, digue à la mer, juin 2008. Après la tempête centennale de 1982, les digues, qui avaient été détruites sur plusieurs kilomètres, ont été fortement consolidées : cela n'empêche pas qu'aujourd'hui chaque tempête «moyenne» arrive à 10 cm de son sommet.

* CEREGE : Centre européen de recherche et d'enseignement des géosciences de l'environnement

La plage, inondée, et sa protection de ganivelles : le côté aussi volontariste que dérisoire de la protection des dunes par la SNPN, face à une géante en colère.

Bientôt impossible de maintenir la totalité de la Camargue ?

Un delta est un milieu qui dans un fonctionnement naturel, se construit, avance, recule sous l'effet conjugué de la dynamique du fleuve et de la mer.

Depuis un siècle et demi, l'intervention humaine dans le delta du Rhône a en grande partie entravé cette dynamique pour la mise en valeur économique, et la sécurisation des personnes et des biens ; lesquelles se sont traduites par la construction des digues et la régulation partielle des flux d'eau par des pompages.

La série de crues importantes du Rhône depuis 1993 a remis en cause le sentiment de sécurité relative des occupants et exploitants des secteurs endigués. Le risque avait été « oublié » (la dernière crue du fleuve dont le débit était supérieur à 8 000 m³/s à Beaucaire remontait à 1952), et pendant ce temps la vulnérabilité du territoire avait augmenté (urbanisation, défaut d'entretien ou aménagement inadéquat des digues). Les tempêtes de 1982 et 1997 ont marqué les esprits, et le phénomène d'érosion du rivage dans des secteurs sensibles (Saintes-Maries-de-la-Mer, Salins du Midi) est relativement bien connu. Cependant, la perception par la population locale du risque lié à la submersion marine apparaît moins importante que dans le cas des inondations fluviales. L'augmentation du niveau marin moyen en Camargue (de 2 mm/an depuis le



Photo Eric Coulet/SNPN

début du XX^e siècle) est un fait, et la tendance globale actuelle serait plutôt de 3 mm/an.

Il existe des zones d'érosion sur le littoral camarguais, mais également des secteurs d'accumulation sableuse et le delta est globalement en déficit sédimentaire, par diminution des apports solides du Rhône (barrages, digues). L'impact de ce déficit sur la dynamique géomorphologique actuelle est accentué par le fait que les limites imposées par les digues aux interfaces fluviales et marines ont été fixées (1856-1870) à l'issue d'une période de plus de deux siècles pendant laquelle les apports sédimentaires ont été sensiblement plus importants (crues nombreuses pendant le « Petit Age glaciaire » ; transport solide lié à la déforestation du bassin conséquence, du dévelop-

pement agricole et de la révolution industrielle). Les études récentes réalisées par les géomorphologues du CEREGE* (Aix-en-Provence) concluent que l'augmentation du niveau marin moyen au cours des dernières décennies ne contribue qu'à moins de 3 % au recul du rivage sur le littoral camarguais ; l'essentiel du processus érosif est dû à l'impact des tempêtes, en particulier la répétition de tempêtes moyennes à intervalles de temps plus rapprochés. Les ouvrages en enrochements mis en place sur le littoral (dignes frontales, épis) montrent aujourd'hui leurs limites. S'ils permettent localement de piéger du sable, ils induisent une érosion à leur aval dans le sens de la dérive littorale, par diminution du transit sédimentaire latéral. Là où ces ouvrages ont stoppé le recul de la ligne de rivage, l'érosion des fonds s'est accélérée, entraînant les risques d'affaissement d'ouvrage et des coûts de maintenance élevés. Il s'agit donc d'admettre dès maintenant qu'il deviendra impossible de maintenir la totalité de la Camargue dans ses limites actuelles à l'horizon de quelques décennies.

Un territoire confronté à des crises hydro-climatiques

Les crises résultent en premier lieu de phénomènes impliquant un risque d'inondation : saturation des sols, défaillance d'ouvrage de protection avec débordement et/ou érosion. Elles sont provoquées par des précipitations locales extrêmes, des crues du fleuve, des surcotes

Photo Yves Chérain/SNPN



marines et de fortes houles, le risque maximum étant lié à la possible concomitance de ces événements.

Le système endigué, avec un nombre d'exutoires vers la mer insuffisants ou non opérationnels, devient un obstacle pour évacuer dans des délais socialement acceptables les eaux ayant envahi la plaine deltaïque. S'il apparaît normal que le système lagunaire du Vaccarès serve de zone d'expansion pour les eaux d'inondation du nord du delta (Plan Rhône), il convient toutefois de prévoir de mieux réguler leurs apports et d'organiser leur évacuation ultérieure.

Par ailleurs, les crises sont liées aux problèmes de disponibilité et de qualité de la ressource en eau, qu'il s'agisse de l'eau du Rhône ou de celle des canaux assurant les transferts des milieux agricoles vers les habitats aquatiques naturels dans le delta. Un étiage prononcé du fleuve entraîne la remontée du coin salé dans les deux bras du Rhône, ce qui peut rendre l'eau pompée impropre à une utilisation agricole et conduire, pour le moins, à des restrictions sur les quantités prélevées, avec les conséquences possibles de conflit sur la ressource. Les eaux pompées peuvent être associées à des flux de polluants résultant des activités sur le bassin du Rhône (métaux lourds, pesticides, autres polluants organiques comme les HAP* ou les PCB**...). L'agriculture intensive dans les bassins camarguais eux-mêmes génère des flux de pesticides et résidus d'engrais dont une partie se retrouve dans les écosystèmes aquatiques en aval, dont l'emblématique réserve nationale de Camargue.

La nécessité de s'adapter

Le territoire camarguais est particulièrement menacé par les changements globaux, dont de nombreux effets semblent inéluctables (changement climatique, élévation du niveau marin, pression démographique, politique agricole...). Les forçages physiques naturels et anthropiques conditionnant l'évolution à court et moyen terme de l'hydrosystème de l'île de Camargue, sont en effet directement impactés par ces changements, en raison de leur rôle prépondérant dans la dynamique hydro-saline du milieu.

La mise en place d'une gestion intégrée de cette zone côtière impose au préalable que soit caractérisée sa vulnérabilité aux forçages externes et internes, naturels ou liés aux activités humaines. Pour l'aide à la décision et la prospective, et ce dans un contexte incertain nécessitant une grande capacité d'adaptation, les gestionnaires et décideurs doivent s'appuyer sur des bases de connaissances et des outils de simulation aussi opérationnels que possible. Dans le cadre du projet GIZCAM (Gestion intégrée d'une zone humide littorale méditerranéenne aménagée : contraintes, limites et perspectives pour l'île de Camargue), plusieurs axes de recherche ayant pour objectif de tendre vers une gestion intégrée de cette zone côtière sont développés.

Le transfert vers les gestionnaires, des outils et connaissances acquises constitue un objectif final prioritaire du programme LITEAU du ministère chargé de l'écologie et du développement durable, dans lequel il s'inscrit (voir p. 30). En ce sens, la communication et l'échange entre scientifiques et gestionnaires sont essentiels tout au long du projet.

Ph. Chauvelon

Pour en savoir plus :

http://www.tourduvalat.org/nos_programmes/gestion_integree_et_dynamiques_des_ecosystemes/gestion_integree_d_une_zone_humide_littorale_amenagee

Répondre à l'élévation du niveau de la mer en Languedoc-Roussillon

La DIREN Languedoc-Roussillon s'est intéressée aux effets de l'élévation du niveau de la mer dans le but d'identifier ses impacts sur le patrimoine naturel et de mieux connaître les moyens de s'adapter à cette problématique. Deux stages ont été réalisés à ce propos en 2007 et cet article en est une synthèse.

Etat de l'art en Languedoc-Roussillon

Les quelques études existantes conduisent à établir un premier constat : selon le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), suite au changement climatique, plus de 87 % du trait de côte en Languedoc-Roussillon seraient exposés à l'érosion et à l'inondation côtière lors des tempêtes². Ce constat a conduit en 2003 à la publication des orientations stratégiques pour la gestion de l'érosion en Languedoc-Roussillon³. Ce premier travail se poursuit par la réalisation d'un atlas numérique des zones inondables par submersion marine du littoral sableux du

Languedoc-Roussillon par le Centre d'études techniques de l'équipement (CETE) Méditerranée.

Cerner l'élévation du niveau de la mer

Une élévation moyenne du niveau de la mer de l'ordre de 1.3 mm par an a été notée entre 1885 et 1978 par le marégraphe de Marseille. Au cours de la dernière décennie, de 1996 à 2006, cette tendance a été confortée et évaluée entre 1 et 2 mm par an. Cependant, on observe des différences sensibles entre les secteurs de Marseille et de la Camargue. Une estimation de la montée des eaux sur la façade méditerranéenne se révèle donc très difficile à établir.

Seules les conséquences de cette élévation peuvent être concrètement appréhendées sur les zones côtières telles que la submersion permanente des terres, l'accélération de l'érosion côtière, l'augmentation de la fréquence et de la magnitude des inondations côtières lors de tempêtes, l'intrusion marine dans les nappes d'eau douce, estuaires, aquifères et baies...



Photo DDE Hérault

* Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (pyrène, benzopyrène) sont des polluants organiques persistants qui présentent une forte toxicité.

** Les polychlorobiphényles sont des composés aromatiques organochlorés longtemps utilisés dans l'industrie et qui présentent une toxicité variable.

Bioaccumulables, on les retrouve dans les tissus gras de nombreux animaux ou des êtres humains.

Connaître les conséquences sur le patrimoine naturel et les risques pour l'homme

Conséquences sur le patrimoine naturel

Les dunes

L'élévation du niveau de la mer et l'augmentation en intensité des tempêtes marines aggraveront l'érosion qui est déjà, avec le piétinement, une des principales causes de dégradation de la végétation dunaire. Mais cette augmentation des tempêtes pourra aussi avoir des effets positifs en relançant la dynamique naturelle de recolonisation du milieu par certaines espèces végétales remarquables comme l'euphorbe peplis et par des habitats d'intérêt communautaire (steppes salées méditerranéennes).

L'élévation du niveau de la mer peut également provoquer une salinisation de la lentille d'eau douce présente dans les dunes, favorisant des espèces halophiles dunaires (*Crucianella maritima*, *Ammophila arenaria*) au détriment des espèces habituelles des dunes.

Les lidos

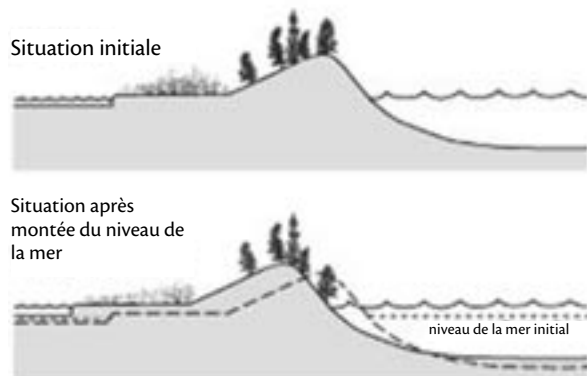
Ils pourraient migrer vers l'intérieur des lagunes ou être morcelés à cause de l'érosion. L'érosion et l'augmentation en fréquence et en intensité des tempêtes entraîneraient aussi la formation de nouveaux graus ou élargiraient des graus existants. Si des habitations ou infrastructures empêchent le dépôt de sédiments du côté intérieur du lido, le blocage de la migration de ce dernier provoquerait son amincissement voir sa disparition.

Les lagunes

L'élévation du niveau marin pourrait en accroître la profondeur.

Source Titus 1990

Diagramme illustrant l'adaptation du lido naturel à une élévation du niveau de la mer.



Source : Modèle numérique de terrain
Orthophoto Gaia Media 2005- Réalisation : Observatoire du Syndicat mixte du bassin de Thau

Toutefois, une extension de la surface des lagunes par immersion des bordures les plus basses assurerait l'apparition de nouvelles zones peu profondes qui entraînerait une nouvelle répartition des habitats, selon la hauteur d'eau, sans perte d'habitats majeurs. En outre, le comblement accentué des lagunes via les apports des bassins versants serait à même de compenser l'élévation du niveau de la mer.

Si de nouveaux graus se forment, la salinité des lagunes se stabilisera et s'approchera de celle de la mer, favorisant les espèces les plus tolérantes au sel. Dans les lagunes très vastes (étang de Thau), les modifications de la salinité resteront faibles à la différence de celles de faible volume qui tendraient à acquérir des caractéristiques de milieu marin. Cependant, il faudrait aussi prendre en compte l'impact du renforcement des inondations et donc de l'arrivée d'un volume d'eau douce supérieur dû aussi aux changements climatiques.

Les marais

La montée du niveau de la mer risque de perturber la végétation des marges des étangs : par inondation, érosion et intrusion d'eau salée. Plusieurs possibilités s'offriront aux zones humides : migrer vers l'intérieur des terres (sauf si elles sont bloquées par des infrastructures, digues, habitations), soit monter verticalement (la sédimentation grâce aux apports des rivières compensant verticalement la montée des eaux), soit être submergées et se transformer en nappes ouvertes, ou encore

se maintenir, mais en changeant de végétation : les salicornes annuelles résisteront mieux que les fourrés halophiles. Tandis que les roselières seront particulièrement menacées par une augmentation de la salinité.

Risques pour l'homme

Les submersions marines se traduisent par l'irruption d'eaux salées particulièrement agressives dans des biens bâtis ou non bâtis (terres agricoles). Le recul du trait de côte met à portée des vagues des aménagements souvent implantés imprudemment au plus près de la mer. Or, les rapports du CETE Méditerranée font état d'un phénomène d'érosion généralisé pour le Languedoc-Roussillon.

Les enjeux socioéconomiques associés aux aléas côtiers concernent principalement la vulnérabilité des infrastructures résidentielles, commerciales, industrielles, de services, patrimoniales, routières, ferroviaires et portuaires.

Identifier les secteurs vulnérables

En France, le projet LIFE « Respon-se » (voir p. 29) a conduit à étudier les secteurs de vulnérabilité potentiels sur le littoral du Languedoc-Roussillon.

Pour améliorer l'évaluation du risque, il est également important de prendre en compte des données subjectives recueillies lors des enquêtes auprès des populations résidentes pour préciser le degré de risque. C'est ce qui a été fait sur la lagune de La Palme en 2006-2007⁴.

La mise en place d'un observatoire régional pérenne sur l'évolution du



Photo Communauté d'agglomération du bassin de Thau

trait de côte et les risques de submersion marine, est envisagée.

Elaborer des stratégies de lutte

Stratégies en faveur de la préservation des milieux naturels

- Permettre aux milieux de s'adapter naturellement

La plupart des habitats et espèces du littoral du Languedoc-Roussillon s'accommoderaient d'une évolution du trait de côte et d'une élévation du niveau marin, à condition que les infrastructures littorales ne bloquent pas leur progression et leur capacité d'évolution. C'est pourquoi, dans certains secteurs naturels, il est primordial de réfléchir au retrait stratégique des infrastructures (Grand travers, Carnon, Sète à Marseillan, Vias, Canet Saint Cyprien...)⁵.

Il est donc essentiel de prendre en compte l'espace nécessaire pour que les milieux naturels (dunes, zones humides) puissent s'adapter en migrant vers l'intérieur des terres.

- Favoriser la capacité des espèces et des habitats côtiers à réagir aux changements climatiques

Les mesures destinées à améliorer la résilience et la connectivité des

sites par la promotion de la « cohérence écologique » du réseau Natura 2000 devraient également renforcer la capacité d'adaptation des écosystèmes européens aux changements climatiques.

- Déplacer les sources de pollution potentielles

Il est également important d'étudier les risques liés aux sources potentielles de pollution (6 établissements Seveso et 15 stations d'épuration en Languedoc-Roussillon) présentes dans les zones à risque de submersion et de veiller à ce que de nouvelles sources de ce genre n'y soient pas installées.

- Conserver les barrières naturelles

Il s'agit d'aider les protections naturelles qui existent déjà, telles que les dunes, à se reconstituer avec notamment des techniques douces (ganivelles), en évaluant la pertinence des interventions par rapport aux scénarios envisagés.

- Stratégies vis-à-vis des choix d'investissements à venir

Certaines acquisitions foncières sur le littoral qui visent à terme à mettre en place des mesures de défense douces telles que la reconstitution de profil dunaire, doivent prendre en

compte l'élévation du niveau marin en optant pour un élargissement de la zone d'acquisition à la bande littorale des 300-400 mètres.

Stratégies pour la protection des biens et des personnes

- La gestion du risque

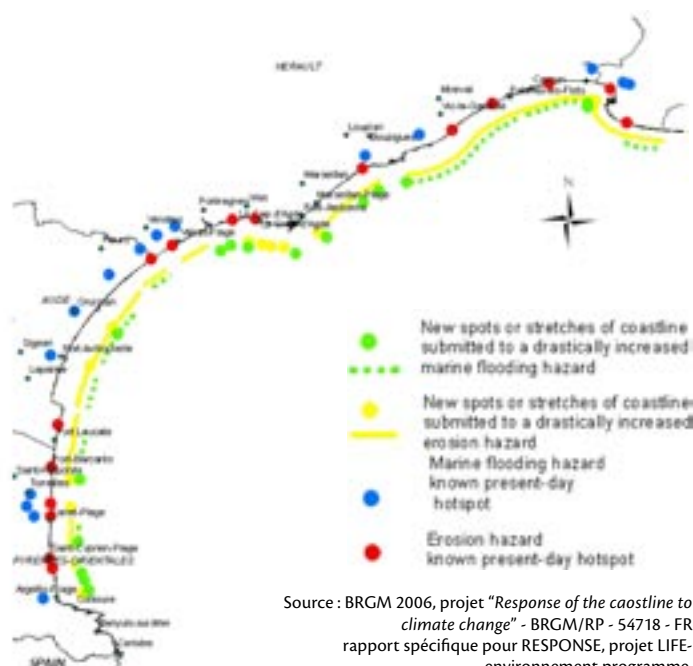
Certaines dispositions de la loi « littoral », comme l'interdiction de construire sur la bande des 100 m en dehors des espaces urbanisés⁶, et la possibilité de prolonger la bande des 100 m au travers des plans locaux d'urbanisme (PLU) pourraient gagner à être redéfinies en fonction d'un terrain d'assiette de 2 m NGF. Il faudrait également proposer d'apprécier sur ces espaces une bande littorale inconstructible dont la distance équivaldrait à trente années d'érosion côtière.

Sur le littoral, la politique de l'Etat en matière de réduction du risque de submersion marine ou d'inondation⁷ passe obligatoirement par la mise en œuvre de plans de prévention des risques (PPR) littoraux multirisques (inondations / submersion). Dans la région il n'y a pas encore de PPR de submersion marine (seul sur l'étang de Thau, un futur PPR submersion marine est en préparation) (cf. ci-dessous).

La future doctrine régionale sur le littoral du Languedoc-Roussillon permettra d'homogénéiser les pratiques d'écriture des règlements PPR.

Le lido de Sète à Marseillan.

Changement climatique et risques : position des « points chauds » sur le littoral du Languedoc-Roussillon.



Source : BRGM 2006, projet "Response of the coastline to climate change" - BRGM/RP - 54718 - FR rapport spécifique pour RESPONSE, projet LIFE-environnement programme,

4 - http://www.ifresi.univ-lille1.fr/Littoral2008/Themes/Theme_4/Seance1/Anselme.pdf

5 - Voir la fiche de synthèse 08a. <http://www.agropolis.fr/pdf/actu/pase.pdf>

6 - Article L146-4-III du code de l'urbanisme

7 - Circulaires du 24 janvier 1994 et 24 avril 1996



Photo EID Méditerranée

- La nécessité de stratégies d'adaptation renouvelée : le recul stratégique

Le recul stratégique consiste à déplacer, à reculer vers l'arrière pays, les infrastructures présentes sur un territoire donné à une distance suffisante, afin de les mettre à l'abri de risques.

En région, cette méthode d'adaptation semble commencer à porter ses fruits et prend plusieurs formes :

- recul imposé face au respect des délimitations du domaine public (commune de Vias) ;

- recul imposé par l'existence d'un risque imminent (route entre Sète et Marseillan) ;

- retrait d'un territoire favorable à la restauration du fonctionnement naturel de l'espace littoral afin de reconstruire de son trait de côte (projet sur le Grand et le Petit Travers, communes de Mauguio et de la Grande-Motte)...

Le parallèle peut aussi être fait avec le redéploiement urbain des communes de Durban et Villeneuve des Corbières dans l'Aude, dévastées par les crues de 1999.

Le PASER (plan d'action stratégique de l'Etat en région) 2009-2011 en Languedoc-Roussillon propose com-

8 - Voir la fiche de synthèse 08a. <http://www.agropolis.fr/pdf/actu/pase.pdf>
9 - Voir fiches de synthèse n° 8, 9 et 16. <http://www.agropolis.fr/pdf/actu/pase.pdf>

Vue aérienne du Grau du Préau à Palavas-les-flots. Les digues et les brise-lames piègent le sable en face des constructions et accélèrent l'érosion sur la portion de plage moins urbanisée.

Dégâts provoqués par les tempêtes successives sur la côte littorale de l'Hérault en décembre 1997.



Photo DDE Hérault

me action d'identifier les secteurs prioritaires de retrait stratégique (Grau du Roi, Grand travers, Frontignan, Vias, Racou...) et d'engager des opérations effectives de retrait⁸.

Vers une meilleure prise en compte du phénomène en Languedoc-Roussillon

Une récente contribution à l'élaboration du futur PASER porte sur les changements climatiques et le développement durable dans la région. Des propositions d'actions sont notamment formulées dans le sens de la meilleure connaissance, prévention, prise en compte et gestion du phénomène de submersion marine en Languedoc-Roussillon⁹.

M.Romani (1)

C. Belair(2) et M. Carreno(2)

Changements climatiques et évolution du littoral : un besoin d'information

En baie de Somme, le confinement de l'estuaire commencé il y a 1 000 ans s'est accéléré ces 200 dernières années en raison du dernier endiguage de 1976. Les digues délimitent un ensemble de polders appelé renclôtures ou bas-champs. Ceux de Cayeux, isolés de la mer dès le milieu du XVIII^{ème} siècle, se trouvent sous le niveau des plus hautes eaux. Tous les scénarios relatifs aux changements climatiques prévoient une élévation du niveau des mers qui aura pour conséquence d'accroître la différence de niveau entre l'intérieur des digues et le milieu marin. Inévitablement cela aboutira à des intrusions marines dans les zones agricoles, voire dans les agglomérations. Si, jusqu'à présent, la politique a été de maintenir le trait de côte à



Coordonnées :
Pôle relais lagunes méditerranéennes :
Tour du Valat à Arles (13),
Virginie Mauclert,
mauclert@tourduvalat.org
Tél. 04 90 97 29 56
Conservatoire des espaces naturels du Languedoc-Roussillon (1) à Montpellier (34),
Marie Romani,
pole.lagunes.lr@wanadoo.fr
Tél. 04 67 58 43 34
Office de l'Environnement de la Corse à Corte (2B),
Gwenaëlle Le Viol,
leviol@oec.fr
Tél. 04 95 48 11 81
Alain Pibot, chargé de mission littoral à la DIREN Languedoc-Roussillon (2),
alain.pibot@languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr



Photos Patrick Triplet

grands renforts de moyens financiers, dans 25 ou 30 ans, la mobilisation de tels budgets pour sauver des milieux jugés peu rentables semble improbable. Le recul maîtrisé du trait de côte apparaît aujourd'hui comme la seule alternative. Cependant, cette idée a du mal à faire son chemin et tend plutôt à affoler la population. Il est donc crucial d'expliquer cette nouvelle donne et ce qu'elle implique concrètement.

Le nécessaire recul du trait de côte

Le syndicat mixte Baie de Somme, Grand Littoral Picard a la lourde



Une invitation à découvrir les richesses de la baie...

... l'évolution du trait de côte et la dépol-dérivation.



territoriale, la Maison de l'oiseau est devenue la Maison de la baie de Somme et de l'oiseau. Toutes les informations disponibles sur l'évolution du trait de côte sont exposées de manière didactique. Le nécessaire recul du trait de côte, par l'inter-

La Maison de la baie de Somme, un lieu d'information, d'échange d'idées et d'expériences sur ce thème.



Certains sites, comme celui-ci sur la commune de Cayeux, devront être dépol-dérivés afin d'assurer la protection d'autres, nécessaires aux populations locales.

tâche de maintenir le trait de côte des bas-champs de Cayeux. Aussi, afin de préparer l'avenir, la dépol-dérivation de certains espaces est nécessaire afin de renforcer la protection des espaces indispensables aux populations locales. Un film a été réalisé pour illustrer les enjeux, la démarche et des débats publics organisés. De plus, afin de renforcer le message et gagner en cohérence

médiaire des dépol-dérivations fait l'objet d'une présentation de plus en plus pointue.

Recevant près de 50 000 visiteurs par an, la Maison de la baie de Somme a un rôle important vis à vis de la sensibilisation et devient le lieu d'échanges d'expériences et d'idées sur ce thème. Le projet de dépol-dérivation localisé à quelques dizaines de mètres permettra de développer un outil utile pour convaincre chacun de la nécessité de vivre avec l'élément marin plutôt que d'essayer de le combattre sans la moindre chance de succès.

J-C. Cornette

Contact :
Jean-Christian
Cornette
Syndicat mixte de la
baie de Somme,
Patrick Triplet
1, place de l'Amrial
Courbet
80100 Abbeville

Les zones humides temporaires méditerranéennes et les changements climatiques

Les zones humides à inondation temporaire sont particulièrement abondantes dans la région méditerranéenne avec une grande diversité de superficie (de quelques dm² pour les mares cupulaires jusqu'à des km² pour les grands chotts du Maghreb) et de situation écologique (substrat, climat, salinité, etc.). Malgré cette diversité, les zones humides temporaires conservent des points communs importants qui sont liés au cycle hydrologique et aux adaptations à l'alternance de phases inondées et sèches. Ces conditions favorisent les espèces à cycle court voire éphémère et réduisent l'importance de la prédation et de la compétition qui sont des facteurs prépondérants dans les milieux aquatiques permanents. Souvent peu spectaculaires et longtemps méconnues, elles accueillent une biodiversité exceptionnelle en richesse et originale tant pour les plantes que pour les amphibiens et les invertébrés (en particulier les crustacés et les odonates).

Le fonctionnement hydrologique : un facteur clé

Les dates de mise en eau et d'assèchement sont des facteurs déterminants dans la composition spécifique des peuplements végétaux et animaux dans les milieux aquatiques

temporaires. La salinité joue également un rôle important dans les zones humides littorales, tant sur la végétation que sur la faune aquatique. Les cycles de vie des invertébrés et des plantes dans ces milieux sont très courts et les organismes survivent pendant la phase sèche sous forme de semences et d'œufs de résistance. La germination des semences, l'éclosion des œufs et formes de résistance (crustacés, bulbes d'*Isoetes* par exemple) sont conditionnées par les températures qui suivent et donc de la saison. Certains crustacés peuvent se reproduire après quelques jours d'inondation ; les plantes nécessitent au moins quelques semaines et les amphibiens plusieurs mois avec, pour tous les groupes, de grandes variations entre espèces. La survie des populations de plantes et de crustacés dépend, d'une part de la longévité des formes de résistance (œuf, graine, spore) et, d'autre part, de leur capacité à se reproduire avec succès au moins de temps en temps.

Les précipitations jouent le plus souvent un rôle prépondérant dans le bilan hydrologique des milieux aquatiques temporaires. Du fait de leur faible superficie, ils sont très peu tamponnés et connaissent de gran-



des variations intra et interannuelles dans les volumes d'eau et calendrier de mise en eau. Les changements climatiques en cours devraient réduire les précipitations, surtout dans le sud du bassin méditerranéen, et amplifier la variabilité des hauteurs de pluie mais aussi leur répartition dans le cycle hydrologique. L'intensification des pluies et l'allongement des périodes de sécheresse seront particulièrement sensibles sur les mares temporaires avec de petits bassins versants. Une conséquence additionnelle pour les milieux littoraux devrait être la salinisation progressive par des intrusions salines et la diminution des apports d'eau douce. Les conséquences de ces changements sont difficiles à prédire car les données biologiques demeurent insuffisantes et les réponses des assemblages d'espèces aux changements environnementaux impliquent souvent des processus non linéaires difficiles à anticiper.

Conséquences attendues des changements climatiques

Malgré les incertitudes, les effets des changements climatiques sur les milieux aquatiques temporaires, et en particulier les mares, devraient être très importants. Les zones humides endoréiques (c'est à dire sans relation directe ou indirecte avec la mer),

Chirocephalus diaphanus dans une mare temporaire de Camargue.

Mare temporaire et vol de flamants en Camargue.

Photos Aline Waterkeyn





Photo Aline Waterkeyn

Création d'une nouvelle mare temporaire en Camargue.

temporaires de Camargue. Les changements testés concernent la salinité ainsi que la durée et prévisibilité des hydropériodes. Les premiers résultats de cette

expérience montrent d'une part, une forte sensibilité des grands branchiopodes, les espèces emblématiques

des mares temporaires, à la salinité (effet négatif sur l'éclosion, la survie des larves, la croissance et la reproduction) et, d'autre part, différentes réponses pour les hydroséquences reflétant leurs différents cycles de vie. L'échec de la reproduction pendant plusieurs saisons consécutives à cause de mauvaises conditions (trop salé ou dessèchement prématuré) peut entraîner l'épuisement de la banque d'œufs et donc l'extinction des populations locales.

P. Grillas

* IPCC 2008, Technical paper

Contact :
Patrick Grillas
Tour du Valat
Le Sambuc
13200 Arles
grillas@
tourduvalat.org

nombreuses au Maghreb et dans la péninsule ibérique, seraient plus particulièrement affectées du fait de leur sensibilité plus grande aux variations du bilan hydrologique*. Les conséquences les plus prévisibles des changements climatiques sont :

- une diminution des espèces les plus exigeantes en termes de durée d'inondation et de dates d'inondations (plus généralement de fonctionnement hydrologique); inversement les espèces à cycle court et flexibles devraient être favorisées;

- une réduction des espèces rares par l'accentuation de la fragmentation des populations.

Des suivis de mares temporaires sur une dizaine d'années au Maroc mettent en évidence de grandes variations dans la composition spécifique de la végétation, en relation directe avec les précipitations. Des espèces amphibiennes de petite taille telles que *Elatine brochonii* ou *Pilularia minuta* montrent des reproductions très irrégulières selon les années, susceptibles d'augmenter leur risque d'extinction stochastique (c'est-à-dire qui relève du hasard). Plus généralement, la plupart des espèces aquatiques des mares temporaires sont dépendantes pour se reproduire d'une humidité suffisante en fin de cycle. Les variations dans les régimes de précipitations exposent ces espèces à des échecs répétés de reproduction. Le suivi d'une trentaine de mares en Camargue a démontré que l'hydropériode (la durée de l'inondation) et la salinité sont des facteurs clés pour les communautés d'invertébrés.

Un dispositif expérimental clos et de taille moyenne, en cours depuis deux ans en Camargue, en partenariat avec l'université de Leuven (Belgique), vise à mesurer l'impact des changements climatiques sur la structure des communautés de crustacés et de plantes de mares

Les mares arctiques tirent la sonnette d'alarme !

Dans le Grand Nord canadien, les mares arctiques s'assèchent à un rythme inquiétant selon une étude publiée en 2007.

Les effets du changement climatique ne se manifestent pas de manière homogène à la surface de la planète. Dans les hautes latitudes polaires, on s'attend à observer des phénomènes fortement amplifiés en raison de divers mécanismes (rétroactions positives). Afin de mesurer ces effets, John P. Smol et Marianne S. V. Douglas, (universités du Queen's et d'Alberta au Canada), se sont intéressés aux mares de la zone arctique canadienne (cap Herschel). Ces habitats de faible profondeur présentent l'intérêt d'être à la fois les milieux aquatiques les plus fréquents à ces latitudes mais également des «hotspots» de biodiversité (micro-organismes, flore, faune) au milieu de paysages terrestres hostiles...

Un seuil franchi

Ainsi, l'étude des données limnologiques accumulées pendant 24 ans (1983 à 2006) sur les mêmes sites ainsi que des observations ponctuelles enregistrées depuis les années 70 montrent des changements significatifs tels qu'une baisse récente des niveaux d'eau ainsi qu'une modification de sa composition chimique (augmentation de la conductivité**). Ces évolutions sont directement liées à une augmentation du ratio «évaporation/précipitations» (E/P)

et à un réchauffement des températures.

Un seuil semble avoir été franchi puisque ces mares, permanentes depuis des millénaires (comme l'attestent les études paléolimnologiques) s'assèchent aujourd'hui totalement dès le début de l'été. Ceci est particulièrement marquant dans la région du cap Herschel (île d'Ellesmere, troisième plus grande île du Canada, la plus septentrionale de l'archipel arctique), qui repose sur un solide socle granitique, contrairement

Photo Marianne S. V. Douglas



**La conductivité électrique d'une eau, exprimée en micro-siemens par cm ($\mu S \cdot cm^{-1}$), correspond à la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de $1cm^2$ de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle traduit la minéralisation totale d'une eau.

Mare asséchée de la plage de Ridge (Canada).

Dans la région du cap Herschel au Canada, des mares autrefois permanentes s'assèchent aujourd'hui totalement dès le début de l'été.



Photo Marianne S. V. Douglas

ment à beaucoup d'autres régions subarctiques dans lesquelles les mares présentent une forte variabilité en raison de la composition de leur sol, de type permafrost. Ainsi des mares de près d'un demi-hectare dans les années 80 sont aujourd'hui totalement à sec.

Les conséquences écologiques de ces changements au sein du fragile écosystème arctique sont nombreuses. Des effets en cascade s'observent tels que la disparition de sites de reproduction pour les oiseaux d'eau, la modification des dynamiques de population de nombreux invertébrés et de leurs prédateurs, etc. En outre, ces mares, considérées comme des puits à carbone de par leur accumulation de matière organique, se transforment petit à petit

en une source potentielle de carbone suite à leur assèchement.

L'ensemble des réactions enregistrées dans les mares sous les hautes latitudes arctiques représente donc un signal d'alarme sur le profond bouleversement climatique auquel nous sommes de plus en plus confrontés.

O. Scher

Pour en savoir plus :

John P. Smol et Marianne S. V. Douglas (2007). *Crossing the final ecological threshold in high Arctic ponds.*

Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 104(30): 12395-12397.

Site internet :

<http://biology.queensu.ca/~pearl/Threshold.htm>

atmosphérique. Dans les tourbières boréales et arctiques, 98,5 % du carbone stocké l'est dans la tourbe, 1,5 % dans la végétation.

L'« acteur » principal des tourbières boréales et le plus formateur de tourbe est la sphaigne, une plante « ingénieur » qui crée son propre milieu physico-chimique.

Lorsqu'on dispose, grâce au fonctionnement « naturel » d'une espèce végétale caractéristique, la sphaigne, des conditions climatiques particulières (température, humidité) et des conditions spécifiques du milieu (hydromorphie, acidité, pauvreté en nutriments...), on observe une absorption de carbone, la fonction de puits de carbone est active ; elle est de l'ordre de 0,1 Gt par an.

En cas de perturbations anthropiques, piétinement, drainage, apports de nutriments, extraction de tourbe, etc., on constate :

- une perte de la biodiversité spécifique ;
- un boisement qui va encore accentuer l'assèchement ;
- un arrêt de la production de végétaux accumulateurs de tourbe ;
- une remise en circulation du carbone historiquement stocké dans la tourbe.

Dans ces cas, les tourbières deviennent sources de carbone. Par exemple, des tourbières converties en terres agricoles émettent en moyenne de 0,05 à 0,1 Gt de carbone/an.

Les tourbières et leur rôle de stockage de carbone face aux changements climatiques

Les tourbières sont-elles des puits ou des sources de carbone ?

En fonctionnement naturel, ce sont en général des puits : la végétation forme de la tourbe et l'ensemble des deux est capable de stocker le carbone. En fonctionnement perturbé, elles deviennent des sources de carbone.

Les tourbières sont donc un régulateur essentiel du cycle global du carbone. Elles représentent dans le

monde une surface non négligeable : 400 millions d'hectares selon Joosten et Clarke, 2002 (3 % des terres émergées). La fréquence, la surface et le type de tourbière dépendent du climat. Elles sont plus répandues en Amérique du Nord (Canada 37 %), en Asie et en Europe (en zone boréale). Le reste (10 %) est situé au niveau des zones tropicales, dont 20 millions d'hectares en Indonésie.

A l'échelle mondiale, les tourbières stockent 1,4 Gt de carbone, l'équivalent des trois quarts du carbone



Contact :
Olivier Scher
Pôle-relais Mares et
Mouillères de France
Maison de
l'environnement de
Seine-et-Marne
Route de la tour
Denecourt
77300 Fontainebleau
Tél. 01 60 70 25 66
mares@maisonde
l'environnement.org

Ainsi, les tourbières, milieux d'une extrême sensibilité, sont très vulnérables aux perturbations tant directes (drainage, apports de nutriments, extraction) qu'indirectes (changement climatique). Il est donc indispensable de conserver ces milieux pour de multiples raisons, notamment leur rôle dans le cycle des trois principaux gaz à effet de serre (CO_2 , CH_4 , N_2O). Celui-ci s'avère complexe, car la tourbe ou la végétation des tourbières peuvent dans certaines conditions contribuer aux émissions de gaz à effet de serre. Si nécessaire, une réhabilitation appropriée doit leur permettre de récupérer, au moins à terme, leur capacité de stockage du carbone. Pour cela, une réglementation de protection et des programmes de réhabilitation sont à établir.

Quant au réchauffement climatique, perturbe-t-il le fonctionnement même des tourbières et dans quelle mesure ?

Peu de recherches ont été menées sur le rôle des tourbières dans le cycle mondial du carbone face à un réchauffement climatique. Cependant, les études menées jusqu'ici montrent qu'une hausse de température entraîne d'une part :

- une augmentation de l'activité microbienne ;
- une forte décomposition de la matière organique ;

Photos projet Peatwarm



- et donc un dégagement important de CO_2 par respiration des microorganismes.

Mais elle entraîne également une fixation conséquente du carbone par photosynthèse.

Or, en domaine continental, les modèles biogéochimiques de décomposition de la matière organique n'ont été établis jusqu'ici que sur les sols « minéraux » dont les teneurs en matière organique sont faibles. Face aux perturbations climatiques, il devient donc nécessaire d'établir des bilans d'accumulation du carbone dans les tourbières et de développer des modèles prédictifs pour les décennies à venir...

Peatwarm un projet de recherche sur les tourbières et le réchauffement climatique

Le projet Peatwarm (effet d'un réchauffement modéré sur le fonctionnement de tourbières à sphaignes et leur fonction comme puits de carbone) mobilise 37 chercheurs et techniciens de 7 universités ou laboratoires français et suisses. Il est subventionné par l'Agence nationale pour la recherche dans le cadre du programme « Vulnérabilité-environnement-climat ». D'une durée de quatre ans, il a commencé en janvier 2008.

Le projet Peatwarm pose des questions sur les liens entre tourbières et réchauffement climatique. Par exemple, sous l'effet d'un réchauffement climatique, les tourbières sont-elles susceptibles de passer du rôle de « puits » de carbone à celui de « source » ?

Avec Peatwarm, l'objectif est d'utiliser les tourbières comme modèles et d'analyser leur vulnérabilité dans le contexte de changement climatique, en appliquant un système expérimental qui simule une augmentation *in situ* de la température moyenne. L'idée sous-jacente est de déterminer dans quelle mesure le réchauffement climatique peut



L'équipe du projet Peatwarm.

modifier le fonctionnement des tourbières dans les régions tempérées, détériorant ainsi leur fonction de puits de carbone.

Nous évaluerons particulièrement comment une augmentation modérée de la température affecte :

- les principaux groupes fonctionnels végétaux ;
- l'équilibre entre les flux de carbone superficiels et souterrains (spécialement grâce à la signature isotopique du CO_2 respiré) ;
- la diversité et l'activité microbiennes dans les sphaignes et dans la tourbe souterraine ;
- les interactions entre plantes-microbes et macrofaune en termes de transferts de carbone, azote et soufre ;
- la dynamique des composés organiques de la tourbe souterraine.

Le but est la création de modèles biogéochimiques du carbone couplés avec les cycles de l'azote et du soufre, qui comprennent les interactions entre ces compartiments-clés. Ils permettront d'extrapoler les changements du système sur les deux prochaines décennies.

Le matériel chauffant consiste en des chambres à toit ouvert (OTC) en fibre de verre, selon le protocole standardisé des systèmes ITEX (Expérience internationale de la toundra). L'ITEX est un réseau scientifique d'expériences se concentrant sur l'impact des changements climatiques sur des espèces végétales alpines ou de toundra sélectionnées. Des OTC ont été spécialement utili-

La sphaigne, l'espèce caractéristique des tourbières.

ORE :
Observatoire de recherche en environnement
GDR :
Groupement de recherche
GIEC :
Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

Contact :
Fatima Laggoun-Défarge
Projet Peatwarm
Institut des sciences
de la Terre,
UMR 6113 CNRS
Université d'Orléans
1 A, rue de la
Ferrollerie
F-45071 Orléans
cedex 2
Tél.
+33 (0)238 49 46 63
Fatima.laggoun-
defarge@univ-
orleans.fr

Francis Muller
Pôle-relais Tourbières
Fédération des
conservatoires
d'espaces naturels
32, Grande rue,
25000 Besançon
Tél.
+33 (0)381 81 78 64
francis.muller@
pole-tourbieres.org

Fig. 1 :
Dispositif de mesures
prévu à Frasné pour
«Peatwarm» .

sées pour étudier l'écologie des tourbières subarctiques (voir fig. 1).

Le site qui sera étudié dans le cadre de Peatwarm est la tourbière du Forbonnet à Frasné (Doubs). Il s'agit d'une tourbière ancienne et active de type ombrotrophe, à 840 m d'altitude, comparable aux tourbières sub-boréales. Un dispositif complet de mesures et suivi de paramètres y sera installé, si possible pour 10 à 20 ans.

Les études de Peatwarm seront menées sur les sites de contrôle, et les dispositifs chauffés (OTC) utiliseront des techniques complémentaires jamais utilisées ensemble auparavant : écologie des tourbières, écologie et écophysologie végétales, écologie microbienne, géochimie isotopique et moléculaire, pétrologie organique, paléoécologie et modélisation du cycle du carbone. Peatwarm ne considérera pas seulement l'effet de l'élévation de température sur la biodiversité végétale de surface mais étudiera aussi l'effet sur la biodiversité souterraine, via les dynamiques des populations microbiennes et du carbone labile.

A terme, la création d'un réseau de recherche national (ORE ou GDR) « changements globaux et fonctionnement des tourbières » est envisagée.

Les principaux objectifs de ce réseau sont :

=> de fédérer des chercheurs de disciplines variées sur un ou quelques sites instrumentés ;

=> de mettre en commun les données et suivis de paramètres environnementaux sur le long terme ;

=> de transférer les connaissances acquises aux gestionnaires et aux législateurs pour une meilleure conservation et une gestion durable de ces écosystèmes clés.

F. Laggoun-Défarge et F. Muller

Plaidoyer en faveur d'une reconquête des espaces inondables

Au-delà du maintien et de la réhabilitation de l'espace de liberté des cours d'eau¹, tactique prônée au début des années 90 pour lutter contre l'érosion des berges, il s'agit désormais de promouvoir l'utilisation de zones d'expansion des crues comme moyen de contrôle des inondations, tout en optimisant d'autres fonctions et valeurs compatibles.

Des inquiétudes justifiées

Les prévisions de changement des régimes pluviométriques (période, intensité, nature) se traduiront par une augmentation des écoulements dans les réseaux hydrographiques du Nord et du Centre-Nord de l'Europe. Or, nous avons tous en mémoire les inondations désastreuses de 1993, 1994, 1995 et 1999 qui ont touché le Nord-Est, la Camargue, la Bretagne, la plaine de l'Aude..., celle de l'Oder l'hiver 1997, cause de 56 morts et 2 milliards d'euros de dé-

gâts en République tchèque, de plus de 500 000 ha inondés en Pologne et de la destruction ou dégradation de 70 000 bâtiments, de ponts, routes, et digues. La crue hivernale de la Somme (2000-2001) et automnale du Gard (2002) ont coûté plus de 250 millions d'euros de dommages, sans parler des décès. L'été 2002, les crues du Danube, de l'Elbe, de la Moldau et du Mulde ont provoqué l'évacuation de 360 000 habitants et plus de 15 milliards d'euros de dégâts en République tchèque, Allemagne et Autriche. L'année 2006 a vu l'état d'urgence déclaré dans plusieurs pays européens. En France, le risque d'inondation concerne un tiers des communes dont 300 grandes villes, environ 2 200 000 ha pouvant être submergés et 2 millions d'habitants affectés. Il existerait 8 000 km de digues de protection, pour la plupart anciennes et en terre, plus ou moins bien entretenues et gérées par plus de 1 000 gestionnaires différents.

Des débits décuplés, des digues en piteux état et des lambeaux de zones inondables

En décembre 2003, le cumul des précipitations sur certains bassins versants d'affluents du Rhône, conjugué à l'urbanisation, l'imperméabilisation des sols, la canalisation du fleuve, a provoqué une brusque montée des eaux à l'origine d'une crue « exceptionnelle ». Les surverses et ruptures de digues de protection ou de remblais ferroviaires ont occasionné la submersion de la plaine du bas Rhône (au sud de Tarascon, quartiers du Nord d'Arles). Les comptes sont lourds : 7 morts, 20 000 personnes évacuées, plus de 1 500 communes sinistrées, deux centrales nucléaires arrêtées, environ 844,4 millions d'euros de dégâts, plus

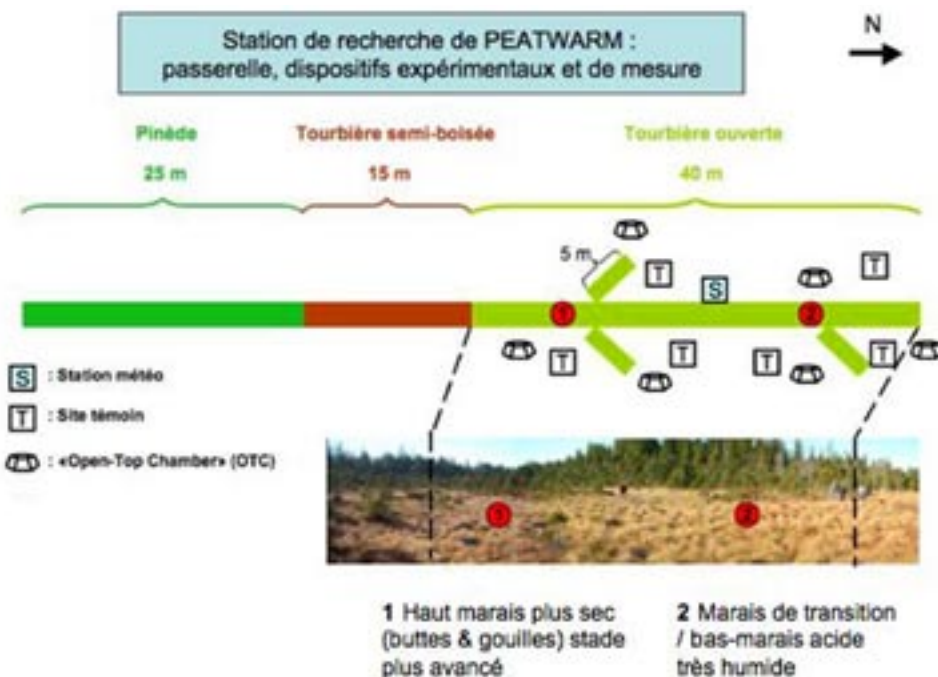




Photo François Lescuyer/SNPN

des trois quarts chez des particuliers et des entreprises.

Outre le constat du mauvais état des ouvrages souvent non entretenus, l'événement a confirmé que toute digue a une limite dans sa capacité de protection contre les inondations et qu'il faut prévoir des déversoirs ou des dispositions d'anticipation adaptées. La Camargue gardoise a d'ailleurs joué involontairement ce rôle de champ d'expansion en stockant temporairement l'eau et ceci au détriment de ses habitants.

La disparition de 15 000 ha d'espaces inondables rhodaniens en amont du delta, essentiellement du fait des retenues concédées à la CNR, a donc un prix. Des opérations de restauration écologique et hydraulique des bras morts ont été initiées depuis les années 80 afin de préserver des milieux écologiquement intéressants, mais aussi d'améliorer les écoulements en crue². Cette option est renforcée par le contrat interrégional 2007-2013 du Plan Rhône qui comprend la restauration physique des milieux artificialisés dans le cadre du 9^{ème} programme du SDAGE³. Le plan a été suscité par les événements de 2003 et le constat d'une utilisation extrême du fleuve maintenant isolé de sa plaine alluviale.

Valoriser les services hydrologiques

Comment mieux faire comprendre aux décideurs que du point de vue social, économique*, écologique et surtout hydrologique, on a tout intérêt à investir dans la gestion du

risque par de l'ingénierie écologique ?

Des travaux de la Commission Européenne⁴ soulignent la nécessité de réhabiliter la dynamique des systèmes fluviaux (divagation, inondation) qui offre une solution durable plus efficace contre le péril de submersion**. Les auteurs proposent de

concevoir des « défenses naturelles contre les inondations », définies comme des lieux où un ensemble de mesures spécifiques sont prises pour réduire la menace et simultanément améliorer le fonctionnement naturel de la zone inondable. En général, ces dispositions visent à accroître les capacités d'écoulement des chenaux et de stockage des zones inondables, mais aussi à protéger des cours d'eau fonctionnels. Les conséquences des changements pluviométriques actuels et prévus servent de révélateur de la fragilité des rivières aménagées (hydroélectricité, barrage, navigation) et de leur vulnérabilité liée aux modifications d'usage des terres. Il convient aujourd'hui de dépasser les opérations techniques contre-productives, faillibles et coûteuses (digues toujours plus hautes, barrages toujours plus grands, fleuves suraménagés) et de mobiliser les principes de restauration, de gestion des risques et de rappeler les fonctions et valeurs des zones inondables.

La fonction hydrologique clé correspond à la rétention des eaux de crue assurée par un fonctionne-

** Plus de 80 % des espèces végétales et animales européennes sont, d'une manière ou d'une autre, associées aux paysages fluviaux.



Photo Silke Befeld/SNPN

La mer aux abords des Stes-Maries-de-la-Mer (Fourcade).

CNR :
Compagnie nationale du Rhône

1- Assises nationales de l'eau - *Protection des milieux naturels aquatiques* (ministère de l'Environnement, 1990).
Malavoi J.-R., Bravard J.-P., Piegay H., Heroin H. & Ramez P. 1998. *Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau*, Agence de bassin Rhône-Méditerranée-Corse, Guide technique n° 2, 38 p.
2- Amoros, CI 2001. *La restauration des zones humides alluviales*. ZH Infos, 34 : 6-7.

Moiroud, C. & Zylberblat, M. 2006. *Les îlons du Rhône : de l'entretien à la réhabilitation*. ZH Infos, 51-52 : 13-14.
3- Levraut, A.-M., Roy, A. & Putavy, C. 2006. *Le Plan Rhône : inondations et zones humides*. ZH Infos, 51-52 : 23.
4- Blackwell, M.S.A. & Maltby, E. (eds.) 2006. *Ecoflood Guidelines - How to use Floodplains for Flood Risk Reduction*. European Communities, Directorate-General for Research. EUR 22001, 144 p.

SDAGE :
Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux

* Les dommages des inondations représentent 80 % du total des frais induits par des risques naturels.



Photo Yves Muller/ENF

Iles de la Loire depuis le pont George V (Orléans).

Mesures prises ou proposées par huit pays européens dans le cadre de la lutte contre les inondations.

État du projet : Proposé (P), Initié (I), Terminé (T).

	Etat du projet	Creusement d'un chenal	Reconstruction du lit ou de berges, élargissement ou dragage du chenal	Effacement du barrage	Abaissement de la plaine, excavation	Rabaissement des digues	Réhabilitation de zones humides	Déplacement de digue	Travaux paysagers	Zone de stockage et petit réservoir
1) Meinerswijk, Rhin (Pays-Bas)	T		x		x		x		x	
2) Zandmaas and Grensmaas, Meuse (Pays-Bas)	I	x	x				x			x
3) Gamerensche Waard, Rhin aval (Pays-Bas)	T	x					x	x		
4) Afferdens-che en Deestsche Waarden, Rhin aval (Pays-Bas)	I	x			x		x			
5) Rivière Harbourne (Royaume-Uni)	T		x					x	x	x
6) Skjern (Danemark)	T	x	x	x			x			
7) Brede (Danemark)	T	x	x	x	x					
8) Rivière Elbe (Allemagne)	I	x	x					x		
9) Rivière Odra (Pologne)	P							x		
10) Rivière Lacha (Pologne)	T				x		x			x
11) Regelsbrunner Au, Danube (Autriche)	T	x	x			x	x			
12) Rivière Drava amont (Autriche)	T	x	x				x			
13) Rivière Tisza (Hongrie)	T						x			x
14) Rivière Sava (Croatie)	T		x					x		x

ment naturel d'une zone inondable. Ce stockage temporaire permet le décalage et la réduction du pic de crue, diminuant la probabilité d'inondation. Deux grandes catégories de mesures favorisent cette fonction :

1) l'accroissement de la capacité de stockage en augmentant la superficie, profondeur, rugosité de la zone d'expansion ;

2) le soutien à l'écoulement de l'eau dans la zone en l'agrandissant et en diminuant sa rugosité.

La perception du risque d'inondation et le degré d'acceptation d'une submersion périodique varient selon les acteurs (agriculteurs, responsable de la sécurité, protecteur, touriste...). Pour réussir un projet de « défense

Si la Directive Cadre sur l'Eau de l'UE ne traite pas directement de la lutte contre les inondations en termes de défense naturelle, cette question est sous-jacente puisque toute détérioration supplémentaire des systèmes fluviaux est interdite. En outre, la restauration des plaines d'inondation pour réhabiliter des services écosystémiques est prévue au titre des mécanismes mis en place par d'autres directives (oiseaux, habitats...) et des conventions Ramsar et Diversité biologique.

naturelle » contre les inondations, il faut montrer sa « valeur ajoutée », la manière dont il s'insère dans les programmes locaux, régionaux et à l'échelle du bassin versant. Plus généralement, redonner toute leur place aux crues pour retrouver des fleuves vivants (Arnould, 2006)⁵.

De l'exigence de se projeter

La demande de mesures plus économiques et durables, fondées sur des processus naturels, englobant gestion des risques et conservation de la nature, de la ressource en eau, ne peut que s'accroître avec, pour pendant, l'application de plans de prévention des risques d'inondation

(PPRI) et l'institution d'une servitude sur inondation. La constitution d'une trame verte et bleue devrait comprendre ce genre d'approche, les systèmes fluviaux fonctionnels étant par essence des corridors et voies de migration. Pour ce faire, il est nécessaire de poursuivre les investigations sur le rôle hydrologique des zones humides en intégrant les modifications de la pluviométrie, leurs conséquences sur les systèmes actuels de régulation des crues et leur gérance, aux meilleures pratiques de gestion d'ensemble des plaines d'inondation.

G. Barnaud

Contact :
Geneviève Barnaud
MNHN
UMS Inventaire
et suivi de la
biodiversité
36, rue Geoffroy-
Saint-Hilaire
75231 Paris cedex 5
barnaud@mnhn.fr

5- Arnould, M. 2006. *Pour le XXI^{ème} siècle réapprendre à vivre avec les crues ; pour chacun et tous, faire la part de l'eau dans nos villes, nos villages, notre pays.* WWF, Diren Rhône-Alpes, 20 p.

Ramsar au temps du changement climatique

En 2002 déjà, les parties contractantes de la Convention sur les zones humides, en adoptant la Résolution VIII.3, avaient demandé aux experts scientifiques, tels ceux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) - couronnés depuis par le prix Nobel de la Paix en 2007 - d'étudier les effets du changement climatique sur les zones humides et de proposer des mesures d'adaptation et d'atténuation. En 2008, six années plus tard, en préparant la 10^e réunion Ramsar des parties contractantes (COP10), qui se tiendra du 28 octobre au 4 novembre 2008 à Changwon en Corée du Sud, le sujet figure à nouveau parmi les préoccupations les plus importantes des 158 Etats signataires de la convention. Le Groupe d'évaluation scientifique et technique de Ramsar (GEST) prépare deux documents pour la COP10 afin de résumer les messages clés liant le cycle hydrologique, les zones humides et le changement climatique et clarifier les rôles joués par les différents types de zones humides dans le cycle global du carbone. Mieux comprendre ces liens et ces cycles, les deux de nature fondamentale, sera crucial pour mieux affronter les défis du XXI^e siècle et trouver des solutions durables.

Source : Millennium Ecosystem Assessment

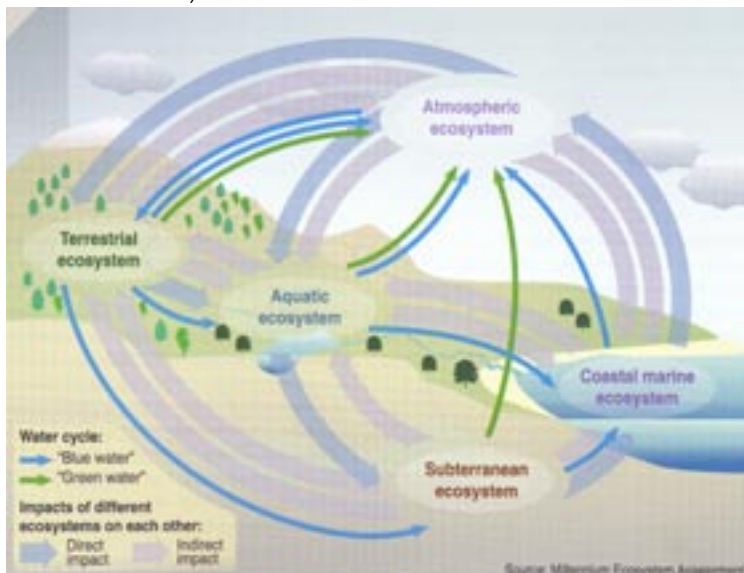


Photo Olivier Cizel

Le 4^e rapport d'évaluation du GIEC, récemment publié, a clairement montré que les changements quantitatifs et de distribution des ressources en eaux, l'augmentation des risques d'inondation et de sécheresse, les températures montantes et la réduction des flux hydrographiques auront des effets importants sur les écosystèmes aquatiques. Il montre aussi que les effets négatifs seront plus importants que les effets bénéfiques, hélas ! Malheureusement le fonctionnement écologique de beaucoup de fleuves, de rivières et de lacs risque d'être négativement affecté. Ceci diminuera les chances de survie pour maintes espèces aquatiques, réduira la composition des communautés écologiques et la qualité des eaux. Les effets du réchauffement du climat les plus marqués seront vraisemblablement dans les récifs marins, atolls et mangroves, les prairies humides, les forêts tropicales, boréales, les régions arctiques et alpines à *permafrost** où la capacité d'adaptation des organismes est plus limitée.

La situation dans laquelle nous nous retrouvons dorénavant est préoccupante. Le besoin de coopération internationale et intersectorielle - d'une ampleur inédite - devient une condition préalable à toute action destinée à assurer un développement durable. L'évaluation globale des écosystèmes au tournant de ce siècle (Millennium Ecosystem Assessment-MEA) a montré les services qu'ont rendus ou pourront rendre les milieux humides dans une stratégie globale visant à atténuer les effets du changement climatique, à combattre les pénuries de nourriture, tout en assurant des ressources naturelles suffisantes basées sur la biodiversité et en intégrant les services liés au bon fonctionnement des écosystèmes aquatiques.

La nouvelle résolution sur le changement climatique et les zones humides, qui sera, nous l'espérons, adoptée à l'unanimité lors de la COP10 cet automne, mettra l'accent sur la nécessité de considérer, dans leur diversité, l'ensemble des écosystèmes aquatiques (marais, tourbières, mares, lacs et étangs, rivières et fleuves), comme d'importants outils écologiques pour atténuer les impacts négatifs des changements globaux. L'exigence de restaurer les écosystèmes aquatiques dans leurs bassins versants, de réduire les émissions liées à la déforestation, notamment sur des sols tourbeux des tropiques, d'entreprendre des projets de reforestation, de réhabilitation du caractère écologique de maints types de zones humides devient de plus en plus pressante.

La contribution des zones humides dans le stockage et la séquestra-

Tourbière asséchée (vallée d'Astau, Pyrénées). Le changement climatique affectera négativement nombre de zones humides.

* en français : pergélisol (sol gelé en permanence)

Le cycle de l'eau.

Contact :
Tobias Salathé
Secrétariat Ramsar
28 rue Mauverney
CH-1169 Gland
Suisse
salathe@ramsar.org
www.ramsar.org

tion du carbone doit être davantage étudiée afin de mieux la prendre en compte lors de futures interventions de gestion et de restauration. Les outils méthodologiques et techniques élaborés par la Convention de Ramsar, depuis presque 40 ans, peuvent aider à atteindre ces objectifs. Une coopération accrue avec les instances de la Convention cadre sur les changements climatiques des Nations unies (CCCCNU) est urgente et doit se traduire dans les faits rapidement. Le GEST de Ramsar est appelé à confirmer son rôle international et directeur parmi les instruments législatifs et agences internationaux, comme la Convention sur la diversité biologique (CDB), la Con-

vention cadre sur les changements climatiques (CCCC), les Programmes des Nations unies pour l'environnement (PNUE) et le développement (PNUD), ainsi que l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et la Banque mondiale. Les administrateurs points focaux, ayant des responsabilités au niveau national pour les différentes conventions, sont appelés à s'engager, à travailler ensemble d'une manière coordonnée et à faire passer les messages au-delà de leurs pairs, de leurs bassins versants et de leurs limites administratives. Saisissons cette chance, c'est peut-être la dernière !

T. Salathé

ment entrevoir une exploitation possible des résultats de ce réseau dans le cadre de questions biologiquement plus ciblées telles que l'influence des changements climatiques sur les patrons de migration et d'hivernage. Un travail similaire est envisageable avec les données du Réseau bécasse.

Par ailleurs, le programme de baguage des bécasses des bois engagé depuis 1983 laisse entrevoir la possibilité de relier l'évolution des taux de survie avec celle de variables climatiques sur le long terme et le programme Columbidés engagé depuis 2000 permet également d'envisager l'étude de la variabilité de certains paramètres comme le succès reproducteur, sur une période englobant

Programmes et sites

Contact :
Jean-Marie Boutin
Responsable
CNERA avifaune
migratrice
ONCFS
Station d'étude de
Chizé
79360 Villiers-en-
Bois
Tél. 05 49 09 74 12
jean-marie.boutin@
oncfs.gouv.fr

CNERA : données sur l'avifaune migratrice

Pour étudier l'impact éventuel des changements climatiques sur la dynamique des populations d'oiseaux, deux approches sont envisageables : la comparaison de données historiques et récentes et l'analyse de séries de données temporelles disponibles sur de longues périodes.

Au sein du CNERA avifaune migratrice, la première approche a été réalisée sur la base d'un jeu de données de baguage d'anatidés, mis à disposition par la Station biologique de la Tour du Valat. La seconde approche repose sur une exploitation des résultats fournis par les enquêtes à long terme, mises en place par l'intermédiaire des réseaux nationaux

en collaboration avec la Fédération nationale de la chasse et les fédérations départementales. Pour ne citer que les plus anciens, ces jeux de données concernent en particulier le suivi de la bécasse des bois

(en période de reproduction et en hivernage en France, dans les zones de reproduction en Russie...), les dénombrements hivernaux des anatidés et foulques ou encore le suivi des oiseaux de passage en période de reproduction en France. Si à l'origine, ces différents programmes ont été implémentés pour disposer d'outils de veille de l'état de santé des populations, il est envisageable de confronter ces jeux de données à d'autres séries temporelles concernant l'évolution de variables climatiques. A ce titre il est envisagé d'analyser en 2008 les données du réseau « Oiseaux de passage » pour relier les tendances populationnelles des oiseaux communs en France à certains événements climatiques exceptionnels (ex : canicules). Ce travail fait l'objet d'un projet commun ONCFS/CNRS_CEBC.

Le programme « Tendances d'évolution des effectifs d'anatidés et foulques en hiver à partir des dénombrements réalisés par le réseau « Oiseaux d'eau et zones humides » sur 88 entités nationales laisse égale-



Canard pilet mâle. Quel sera demain son trajet migratoire ?

en particulier la canicule survenue en 2003.

Prédire la trajectoire des populations en réponse aux changements climatiques futurs se dessine comme une démarche à promouvoir ; elle pourrait être abordée notamment par l'intermédiaire de procédures de modélisation alimentées par les différents scénarios sur l'évolution du climat proposés par le GIEC.

J-M. Boutin

Références bibliographiques

Guillemain, M., Mondain-Monval, J.Y., Johnson, A.R. & Simon, G. 2005. Long-term climatic trend and body size variation in Teal (*Anas crecca*). *Wildlife Biology* 11: 81-88.

Tavecchia G., Pradel R., Gossman E, Bastat C., Ferrand Y. & Lebreton, J.D. 2002. Temporal variation in annual survival probability of the Eurasian woodcock *Scolopax rusticola* wintering in France. *Wildlife Biology* 8: 21-30.

Bécassine
des marais.

Photos Franck Lataube



BRANCH : biodiversité et aménagement face aux changements climatiques

BRANCH (Biodiversity Requires Adaption in Northwest Europe under a CHanging climate) est un projet européen qui étudie les impacts du changement climatique sur la biodiversité. Les partenaires anglais, français et néerlandais collaborent afin d'identifier et de développer des approches pour que l'aménagement du territoire puisse favoriser l'adaptation de la biodiversité au changement climatique à travers l'Europe du Nord-Ouest.

BRANCH est un projet INTERREG IIIb qui réunit les aménageurs du territoire, les élus et les scientifiques à travers l'Europe du Nord-Ouest afin, entre autres, de modéliser les réponses de la faune et la flore terrestres et côtières, et démontrer les bonnes pratiques d'adaptation en terme d'aménagement du territoire.

Une partie de ce projet est réalisée à une échelle locale et régionale au travers de deux cas d'étude côtiers (Normandie et Hampshire en Grande-Bretagne), des études de cas terrestres (Limburg aux Pays-Bas et Kent en Grande-Bretagne).

Y participent, entre autres, le CELRL et English Nature.

Pour plus d'information : <http://www.branchproject.org/fr/about>

RESPONSE : programme européen 2003-2006

ou «Répondre aux risques liés au changement climatique dans les zones côtières»

Les publications du projet sont multiples : un dossier de formation explique comment produire des cartes qui illustrent les modèles futurs de l'évolution de la côte et des risques pour une région (ou une cellule sédimentaire) en prenant en compte les impacts du changement climatique. Un guide de bonnes pratiques offre des conseils sur la gestion durable des risques côtiers et des exemples européens et mondiaux de la façon dont l'impact croissant des aléas naturels sur les communautés côtières peut être traité et diminué. Un CD-rom de ressources présente les étapes de la cartographie et des études de cas du projet RESPONSE, et un film DVD de 15 min présente au spectateur le sujet et les risques.

Pour en savoir plus : http://www.coastelwight.gov.uk/RESPONSE_webpages/fr_response.htm

MACIS

Minimisation of an adaptation to climate change impacts and biodiversity, 2006-2007

A étudié les projections des effets du changement climatique.

Pour plus d'informations : <http://macis-project.net/index.html>

Journée d'étude du groupe d'histoire des zones humides des 17-18 mars 2007 sur le thème «Zones humides et Climat»

Les zones humides constituent des « archives climatiques » comme les tourbières, mais aussi à travers l'évolution de leurs productions, de leurs aménagements. Les aspects sociologiques, la perception de ces milieux évoluent aussi : de « putrides et mortifères » pour les médecins des lumières, elles sont considérées comme des zones tampons face aux changements climatiques récents. Diverses présentations sont proposées en ce sens lors de cette rencontre.

Pour en savoir plus : www.ghzh.fr

Programme de recherche Gestion et impacts du changement climatique (GICC, 1999-?)

Il vise à évaluer les risques encourus et les possibilités de les prévenir ou de les gérer. Il se compose aujourd'hui de deux phases (GICC-1 et GICC-2) qui comportent au total cinq appels à propositions de recherche et un appel d'offres conjoint avec l'Institut français de la biodiversité (IFB) sur le thème «biodiversité et changement global». Plusieurs projets ont trait aux impacts du changement climatique sur les hydrosystèmes, sur le cycle de l'eau et les cycles associés (processus biogéochimiques dans les cours d'eau, modification des régimes d'écoulement, biocénoses aquatiques). L'ouverture européenne se fait dans le cadre du programme européen ERA-NET CIRCLE qui consiste à coordonner les recherches sur l'impact climatique, avec pour thème prioritaire les stratégies et tactiques d'adaptation dans le domaine de l'eau au niveau des zones côtières ainsi que les

MACIS - a biodiversity project

- Home
- Project overview
- Consortium
- News
- Conferences
- Publications
- Related EU Projects
- Contact
- Login (internal information)

MACIS is a 3-year project started in November 2006 and is closely linked to the EU FP6 Project CLIMAP (Climate Change Impact Assessment) that focuses on land-use changes and to the EU Project SLIDER (Sea Level Rise and Coastal Erosion).

MACIS provides a detailed assessment of the potential impacts of climate change on biodiversity. It includes the impacts of the measures to adapt and to mitigate climate change in the comprehensive assessment.

It develops advanced prediction models and identifies policy options to avoid and minimise negative impacts from climate change.

It supports policy makers and stakeholders to get an overview about climate change and effects on biodiversity and to develop policy options.

Created by Pensoft Publishers <http://www.pensoft.net/> | <mailto:%20webmaster@pensoft.net>

nouveaux équilibres dans la gestion intégrée des ressources en eau et des ressources côtières.

Pour plus d'information : <http://medias.obs-mip.fr/gicc/>

D'autres références de sites internet sur le sujet :

Sur les questions de dépollérisation, aménagements de bande côtière...

- <http://www.waddensea-secretariat.org/management/cpsl/cpsl.html> : des actions en mer du Nord

- <http://www.intertidalmanagement.co.uk>

- Site du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat : ipcc.ch

Ou encore :

Séminaire du 04/06/08 sur « Effets du changement climatique dans le cadre des changements globaux. Expertise collective sur l'estuaire de la Seine », GIP Seine-aval (voir page suivante).

Monday, July 28, 2008

Isle of Wight Centre for the Coastal Environment

- About the Isle of Wight Centre for the Coastal Environment
- Coastal Management on the Isle of Wight
- The Isle of Wight Coastal Visitors Centre
- National and European Research

Isle of Wight Council, County Hall, High Street, Newport, Isle of Wight, PO30 2UB, Tel: 01993 421600

Séminaire Changement climatique

4 juin 2008
Maison de l'université de
Rouen (Mont-Saint-Aignan)

Créé en 2003, le Groupement d'intérêt public Seine-Aval rassemble des partenaires publics et privés dans le but partagé de mieux connaître l'estuaire et de tenir compte de ses spécificités dans les projets d'aménagement et de gestion. Il coordonne et finance des travaux de recherche dans des domaines très variés.



Photo A. Guerrier

Filandre en rive nord de l'estuaire de la Seine (proximité pont de Normandie).

Le projet scientifique « Effets du changement climatique dans le cadre des changements globaux. Expertise collective sur l'estuaire de la Seine » a été lancé lors du séminaire du 4 juin à Rouen. Le prochain numéro de *Zones Humides Infos* en développera les conclusions.

N. Bacq

Contact :
Nicolas Bacq, Système d'information et administration des données, GIP Seine-Aval, 12 av A. Briand, 76000 Rouen. Tél. 02 35 98 09 77.
nbacq@seine-aval.fr
<http://seine-aval.fr/>

Réseau Spatules : du nouveau

Le cinquième numéro de la lettre d'informations du réseau Spatules* est reparu en avril 2008 en français et en anglais sur une base semestrielle.

Devenue un lien entre les différents ornithologues travaillant sur l'espèce et les gestionnaires d'aires protégées accueillant ces oiseaux à

* Voir article dans *Zones Humides Infos* n° 47-48 (Ramsar) p. 33.

une phase ou une autre de leur cycle annuel, la lettre permet également de sensibiliser les autorités de tutelle des aires protégées.

La possibilité de diffuser des informations régulières a suscité des vocations en matière de marquage coloré : après l'Europe, l'Asie par l'intermédiaire de l'Ouzbékistan, s'y emploie cette année, tandis que l'Inde, qui accueille les oiseaux les plus orientaux de l'espèce pourrait également se montrer intéressée. Parti d'un axe Pays-Bas, France, Espagne, le réseau poursuit donc son développement. La validation attendue du plan d'actions permettra de lancer de nouvelles actions notamment pour renforcer la protection des deux sous-espèces africaines au statut préoccupant.

P. Triplet

Contact :
Patrick Triplet
Syndicat mixte baie de Somme
1 place de l'Amiral Courbet
80100 Abbeville
patricktriplet@baiedesomme.org

Réseau écologie de la restauration

Le projet de site Internet sur la restauration écologique a obtenu un financement du CNRS dans le cadre de l'appel d'offre « Ingénierie écologique 2008 » sur le sujet « RES-TECOLOG : le réseau des chercheurs et praticiens en écologie de la restauration et restauration écologique. ».

Il est piloté par Elise Buisson (université d'Avignon et des pays du Vaucluse).

Contact :
elise.buisson@univ-avignon.fr

Programme LITEAU III :

Appel à manifestations d'intérêt pour des projets de recherche sur le littoral en appui aux politiques publiques - Durabilité des éco-socio-systèmes côtiers et gouvernance

Le programme LITEAU, programme du service de recherche du MEEEDDAT, a pour ambition de promouvoir des recherches en appui aux politiques publiques pour le développement durable du littoral (espace à l'interface terre-mer) et des activités marines.

Cet appel vise la mobilisation de communautés scientifiques et d'acteurs non-scientifiques du littoral qui ne sont pas familiers avec la démarche du programme LITEAU. La manifestation d'intérêt sera autant que possible la réponse d'un binôme gestionnaire-scientifique. Elle représente les prémisses d'un projet de recherche.

Date limite de transmission : 10 septembre 2008.

Contact : Xavier LAFON
Xavier.lafon@developpement-durable.gouv.fr

Photo Dewit Semere



Guide de mise en conformité des statuts des associations syndicales de propriétaires en zones humides

J.-M. Gilardeau, Forum des marais atlantiques, déc. 2007, 62 p.

Ce guide, écrit par un spécialiste du droit rural, a pour but de faire un tour complet sur les associations syndicales de propriétaires, qui ont notamment pour mission de gérer et d'entretenir les zones humides.



Il précise, dans une première partie, les éléments caractérisant les ASA (objet, siège, périmètre, etc.) et fournit, en seconde partie, un véritable mode d'emploi sur celles-ci (travaux et marchés, servitudes, modification des statuts, dissolution).

Il permet également, suite à la réforme des ASA par la loi de 2004 et son décret de 2006, une mise à jour des statuts conformément à ces textes, mise à jour devant intervenir au plus tard le 6 mai 2008.

Créer et entretenir une mare

Groupe mare Nord-Pas-de-Calais, plaquette, 2007, 6 p.

Cette plaquette fait une synthèse des principaux éléments à



connaître pour créer et gérer une mare. Elle aborde ainsi le problème de l'étude de la localisation de la mare, son étanchéité et son façonnage, le choix des végétaux (une liste des espèces exotiques et des espèces protégées à proscrire est donnée à titre d'information, tout comme celle des espèces à privilégier), ainsi que les modalités d'entretien, tant préventif que curatif.

La France des mares : départements d'outre-mer

Pôle-relais mares et mouillères
Au fil des mares, n° 4, printemps 2008, p. 4-19.

Ce dossier spécial de la revue Au fil des mares est consacré



aux mares françaises d'outre-mer. Il présente les départements d'outre-mer abritant des mares (Guadeloupe, Martinique, Réunion, Guyane), ainsi que les paysages, les faunes et flores de ces milieux.

Les tourbières, un milieu à préserver Du constat à l'action en Franche-Comté

Conservatoire des espaces naturels de Franche-Comté, 2008, 27 p.

Ce document a été réalisé dans le cadre du PRAT (Programme régional d'actions en faveur des tourbières). Mis en place en 2002, ce programme a permis d'intervenir sur 22 sites de tourbières considérées comme prioritaires. La présente brochure fournit les principaux résultats, illustrés par quelques sites. Une rubrique développe les actions que les communes et les collectivités peuvent engager pour contribuer à préserver les tourbières et les zones hu-



mides, appuyée par le témoignage de deux mares. Un point est également fait sur la protection des tourbières par la législation.

La tourbe en horticulture et la réhabilitation des tourbières : quels enjeux pour demain ?

J. Lamoura, Actes du colloque international de la Tourbe, oct. 2007, 304 p.

L'usage horticole est la première utilisation de la tourbe en France. Même si l'extraction de tourbe n'est pas la première cause de destruction de tourbières en France ni en Europe, il convient de ne pas dilapider cette ressource et de ne pas détruire les fragiles sites tourbeux vivants, sachant que la tourbe n'est pas renouvelable à l'échelle d'une vie humaine. Des produits et des comportements alternatifs existent, mais leurs possibilités et limites d'utilisation restent sujets à débats. Le collo-



que a permis d'envisager les futurs scénarios possibles et de réfléchir aux orientations souhaitables pour une meilleure préservation des tourbières.

D'autres facteurs comme le drainage pour l'agriculture ou la sylviculture, l'urbanisation, ont conduit à une destruction ou une dégradation d'une grande partie des tourbières européennes. Aussi les possibilités de réhabilitation de sites dégradés constituent-elles

une question importante. Vu la rareté des tourbières en bon état, leur possible réhabilitation représente un potentiel considérable pour la biodiversité et pour de bons équilibres hydrauliques des territoires.

L'arbre, la rivière et l'homme

Conseil scientifique du patrimoine naturel et de la biodiversité, ministère de l'Ecologie, étude, 2008, 62 p. (et un dépliant).

Dans cet ouvrage, des chercheurs de différents horizons, en dialogue avec des gestionnaires, mettent en commun leur expérience pour proposer une voie originale : la renaturation d'espaces situés le long des cours d'eau, les « corridors rivulaires ». Ces milieux biologiquement très riches, à l'interface entre ciel, terre et eau, remplissent de nombreuses fonctions écologiques :



couloir de circulation, habitat ou refuge pour de nombreuses espèces, zone tampon interceptant les polluants agricoles... Ils peuvent aussi rendre de nombreux services à la société par l'amélioration de la qualité de l'eau, la réduction des risques, la limitation des impacts du réchauffement climatique et ils constituent des lieux de loisirs très prisés. Les connaissances scientifiques sont aujourd'hui suffisantes pour recommander la mise en oeuvre d'une action politique forte en faveur d'une « gestion écologique intégrée » de ces corridors rivulaires.

Pour d'autres références, consulter, sur le site l'IFEN : www.ifen.fr/zoneshumides/pages/actualite.htm le travail bibliographique effectué par Olivier Cizel.



Graphisme Nathalie Chanrion

Les numéros de *Zones Humides Infos* sont disponibles en téléchargement sur le site de la SNPN : www.snpn.com

1^{er}-4 septembre 2008
Montpellier (34)
XIII^e congrès mondial de l'eau
Institut de recherche pour le développement
Site du congrès : www.worldwatercongress2008.org

8-12 septembre 2008
Ghent (Belgique)
The European Conference on Ecological restoration
Contact : ser2008@inbo.be
site www.ser2008.be

9-13 septembre 2008
Montpellier (34)
Climats et risques climatiques en Méditerranée
21^e congrès de l'association internationale de climatologie
Université Paul-Valéry, Montpellier III GESTER
Contact :
aic_montpellier2008@yahoo.fr
ou site : www.univ-montp3.fr

11-13 septembre 2008
Quimper (29)
Conservation du phragmite aquatique, séminaire de restitution du programme Life
Contact : A. Le Nevé, Bretagne vivante-SEPNB, 186, rue Anatole France, BP 63121, 29231 Brest cedex 3 - Tél. 02 98 49 95 85
life-phragmite@bretagne-vivante.asso.fr
www.life-phragmite-aquatique.org

Le dossier du prochain numéro de *Zones Humides Infos*, n° 61, sera consacré aux « estuaires ».

Photo de couverture :
Etang Riquet (Fondation Pierre Vérots, Ain).
Photo Benoît Castanier.

23-26 septembre 2008
Sud du Massif central
Identification et gestion de milieux tourbeux
Stage ONF/ pôle-relais tourbières
Contact :
www.pole-tourbieres.org

24-25 septembre 2008
Clermont-Ferrand (55)
Colloque « le développement durable, fédérateur d'une nouvelle ingénierie territoriale »
Site : www.agroparistech.fr

24-25 septembre 2008
Digne-les-Bains (04)
Colloque patrimoine géologique
4^{èmes} journées nationales
Contact :
colloque@resgeolo104.org

1^{er}-3 octobre 2008
Barcelone
Deltas de la Méditerranée enjeux et gestion pour le 21^e s.
Journées franco-catalanes 2008
Contact :
www.ambafrance-es.org

8 octobre 2008
Grenoble (38)
Rencontres « zones humides d'altitude et sports d'hiver dans les Alpes »
CEMAGEF/Pôle-relais Tourbières
Contact :
www.pole-tourbieres.org

14-15 octobre 2008
Périgueux (24)
Gestion des ressources piscicoles et restauration morphologique des milieux

Les journées nationales d'échanges techniques. Milieux aquatiques et pêches.
Fédération nationale de la pêche
Site : <http://www.milieuxaquatiques.com/>

15-18 octobre 2008
Thessalonik (Grèce)
The 4th International Symposium on Transboundary Waters Management
www.inweb.gr/twn4

22-23 octobre 2008
Marans (17)
Colloque LIFE Nature marais Poitevin
Contact :
Parc interrégional du marais poitevin - Tél. 05 49 35 15 20

MEMBRES DU GROUPE « ZONES HUMIDES »

- A. AMEZAL
- M.-T. ARNAUD
- L. BARBIER
- G. BARNAUD
- P. BARON
- P. BAZIN
- G. BOUTON
- O. CIZEL
- J.-M. DEREIX
- L. DUHAUTOIS
- B. DUMEIGE
- C. GENTY
- M.-O. GUTH
- P. HAVET
- A. LAURENCE
- R. MATHEVET
- V. MAUCLERT
- G. MIOSSEC
- F. MULLER
- B. SAJALOLI
- O. SCHER
- J.P. SIBLET
- J.-P. THIBAUT

Edition de *Zones Humides Infos*
et secrétariat du Groupe « zones humides » :

Société nationale de protection de la nature



9, rue Cels, 75014 Paris
Tél. 01 43 20 15 39 - Fax. 01 43 20 15 71
E-mail : snpn@wanadoo.fr - Site : snpn.com
à contacter pour faire paraître toute communication dans
Zones Humides Infos

Directeur de la publication :
le président de la Société nationale de protection de la nature
Professeur Jean Untermaier

Publication trimestrielle - Dépôt légal août 2008
Impression : Imprimerie Jouve, 18, rue Saint-Denis, 75001 Paris
Expédition : Documentation française
Copyright 2008 Société nationale de protection de la nature

Les opinions émises dans *Zones Humides Infos* sont celles des auteurs. Elles n'expriment pas nécessairement le point de vue du groupe « Zones humides », ni celui de la Société nationale de protection de la nature, éditeur de la revue. Les auteurs conservent la responsabilité entière des opinions émises sous leur signature.