



LES

# Rencontres

DE L'ONEMA

## Changement climatique, impacts sur les milieux aquatiques et conséquences pour la gestion

*Un séminaire organisé les 29 et 30 juin 2009, Paris.*

**Construire, à l'échelle nationale,** un dialogue durable entre scientifiques et gestionnaires de l'eau pour faire face au changement climatique avéré, tel est l'objectif du séminaire organisé par l'Onema et le programme *Gestion et Impacts du Changement Climatique (GICC)* du ministère en charge de l'écologie, les 29 et 30 juin 2009 à Paris. Ce séminaire, intitulé « Changement climatique, impacts sur les milieux aquatiques et conséquences pour la gestion », a réuni plus de 120 scientifiques, experts, gestionnaires, représentants d'associations et d'entreprises. Ce dossier propose un tour d'horizon des connaissances actuelles présentées, des points de vue exprimés et des interrogations soulevées au cours de ces deux journées.

Résolument orienté vers le dialogue entre gestionnaires de l'eau et monde scientifique, le séminaire s'est ouvert par une session intitulée « État des lieux des besoins opérationnels ». Des représentants des acteurs de l'eau – agriculteurs, opérateurs de services, gestionnaires de parcs naturels, pêcheurs – ont exprimé de nombreuses interrogations quant à l'évolution de leurs pratiques pour s'adapter au mieux au changement climatique. De nombreuses attentes d'ordre technique ou socioéconomique, propres à chaque type d'acteur, ainsi que des besoins récurrents en connaissances scientifiques, ont ainsi émergé (voir tableau page 2).

Les gestionnaires ont exprimé librement leur besoin en éléments scientifiques sur l'impact du changement climatique. Les sessions du séminaire ont permis de répondre en partie à leurs attentes et également d'ouvrir d'autres questionnements.

### Impacts du changement climatique sur l'hydrologie en France métropolitaine

Depuis 1910, la température moyenne en France a connu une augmentation de l'ordre de 1°C. Les années 90 ont été les plus chaudes du XX<sup>ème</sup> siècle et la décennie actuelle ne dément pas cette tendance. Il est aujourd'hui admis – en particulier par le GIEC (Groupement intergouvernemental d'experts du climat) – que ce changement climatique a pour principal moteur l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre résultant de l'activité humaine. Cette relation constitue l'hypothèse principale des différents scénarios d'émissions de gaz à effet de serre utilisés par le GIEC<sup>1</sup> pour ses projections d'évolution climatique. Pour un scénario relativement optimiste,

l'évolution future de la température à la surface du globe serait de l'ordre de 3°C en France à l'horizon 2100 (année de référence : 2000) – soit une augmentation supérieure en valeur absolue à tout ce que la planète a connu au cours des 400 000 dernières années.



Hervé Jacquot – Onema

<sup>1</sup> Rapport SRES (Special report on emission scenarios), 2007.

**Elisabeth Jaskulké**  
(Suez Medef)

« La priorité : développer une méthodologie pour résoudre les conflits d'usage et de service en matière d'eau et d'aménagement du territoire. »

**Le changement climatique, composante d'un changement global**

En quelques décennies, l'industrie et l'agriculture intensive ont prélevé des volumes d'eau importants et entraîné de nombreuses pollutions, l'urbanisation accélérée a engendré une artificialisation des berges et la dégradation des milieux naturels, la globalisation des transports a permis l'arrivée dans les écosystèmes d'espèces exotiques et parfois envahissantes. L'impact de ces pressions sur les milieux est bien souvent couplé avec celui du changement climatique.

Dans ce contexte d'interactions multiples, l'enjeu prioritaire des recherches menées sur l'adaptation au changement climatique est bien de diminuer la vulnérabilité des écosystèmes au changement global. Cette notion de changement climatique comme composante d'un changement global a fait l'objet d'un large consensus lors du séminaire.

Rappelons que les projections globales se basent sur des modèles climatiques qui tendent à intégrer une part croissante des phénomènes extraordinairement complexes qui régissent le climat. Il reste cependant de fortes incertitudes qui doivent être prises en compte dans les politiques basées sur ces projections.

L'influence du changement climatique sur les rivières, en termes de température ou de débit, résulte d'un ensemble d'interactions complexe. Le changement est cependant déjà observé pour de nombreux cours d'eau français.

Ainsi le Rhône français (Poirel, 2008) a connu une hausse de température moyenne de 1 à 2°C sur l'ensemble de son cours entre 1978 et 2008. Sur la Loire moyenne, le réchauffement a été de 1,5 à 2°C

entre 1977 et 2003 (Moatar, -2006). Six scénarios climatiques avec doublement des teneurs en CO<sub>2</sub> (3<sup>ème</sup> rapport du GIEC) ont été appliqués à cette dernière, dans un modèle prenant en compte les effets de la température de l'air et des précipitations. Résultat : un réchauffement moyen de 0,8 à 1,5°C est obtenu à l'horizon 2050, pouvant aller jusqu'à +3°C pour les mois les plus chauds. Ce résultat est cependant à relativiser au regard des incertitudes portant sur le scénario utilisé et des limites des modèles physiques.

Une étude (Gosse et al, 2008) a cherché à évaluer la part du climat dans l'évolution thermique récente de la Loire, en utilisant le concept de température « naturelle » locale (T<sub>nat</sub>, soumise aux seuls effets de la profondeur et de la météo locale). Elle a montré que 85 % de l'échauffement



Madeleine Carrouée - Onema

**Besoins exprimés par les acteurs de l'eau**

Représentant	Agriculture	Opérateurs de services	Gestionnaires parcs naturels	Pêcheurs
Connaissances scientifiques	- Scénarios fiables à l'échelle du bassin versant - Horizon prospectif 2020 - 2030 - Recherche ciblée en agronomie	- Prédications en débit de résolution suffisante - Horizon prospectif 2020 - 2030	- Compréhension des phénomènes à l'œuvre - Évolution des aires de répartition des espèces et des comportements spécifiques	- Évolution des aires de répartition des poissons et des comportements spécifiques - Impact du brassage génétique
Besoins techniques	- Données sur l'apparition de zones de répartition des eaux (ZRE) ou l'évolution des volumes prélevables	- Développement des ressources en eau alternatives (récupération des eaux de pluie, etc) - Optimisation du couplage eau/énergie	- Échanges réguliers avec la recherche - Réseaux de suivi pérennes	- Harmonisation législative
Organisation	- Outils d'accompagnement pour les exploitants - Conseil et formation		- Intégration du changement climatique dans une charte de territoire	
Financement économique		- Mode de financement des services et de l'efficacité aquatique	- Moyens économiques et financiers	
Sociopolitique	- Outils d'aide à la décision publique - Sensibilisation du public	- Intégration de la valeur eau dans le PIB - Hiérarchisation des risques sociétaux - Sensibilisation du public		

constaté en été sur la Loire moyenne entre 1980 et 2003 est expliqué par les variations des conditions atmosphériques. Les 15 % restant incluent les processus non modélisés dont l'influence anthropique amont. Si certaines rivières françaises sont à leur  $T_{nat}$  une grande partie de l'année (parties centrales et aval de Loire, Moselle, Saône, Seine...), d'autres le sont moins fréquemment (Garonne, Rhin et Rhône français), ce qui nécessite de considérer sur une grande distance les pressions anthropiques autres que climatiques (aménagements, rejets...). (Gosse, *Séminaire Paris 2009*).

Quelle est l'influence du changement climatique sur le débit des rivières ? Des travaux récents (*thèse Boé, 2007*) ont permis de cartographier l'évolution des débits à l'horizon 2050 (*figure ci-dessous*).

Les résultats du projet européen SESAME (Ludwig, *Séminaire Paris 2009*), prévoient quant à eux une baisse des apports fluviaux à la Méditerranée quel que soit le scénario socio-économique considéré (Millennium Ecosystem Assessment<sup>2</sup>).

Certains bassins versants, influencés par exemple par la neige (bassins versants de montagne) ou par les nappes souterraines (cas de la Seine), nécessitent des

approches spécifiques. Ainsi le projet GICC-Rhône s'est intéressé aux bassins alpins de la Durance et de l'Ubaye, avec un modèle couplé alimenté par six scénarios du GIEC. Dans tous les cas, les résultats montrent des débits hivernaux plus importants, des crues nivales avancées et des débits estivaux plus faibles (Ducharne, *Séminaire Paris 2009*). Pour la Seine, le projet REXHySS (coordonné par A. Ducharne) prévoit un décalage de l'hydrogramme à l'horizon 2050 avec des crues et des étiages retardés et une baisse globale des débits<sup>3</sup>. En parallèle, la recharge annuelle en eaux souterraines, simulée par un modèle hydrogéologique selon les mêmes scénarios, enregistrerait un déficit considérable à l'horizon 2050.

De manière générale, l'ensemble des recherches récentes, bien que marquées par des incertitudes liées aux scénarios pris en compte et aux limites des modèles utilisés, montrent des tendances robustes à la baisse des débits d'étiage et des niveaux des nappes phréatiques.

Il en est de même pour la réduction des stocks de neige et de glace. Une baisse dramatique des débits estivaux, pouvant aller jusqu'à la rupture de continuité sur certains cours d'eau, est donc prévisible.

<sup>2</sup> <http://www.maweb.org/en/index.aspx>.

<sup>3</sup> Ducharne et al 2009 [http://www.sisyph.jussieu.fr/~agnes/rexhyss/documents\\_rapport.php](http://www.sisyph.jussieu.fr/~agnes/rexhyss/documents_rapport.php).

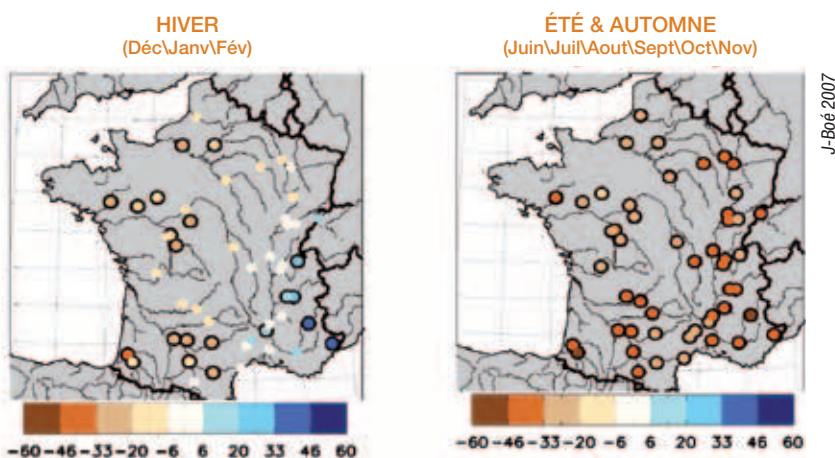
## Conséquences pour les milieux aquatiques

Les changements prédits sur l'hydrologie française s'accompagnent d'ores et déjà de modifications sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques, rapportées notamment par la Fédération nationale pour la pêche en France (*voir encadré*). Ainsi, la survie des juvéniles d'anguille et d'aloise affiche une inquiétante régression depuis plusieurs années. Dans le cas de l'aloise, une chute brutale a été enregistrée lors de la canicule de 2003 et les populations françaises se sont depuis stabilisées à seulement quelques milliers d'individus chaque année (Monnier, *Séminaire Paris 2009*).



Arnaud Richard - Onema

### Évolution des débits moyens



Changement relatif multi-modèle (en %), 2046/2005

Points cerclés de noir : accord de 85 % des modèles sur le signe

Selon un scénario d'émissions de gaz à effet de serre plutôt pessimiste, des chutes marquées des débits moyens d'été et d'automne et une augmentation nette et générale de la fréquence et de la sévérité des étiages sont prévisibles.

### Pêcheurs : des témoins privilégiés

La Fédération nationale pour la pêche en France rapporte (Bernard Breton, *Séminaire Paris 2009*) des modifications constatées d'aires de répartition. Ainsi on assiste sur la Seine en aval de Paris à un fort développement des populations de certains poissons (barbeau, hotu, chevesne, vandoise), au détriment d'autres espèces comme la brème ou le gardon. La fédération témoigne également d'étiages de plus en plus sévères, nécessitant régulièrement le sauvetage manuel des populations piscicoles. Elle partage les inquiétudes exprimées sur le devenir des espèces à spectre thermique réduit (ombre) et des migrateurs, ainsi que sur l'évolution à terme des espèces exotiques ou invasives.

Si le changement climatique n'est pas la seule cause de ces évolutions, la température de l'eau est néanmoins un facteur déterminant de répartition des espèces aquatiques, comme en témoignent les profils marginaux de probabilité de présence spécifique (Pont, Séminaire Paris 2009). À ce titre, les conséquences d'un réchauffement global pourraient être sévères dans le cas des espèces d'eau froide (comme le saumon atlantique, l'omble chevalier, l'ombre commun...). Les modifications d'aires de répartition ont fait l'objet d'une étude prédictive à large échelle dans le cadre du programme GICC. L'évolution des probabilités de présence de différentes espèces piscicoles sur l'ensemble du réseau hydrologique français a été simulée, au moyen de modèles bioclimatiques corrélatifs. Dans le cas de la truite, pour des réchauffements globaux forcés de +0,54°C en hiver et +1,06°C en été, puis de +1,07°C en hiver et de +2,12°C en été, des pertes potentielles d'habitat sont obtenues, respectivement de 16 % et de 33 % - une fois encore, aux incertitudes près (Pont, Séminaire Paris 2009) (figure ci-dessous).

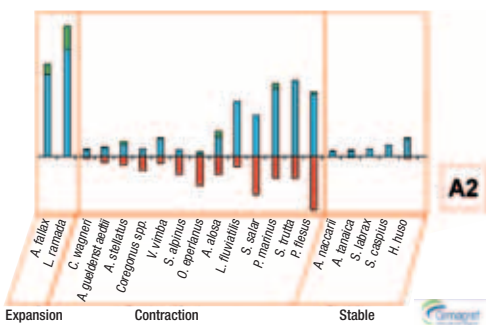
Pour les poissons migrateurs amphihalins, une étude prédictive sur 22 espèces européennes (Lassalle, 2008), prévoit de nettes

contractions des aires de répartition à l'horizon 2100 pour 14 des espèces, et quelques rares gains. Cette étude est fondée sur la construction de modèles de distribution, basée sur la base des aires de répartition connues, et en fonction des caractéristiques des bassins versants, projetée ensuite selon différents scénarios climatiques (Rochard, Séminaire Paris 2009) (figure ci-contre).

En parallèle, les arrivées d'espèces dites exotiques connaissent une forte accélération : au nombre d'une dizaine d'espèces de poissons allochtones naturalisées en 1950, elles sont aujourd'hui 23 dans les eaux douces françaises, pour 46 autochtones (Lévêque, Séminaire Paris 2009). Cette accélération peut constituer un facteur supplémentaire de déséquilibre pour les milieux aquatiques, certaines espèces pouvant pulluler. Ce propos doit néanmoins être nuancé en rappelant qu'après les glaciations (-20 000 ans), le repeuplement des eaux d'Europe de l'Ouest s'est effectué de proche en proche à partir du refuge ponto-caspien. Les arrivées récentes dans nos eaux de poissons comme le sandre, le silure ou l'aspe peuvent donc être vues comme le prolongement de ce mécanisme naturel.

## Présence de poissons migrateurs : les projections en 2100

A partir des modèles de présence-absence

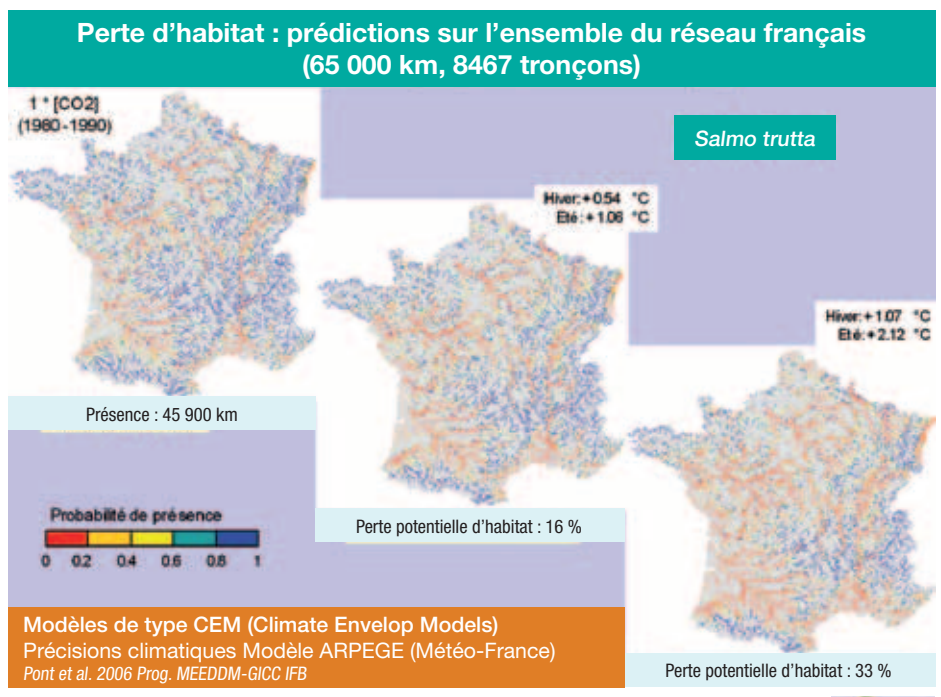


■ Où l'espèce resterait présente vers 2100  
 ■ Où l'espèce apparaîtrait vers 2100  
 ■ Où l'espèce disparaîtrait vers 2100

Lassalle et al., 2008  
 Séminaire Changement climatique 29-30 juin 2009

**David Monnier**  
 (Délégation interrégionale Nord-Est Onema)

« L'aménagement anthropique des cours d'eau peut amplifier leur réchauffement sous l'effet du climat : la surface de plans d'eau dans les régions d'étangs ou encore le taux d'étagement sont parmi les facteurs à considérer. »



Didier PONT Séminaire Onema - programme GICC (MEEDDM) 29-30 juin 2009



Madeleine Carroulé - Onema

## Vers une prise en compte du changement climatique dans les politiques publiques de l'eau

À l'échelle européenne, la directive cadre européenne sur l'eau (DCE) du 23 octobre 2000 a institué les principes d'une politique communautaire de l'eau, en s'inspirant notamment de l'approche française par bassin hydrographique. Elle demande en particulier de veiller à la non-dégradation de la qualité des eaux et d'atteindre d'ici 2015 le bon état écologique des masses d'eaux. Elle a été traduite en droit français par la loi du 21 avril 2004, qui prévoit entre autres la révision de schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE). La prise en compte des impacts du changement climatique sur l'eau et la notion d'adaptation n'apparaissent cependant en France qu'avec la Loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006.

Une étape-clé a été franchie avec la création dans le cadre de la stratégie commune de mise en œuvre d'un groupe de travail chargé de produire un guide « DCE et changement climatique ». Il sera soumis à l'approbation des directeurs de

l'eau des pays d'Europe en novembre 2009<sup>4</sup>. Ce groupe s'attachera à anticiper les changements à l'échelle des masses d'eau ; à comprendre l'importance et les causes du changement au niveau de sites de référence ; à évaluer les influences directes ou indirectes du changement climatique sur les pressions ; à préciser les évolutions de l'état de référence et des bioindicateurs associés, et enfin à organiser le suivi des zones identifiées comme les plus sensibles au changement climatique. Par ailleurs, en France, un Groupe interministériel travaille depuis début 2007 sur l'ambitieuse thématique « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France ». Dans la perspective du plan national d'adaptation de 2011, il se base sur deux des scénarios d'émission de gaz à effet de serre du GIEC et envisage trois horizons prospectifs : 2030, 2050 et 2100.

Les rapports de ce groupe, disponibles depuis octobre 2009 sur le site de l'Observatoire national sur les effets du changement climatique (ONERC)<sup>5</sup>, constituent une somme considérable de données d'observation, de statistiques, d'analyses et de questionnements dans une optique de prise de décision sur l'adaptation. Du fait de l'intérêt encore récent porté à ces questions, la problématique des

coûts associés à l'adaptation apparaît aujourd'hui difficile à aborder. Ce constat reflète le déficit d'approche quantitative des services rendus par les milieux aquatiques, également signalé par plusieurs gestionnaires lors du séminaire.

<sup>4</sup> Le guide a été adopté par les directeurs de l'eau européens lors de la dernière réunion en Suède les 30 novembre et 1<sup>er</sup> décembre 2009.

<sup>5</sup> <http://www.onerc.gouv.fr>.

### Trame verte et bleue : un atout pour l'adaptation

Le concept de trame verte, qui existe en France depuis les années 80, a pris une véritable ampleur écologique avec les lois Grenelle, qui prévoient la création d'une trame verte et bleue d'ici fin 2012 à l'échelle du territoire français. Ce projet vise la restauration et la préservation des continuités écologiques – et notamment des milieux aquatiques (trame bleue).

Il contribue ainsi à faciliter les échanges génétiques et le déplacement des aires de répartition des espèces sauvages, ainsi qu'à restaurer le bon fonctionnement des écosystèmes : un précieux vecteur d'adaptation dans le contexte du changement climatique.

#### Thomas Pelte

(Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse)

« Le changement climatique vient renforcer la nécessité pour la gestion de l'eau et des milieux aquatiques de prévenir plutôt que guérir. Il s'agit d'investir sur la donnée et la connaissance, de manière à éclairer les décideurs par des démarches prospectives assumées et en replaçant les impacts du changement climatique dans un ensemble de facteurs d'évolution sur un territoire. Par ailleurs, la gestion équilibrée de la ressource devient une préoccupation saillante pour les gestionnaires. Ils s'attachent à définir des objectifs de quantité (débits réservés, volumes prélevables...) et atteindre un bon état des eaux et des milieux aquatiques. Si elle se raréfie, il est d'autant plus important que la ressource soit en bon état pour satisfaire aux différents usages. »



Michel Bramard – Onema

Les mesures initiées témoignent cependant d'une prise de conscience récente mais puissante des impacts du changement climatique par les politiques publiques. Elles doivent être soutenues par des actions de recherche adaptées, permettant de compléter les connaissances disponibles.

C'est l'objectif, à court terme, de plusieurs actions concrètes à l'échelle française. Ainsi l'atelier de réflexion prospective ADAGE (ADaptation au changement climatique de l'AGriculture et des Écosystèmes anthropisés<sup>6</sup>), lancé en février 2009 par l'Agence nationale de la recherche, a pour vocation d'identifier les recherches nécessaires pour adapter au changement climatique l'agriculture et les écosystèmes gérés par l'homme, dont les milieux aquatiques.

Le Conseil scientifique animé par l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques met par ailleurs en place un groupe

de travail sur le changement climatique, dans un esprit d'orientation de la recherche vers les besoins opérationnels, notamment sur la base des travaux présentés au cours du Séminaire Paris 2009. Ces travaux ont bénéficié également au conseil scientifique du programme GICC, pour la préparation de son appel à propositions de recherche 2010.

Un consensus semble cependant d'ores et déjà se dégager : pour favoriser la résilience des écosystèmes et permettre une continuité des services écologiques qu'ils assurent, la priorité est de diminuer autant que possible les pressions anthropiques locales qu'ils subissent. Le changement climatique ne doit pas être une excuse pour l'inaction : c'est au contraire une raison supplémentaire pour mettre en œuvre les objectifs de la directive cadre sur l'eau.

<sup>6</sup> [https://www1.clermont.inra.fr/adage/index.php?page=approche\\_systemique](https://www1.clermont.inra.fr/adage/index.php?page=approche_systemique)



Franck Cichy - Onema

**Stéphane Marche**  
(Parc Naturel Régional Camargue)

« La participation des acteurs locaux est essentielle et il est crucial de partager un diagnostic commun des risques et des enjeux. Les sciences sociales ont un rôle incontournable à jouer dans ce but. Ainsi, en Camargue, le changement climatique a pu être intégré dans le projet de territoire 2011 – 2023 conçu en concertation avec les acteurs locaux. »

**Pour en savoir plus :**

[www.onema.fr/seminaire-cc](http://www.onema.fr/seminaire-cc)  
[www.gip-ecofor.org/gicc/](http://www.gip-ecofor.org/gicc/)

**Organisateurs du séminaire**

**Les chargés de mission « changement climatique » :**

**Nirmala Séon-Massin,**  
Direction de l'action scientifique et technique - Onema  
[nirmala.seon-massin@onema.fr](mailto:nirmala.seon-massin@onema.fr)

**Daniel Martin,**  
Ministère en charge du développement durable  
[daniel.martin@developpement-durable.gouv.fr](mailto:daniel.martin@developpement-durable.gouv.fr)

**Natacha Massu,**  
Gip Ecofor  
[natacha.massu@gip-ecofor.org](mailto:natacha.massu@gip-ecofor.org)



LES  
**Rencontres**  
DE L'ONEMA



Directeur de publication : Patrick Lavarde

Coordination : Véronique Barre - direction de l'action scientifique et technique, Claire Roussel - délégation à la communication et à l'information

Rédaction : Laurent Basilico, Natacha Massu, Nirmala Séon-Massin

Secrétariat de rédaction : Béatrice Gentil

Maquette : Eclats Graphiques

Impression sur papier issu de forêts gérées durablement :

Onema - 5 Square Félix Nadar - 94300 Vincennes  
[www.onema.fr](http://www.onema.fr)