

Des infrastructures d'étude de l'environnement

EDITORIAL



© Inra / Christophe Maitre

Membre fondateur d'Allenvi, l'alliance nationale de recherche pour l'environnement, l'Inra développe un ensemble de compétences scientifiques, désormais uniques en Europe, majoritairement dans les sciences de la vie mais aussi dans les sciences de l'environnement¹ attachées à son champ de missions. Dans un contexte de forte incertitude alimentée par les changements globaux, il entretient et renouvelle un réseau d'observatoires en environnement sur le territoire national. Ces observatoires à long terme renforcent la pertinence de la recherche agronomique et sa capacité d'anticipation et de synthèse. L'environnement rural préside à la formation des sols et des ressources en eau, à l'évolution des paysages, à la régulation des gaz à effet de serre et à la dynamique de la biodiversité. Pour comprendre son

évolution, il faut élargir les échelles de temps et d'espace et, par conséquent, observer dans la durée des bassins versants, des paysages et des parcelles agricoles et forestières. A quelle vitesse et selon quels mécanismes, ces agro-écosystèmes dérivent-ils en fonction de leur mode de gestion par l'agriculture, l'élevage et la forêt ? Comment la biodiversité s'organise-t-elle dans le temps et dans l'espace en réponse aux changements globaux ? Comment intégrer les différents paramètres scientifiques afin de développer les modèles d'information nécessaires aux acteurs et gestionnaires territoriaux ainsi qu'aux décideurs publics et privés ? Autant de questions auxquelles la structuration du dispositif d'observation et d'expérimentation en environnement de l'Inra entend répondre en mettant en réseau avec ses partenaires d'Allenvi des observatoires de l'environnement déployés sur des sites différents.

1- L'Inra est au 1^{er} rang français et au 17^e rang international par le nombre de publications en environnement et en écologie au cours des 10 dernières années (Essential Science Indicators, Web of Science).

Marion Guillou, présidente de l'Inra

QUELQUES REPÈRES

Plus de **200** chercheurs, ingénieurs et techniciens Inra participent aux dispositifs d'observation, d'expérimentation et de gestion des données dédiés à l'environnement. Ils bénéficient également de l'appui d'une **cellule Eco-informatique** consacrée aux bases de données environnementales.

Les dispositifs dédiés à l'environnement partagent avec ceux de l'agronomie des **plateformes de modélisation** et sont intégrés dans la démarche de l'Inra en matière de **gouvernance de ses dispositifs scientifiques collectifs**.

Ecoscope : une plateforme nationale pour les observatoires de recherche sur la biodiversité



© E. Leclercq

L'Inra est l'un des huit établissements et organismes de recherche publics fondateurs de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB). Lancée en 2008, la FRB

est une interface entre science et société et favorise le développement d'actions scientifiques concertées, telles que la plateforme nationale Ecoscope. Rencontre avec le directeur de la FRB, l'écologue Xavier Le Roux, directeur de recherche à l'Inra.

Quels sont les objectifs de l'Ecoscope ?

L'Ecoscope, piloté par les représentants des organismes membres fondateurs de la FRB, dont l'Inra, aura pour but d'identifier, de déployer, de mettre en réseau et d'assurer la cohérence des observatoires de recherche sur la biodiversité et les services écosystémiques. Cela permettra d'organiser au mieux la collecte, la préservation et l'exploitation des données. Les moyens seront mutualisés et un pont pourra s'établir entre les organismes, les grands observatoires, et les grands types de biodiversité. Pour 2011, l'Ecoscope propose de fédérer une douzaine de dispositifs existants et actifs dans les domaines touchant à l'agriculture, aux espaces protégés, aux milieux marins, aux forêts... Et pour combler les lacunes actuelles, cette plateforme va favoriser l'émergence de deux nouveaux dispositifs : le Citoscope (dispositif de recherche assurant un suivi participatif de la biodiversité à l'échelle française) et le RGscope (consacré aux ressources génétiques).

Pourquoi ces dispositifs d'observatoires de recherche sur la biodiversité sont-ils aujourd'hui plus indispensables qu'hier ?

Aujourd'hui, la biodiversité et les services associés occupent dans la société une place de plus en plus grande aux échelles locale, nationale et mondiale. Les communautés de recherche sur ce thème se développent et doivent répondre à des enjeux de plus en plus forts. Dans ce cadre, les observatoires de recherche sur la biodiversité représentent un élément capital pour la communauté scientifique car les séries temporelles longues et aux bonnes échelles sont indispensables à la compréhension et à l'anticipation des changements à venir.

Fédérer ces dispositifs est aussi un moyen pour la France de s'imposer sur la scène internationale ?

En effet. L'Ecoscope, en reliant et en mettant en cohérence le patchwork de dispositifs que nous avons actuellement, fera alors émerger un dispositif national d'observatoires de recherche efficace mais surtout incontournable au niveau européen et international.

L'Inra, un acteur important du dispositif national d'observation et de recherche en environnement

Un Soere* (voir lexique p.4) est un système organisé en réseau composé d'un ensemble de dispositifs élémentaires d'observation ou d'expérimentation, « nœuds » du dispositif, portant sur le même objet ou partageant des paramètres observables et mesurables communs à tous les sites du réseau. L'acquisition de ces paramètres, leur mesure, le traitement et l'archivage des données sont effectués de manière sécurisée, pérenne et continue, à partir de chaque « nœud ». Pour les utilisateurs, membres ou non de la communauté scientifique, ces réseaux facilitent l'accès à toutes les données disponibles et alimentent des plateformes de modélisation.

L'Inra pilote ou co-pilote quatre Soere à vocation nationale, qui associent plusieurs partenaires scientifiques d>Allenvi :

F-ore-t* sur les écosystèmes forestiers (coordonné par le GIP Ecofor),

ACBB* sur les agro-écosystèmes prairiaux et de grande culture,

Pro* sur les sols et produits résiduels organiques, **Glapce*** sur les grands lacs péri-alpins.

Consacrés à l'usage des sols et des milieux aquatiques et au fonctionnement des écosystèmes, une partie de ces Soere est intégrée dans l'infrastructure européenne Anaee*. Instrumentés par des tours à flux mesurant en continu les échanges de gaz à effet de serre avec l'atmosphère, certains s'intègrent aussi dans l'infrastructure européenne Icos*.

L'Inra est également partenaire de trois autres Soere qui observent l'environnement à des échelles plus larges d'espace ou de temps :

RBV, le réseau des bassins versants (pilote : CNRS - Insu),

RZA, le réseau des zones ateliers (pilote : CNRS - Inee),

OPE, l'observatoire pérenne de l'environnement (pilote : Andra).



© Inra / Christophe Nélie

Jean-François Soussana, directeur scientifique Inra, Environnement

Enfin, l'Inra est l'un des acteurs majeurs du Soere Ecoscope, le réseau national des observatoires de recherche de la biodiversité porté par la FRB. L'Inra coordonne en particulier le réseau des observatoires de recherche sur les ressources génétiques « RG-scope », le projet Sebiopag* de mesure des services des écosystèmes et le Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS) qui comprend un volet diversité.

Au travers de ces infrastructures, l'Inra contribue à la structuration scientifique de l'espace européen de la recherche en s'engageant dans la conception de la feuille de route sur les grands équipements de recherche partagés (Esfri*). Le projet Anaee permettra ainsi la mise en place coordonnée de plateformes d'observation et d'analyse des écosystèmes européens, terrestres et aquatiques. Ce projet coordonné par l'Inra fournira à la communauté scientifique en écologie et agronomie un réseau structuré d'infrastructures expérimentales et d'analyses permettant la compréhension et la prédiction des impacts des changements climatiques, des modes de gestion des terres et de la biodiversité sur le fonctionnement et la dynamique des écosystèmes continentaux. Avec plus de 2 000 chercheurs en Europe, il s'intègre en France à la feuille de route des TGR* et comprend plusieurs Soere labellisés par Allenvi.

Eco-informatique ORE* : Elaboration de systèmes d'information interopérables



Le dispositif Eco-informatique ORE a été mis en place en 2009, pour reprendre le développement et la gestion

des systèmes d'information (SI) des Soere coordonnés par l'Institut.

Localisé à Orléans dans l'Unité de Service Info Sol, le dispositif fonctionne sur la base d'un noyau de trois informaticiens travaillant en interaction étroite avec les correspondants des ORE. Leur objectif ? Caractériser les types de données et les besoins des

utilisateurs afin de développer les SI des Soere de l'Inra. « Les maîtres mots dans le développement des systèmes d'information sont le caractère générique du cœur de ces systèmes et l'interopérabilité au travers de web services » explique Christian Pichot (photo), animateur du comité de pilotage de l'Eco-informatique ORE. La spécificité des données acquises sur les observatoires est prise en compte par le développement de plugins pour chaque SI. Actuellement, un système d'information pilote construit autour du Soere Glapce est en voie de finalisation et les développements des SI pour les autres ORE, notamment F-ore-t et ACBB, sont en cours.

ORGANISER UN RÉSEAU EUROPÉEN DE MESURES DES GAZ À EFFET DE SERRE



Denis Loustau, directeur de recherche Inra, unité Ephyse

Depuis 2008, un nouveau projet d'infrastructure d'observation est développé par le Cea, l'Inra, et le CNRS-Insu : le projet Icos. Initiative européenne portée par la France et intégrée aux 35 projets de TGIR, Icos deviendra un instrument scientifique à long terme organisant un réseau de mesures européen comprenant trois segments d'observations : Ecosystème, Atmosphère, et Océan. Dans chacun d'eux sera organisé et coordonné un ensemble de mesures de concentrations et flux de gaz à effet de serre distribuées sur des réseaux de sites au sol, sur des tours ou embarquées sur des navires et avions commerciaux. L'ensemble des données collectées sera mis à disposition des utilisateurs après contrôle, calculs et mise en forme. L'agriculture et les forêts sont des acteurs très impliqués dans la problématique de l'émission des gaz à effet de serre, avec les émissions de CO₂, de méthane et d'oxyde nitreux liés à l'agriculture, l'élevage et la sylviculture. L'enjeu pour l'Inra est de contribuer à la mise au point d'itinéraires techniques plus respectueux de l'environnement et d'optimiser les services environnementaux rendus par les agro-écosystèmes. C'est là qu'intervient le réseau national Icos et ses 21 sites d'agro-écosystèmes organisé par l'Inra, le CNRS, le Cirad, Météo-France et l'Andra. En suivant et rapportant en temps réel les émissions de gaz à effet de serre agricoles et forestières, Icos permettra aux scientifiques de suivre, de vérifier et de comparer les bilans en gaz à effet de serre de différentes conduites des grands types d'agro-écosystèmes nationaux (cultures céréalières, cultures énergétiques, prairies, plantations forestières et forêts). Ce monitoring prévu sur 20 ans permettra aussi de détecter et de comprendre les effets des changements environnementaux sur les agro-écosystèmes.

ÉTUDIER SERVICES ECOSYSTÉMIQUES, BIODIVERSITÉ ET PAYSAGES AGRICOLES



Gérard Balent directeur de recherche Inra, écologue des paysages agricoles, coordinateur du projet Sebiopag

Le projet Sebiopag, porté par le laboratoire de l'Inra Dynafor « Dynamique et Ecologie des Paysages Agriforestiers¹ », a pour objectif d'étudier et de caractériser les services écosystémiques rendus par la biodiversité dans les paysages agricoles. Le suivi de l'évolution de ces services permettra aussi de déterminer les capacités de réponse et d'adaptation de l'agriculture à des changements globaux. Pour y parvenir Sebiopag va mettre en réseau 5 sites de recherche à long terme qui ont déjà acquis une expérience sur les dispositifs à long terme et ont déjà collaboré sur ces thèmes (cf. carte p. 4). Leur diversité biogéographique permet de couvrir différents types de climats et de systèmes de production représentatifs du territoire français. Les mesures directes y sont privilégiées afin d'évaluer l'efficacité des services écosystémiques rendus par la prédation, la pollinisation et la dissémination des graines dans différents contextes paysagers. La diversité intra-site sera également étudiée à l'aide de protocoles de mesures spécifiques. Dans chacun des sites, 20 mailles de 1 km² seront observées pour définir les types de paysages présents au sein d'une même zone. La centaine de carrés étudiée au total devrait rendre compte efficacement de la diversité locale des systèmes de production agricole et des paysages associés. Enfin, des mesures de paramètres climatiques seront aussi mises en place afin de suivre l'évolution du climat dans le temps. Ces dispositifs devraient être rapidement intégrés dans l'Ecoscope, outil de coordination de l'ensemble des systèmes d'observation et d'expérimentation en matière de biodiversité.

1- En collaboration avec UR SAD-Paysage et l'UMR BIO3P de l'Inra-Rennes, le Centre d'Etudes Biologiques de Chizé du CNRS, l'UR PSH et l'UMR Abeilles et Environnement de l'Inra-Avignon, l'UMR Biologie et Gestion des Adventices de l'Inra-Dijon.

SURVEILLER LA SANTÉ DES GRANDS LACS PÉRI-ALPINS



Jean-Marcel Dorioz directeur de recherche Inra (station d'Hydrobiologie Lacustre, Thonon-les-Bains). Responsable scientifique du Soere grands lacs péri-alpins

Depuis les années 70, l'Inra est en charge du suivi de l'hydrobiologie des grands lacs péri-alpins (cf. carte) basé sur l'enregistrement périodique d'indicateurs permettant d'évaluer la « santé » de ces écosystèmes emblématiques. Dans les années 2000, le concept d'ORE, puis de Soere fournit un cadre théorique et opérationnel justifiant et valorisant la collecte et le traitement d'informations sur les dynamiques à long terme des écosystèmes. Le dispositif de suivi des grands lacs est validé comme Soere en 2010 et s'inscrit donc désormais dans cette démarche nationale dédiée à l'observation pérenne de l'environnement. L'observatoire « Grands lacs » dispose d'un capital exceptionnel de données récoltées en permanence suivant des protocoles de mesures stables depuis parfois plus de 40 ans, auxquelles s'ajoutent les observations ponctuelles anciennes, certaines datant de la fin du XIX^e siècle. L'exploitation de ces chroniques autorise une connaissance fine des trajectoires d'état des grands lacs sous l'influence des changements environnementaux. Deux grandes phases peuvent être distinguées : celle caractérisée par un changement d'état trophique des lacs dans le sens d'une eutrophisation croissante, et celle dite de réoligotrophisation résultant des efforts entrepris pour maîtriser les flux de phosphore sous l'influence de nouvelles pressions dues à la variabilité climatique et aux micro-polluants. Le label Soere est décerné pour 4 ans et représente un soutien à l'investissement. Même si le financement ne concerne que la première année, il permet d'intensifier l'équipement, de suivre de nouveaux descripteurs, de développer l'acquisition des données et leur formalisation dans un système d'information. Bref, de développer de nouvelles idées avec de nouveaux matériels, tout en renforçant les partenariats.

Anaee : une infrastructure internationale de plateformes d'expérimentations et d'analyses des écosystèmes européens, terrestres et aquatiques



Abad Chabbi coordinateur du projet Anaee et du projet Expeer*

Le projet européen d'infrastructure scientifique Anaee¹ a été présenté le 3 mai 2011 à la Commissaire européenne pour la recherche, l'innovation et la science. Son but est de remédier à l'actuel morcellement de la recherche sur les écosystèmes en Europe en mettant en place un ensemble coordonné de plateformes expérimentales. Leur tâche sera de détecter, analyser et prévoir les réactions des écosystèmes aux changements climatiques et

d'élaborer des techniques de gestion appropriées. Ce projet rassemblera pour la première fois les grandes infrastructures européennes d'analyse et de modélisation scientifique des écosystèmes. Anaee sera coordonné par l'Inra tout comme Expeer, projet européen lancé en février 2011 pour consolider les infrastructures existantes et créer une synergie entre les plateformes expérimentales et les réseaux d'observations (*in situ* et en milieu contrôlé) des écosystèmes européens trop fragmentés. Anaee s'inscrit dans la lignée d'Expeer mais avec des objectifs plus larges. D'envergure internationale, cette infrastructure co-construite par l'Inra et le CNRS sera le noyau dur sur lequel vont s'appuyer les programmes de

recherche. Ses coûts de préparation et de construction sont estimés à 210 millions d'euros. Soutenu par des institutions de 20 États membres et pays associés, Anaee sera opérationnel dès 2015 et permettra à 200 chercheurs en France et plus de 2 000 en Europe de profiter de la mutualisation des ressources des plateformes européennes. Au niveau national, il contribuera à l'harmonisation et à la pérennisation des Soere, assurant la coordination de la politique nationale en matière de soutien aux plateformes et infrastructures de recherche dans le domaine de l'observation de l'environnement.

1- Anaee a été validé par le comité stratégique Esfri.

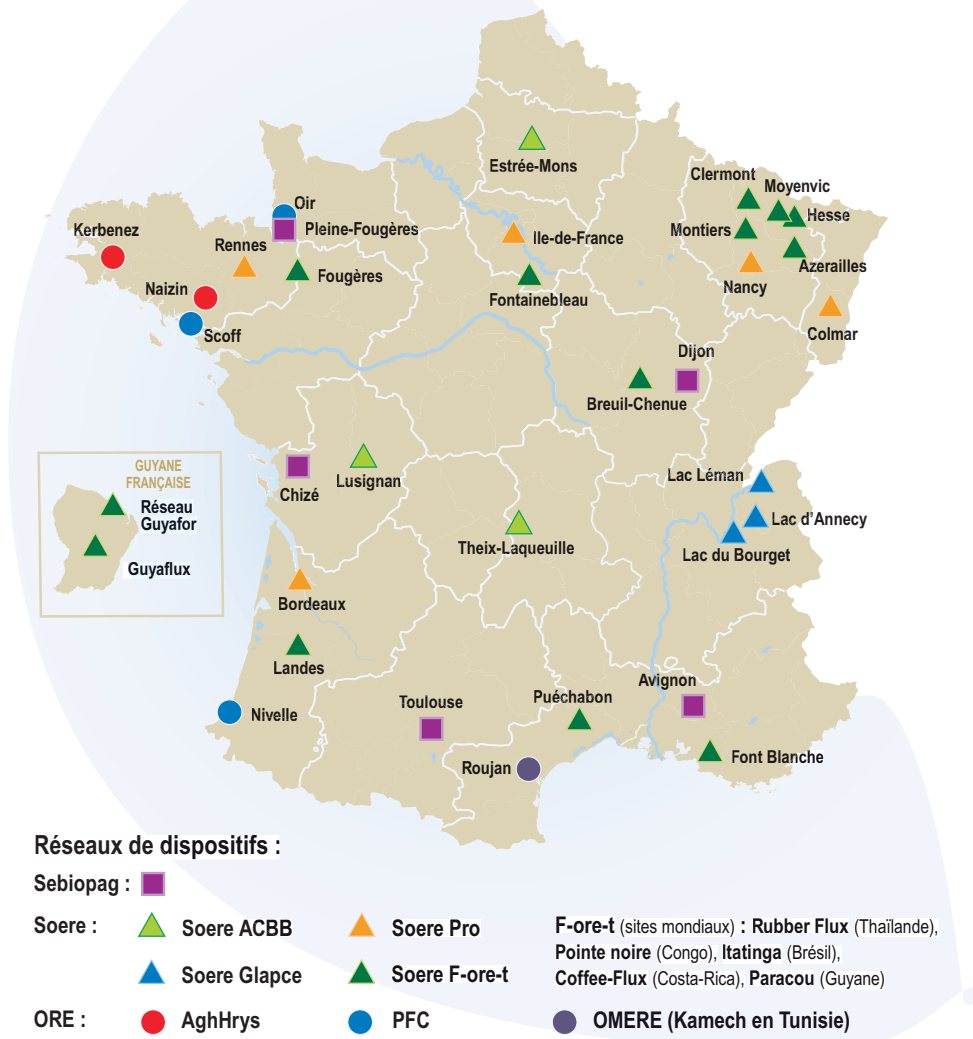
Dispositif F-ore-t : des milieux tempérés aux tropiques

L'Observatoire de Recherche et d'Expérimentation en Environnement F-ore-t a été créé en 2002 sous l'égide du GIP-Ecofor et labellisé Soere en 2010. Sa mission est de comprendre le fonctionnement des écosystèmes forestiers en analysant les stocks et flux de carbone, d'eau, d'éléments minéraux et les processus biogéochimiques, biologiques, écologiques, physiologiques et démographiques (régénération, croissance, mortalité). Il s'agit également d'évaluer leur réponse à des modifications lentes ou rapides, naturelles ou anthropiques (climat, sylviculture, changement d'usage des terres). Il répond à une double impulsion. Scientifique d'abord en visant à structurer l'effort de recherche sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers dans leur complexité et dans le contexte des changements globaux. Politique ensuite avec la volonté des pouvoirs publics et des gestionnaires forestiers de répondre à ces défis planétaires et d'assurer la gestion durable d'écosystèmes et de leurs fonctions environnementales. Le dispositif comprend dix sites-ateliers en France métropolitaine et cinq en zone intertropicale humide qui couvrent des conditions pédoclimatiques variées et des peuplements représentatifs de la forêt française et tropicale. Deux réseaux de placettes d'observation, en métropole (Renecofor) et en Guyane (Guyafor), complètent le système d'observation. Le partenariat regroupe l'Inra, le Cirad, le CNRS, l'ONF, et l'Andra. Plus de 50 unités ont participé aux travaux de recherches entrepris sur le dispositif dont 15 universitaires, 8 appartenant à divers organismes de recherche français et 17 étrangères, dont 10 européennes.

LEXIQUE

- ACBB** : Agrosystèmes, cycles biogéochimiques et biodiversité.
- Anaee** : Analysis and Experimentation on Ecosystem.
- Esfri** : European Strategy Forum on Research Infrastructures.
- Expeer** : Distributed Infrastructure for Experimentation in Ecosystem Research.
- F-ore-t** : Fonctionnement des écosystèmes forestiers.
- Glapce** : Grands lacs péri-alpins.
- Icos** : Integrated Carbon Observing System
- ORE** : Observatoires de recherche en environnement.
- Pro** : Produits résiduels organiques.
- Sebiopag** : Services écosystémiques assurés par la biodiversité dans les paysages agricoles.
- Soere** : Systèmes d'observation et d'expérimentation au long terme, pour la recherche en environnement.
- TGIR** : Très grandes infrastructures de recherche.

INFRASTRUCTURES POUR L'ÉTUDE DE L'ENVIRONNEMENT



USAGE DES SOLS, EAU ET CLIMAT RÉGIONAL

On suspectait depuis longtemps que la couverture et l'utilisation des sols exerçaient un rôle clé dans les échanges thermiques et les flux d'énergie entre le sol et l'atmosphère mais aussi dans la régulation hydrique des sols durant les vagues de chaleur. Mais peu de données étaient disponibles pour quantifier ce rôle. Le réseau européen des « tours à flux » du dispositif Icos (comprenant les observatoires de recherche en environnement ACBB et F-ore-t de l'Inra) a permis de combler cette lacune. Les résultats publiés récemment dans *Nature Geoscience* montrent notamment que les environnements forestiers et prairiaux ne réagissent pas de la même façon. Au début d'une vague de chaleur, le réchauffement de surface est deux fois plus élevé en forêt qu'en prairie, où le réchauffement est compensé par une forte augmentation de l'évapotranspiration. Dans une phase ultérieure, à l'inverse, ce processus accélère la diminution de l'humidité des sols prairiaux alors que celle des sols forestiers est

davantage conservée. Le régime de l'eau dans les sols forestiers produit donc une augmentation de température à court terme mais constitue un facteur clé de régulation thermique sur des périodes plus longues. Les conséquences de ces phénomènes peuvent se répercuter d'une façon considérable sur le système climatique régional. Ainsi, un tel mécanisme serait susceptible d'expliquer la situation observée durant la canicule de 2003.

Bibliographie

- A.J. Teuling, S.I. Seneviratne, R. Stöckli, M. Reichstein, E. Moors, P. Ciais, S. Luysaert, B. van den Hurk, C. Ammann, C. Bernhofer, E. Dellwik, D. Gianelle, B. Gielen, T. Grünwald, K. Klumpp, L. Montagnani, C. Moureaux, M. Sottocornola & G. Wohlfahrt. (2010) Contrasting response of European forest and grassland energy exchange to heatwaves. *Nature Geoscience*, 3 (10), 722-727.