

Services Nationaux d'Observation

Institut National des Sciences de l'Univers



Surfaces et Interfaces
Contininentales 2016

Services Nationaux d'Observation Surfaces et Interfaces Contininentales 2016

Synthèse issue des travaux de la CS-SIC 2011-2015

présidée par Frédéric Delay et notamment de la Commission Observatoires dirigée par Gilles Bergametti et composée de :

Luc Aquilina, Gilles Bergametti, Yves Brunet, Sylvie Derenne, Olivier Donard, Michel Esteves, Roger Guérin, Stephan Hättenschwiler, Eric Servat, Marc Troussellier et Jérôme Viers.

Sommaire

Éléments généraux

Éléments de contexte et objectifs	p. 8
Méthode	p. 10
Éléments de Bilan	p. 11
Quelques retours suite aux visites des SNO SIC effectuées.....	p. 13
Proposition de structuration des Services d'Observation en SIC	p. 15

Détail des Comptes rendus de visite

ACBB – Agro-écosystèmes, Cycles Biogéochimiques et Biodiversité.....	p. 18
AMMA – CATCH – Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine - Couplage de l'Atmosphère Tropicale et du Cycle Hydrologique.....	p. 21
BVET – Bassins Versants Expérimentaux Tropicaux	p. 24
GLACIOCLIM – GLACIers, un Observatoire du CLIMat (Alpes, Andes, Antarctique)	p. 27
H+ – Réseau national de sites hydrogéologiques	p. 29
HyBAm – Hydrologie du Bassin Amazonien	p. 33
KARST	p. 36
ObsERA – Observatoire de l'Eau et de l'Erosion aux Antilles	p. 38
OHGE – Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement.....	p. 40
OHM-CV – Observatoire Hydro-météorologique Méditerranéen Cévennes-Vivarais	p. 42
OSR – Observatoire Spatial Régional	p. 44
TOURBIERES	p. 46
DyNALIT – Dynamique du littoral et trait de côte.....	p. 48

Fiches d'identité des SNO SIC

ACBB – Agro-écosystèmes, Cycles Biogéochimiques et Biodiversité.....	p. 52
AMMA – CATCH – Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine - Couplage de l'Atmosphère Tropicale et du Cycle Hydrologique.....	p. 53
BVET – Bassins Versants Expérimentaux Tropicaux	p. 54
GLACIOCLIM – GLACIers, un Observatoire du CLIMat (Alpes, Andes, Antarctique)	p. 56
H+ – Réseau national de sites hydrogéologiques	p. 57
HyBAm – Hydrologie du Bassin Amazonien	p. 59
KARST	p. 60
ObsERA – Observatoire de l'Eau et de l'Erosion aux Antilles	p. 61
OHGE – Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement.....	p. 62
OHM-CV – Observatoire Hydro-météorologique Méditerranéen Cévennes-Vivarais	p. 63
OSR – Observatoire Spatial Régional	p. 65
TOURBIERES	p. 66
DyNALIT – Dynamique du littoral et trait de côte.....	p. 67

Moyens mis en œuvre dans les SNO SIC

Moyens mis en œuvre dans les SNO SIC.....	p. 69
---	-------



Éléments généraux

Éléments de contexte et objectifs

En Sciences de l'Univers, les observations régulières sur de longues périodes constituent une activité incontournable de soutien à la recherche. Les instruments et données qui leur sont associés constituent les ingrédients de base d'une recherche dont l'observation constitue l'un des piliers fondateurs. En effet pour chacun des domaines des Sciences de l'Univers (Astronomie/Astrophysique, Océan/Atmosphère, Surfaces et Interfaces Continentales, Terre Solide), il est indispensable de concevoir et opérer des systèmes d'observation sur le long terme afin de documenter et comprendre la formation, l'évolution, la variabilité des systèmes astronomiques et du système Terre, pour dans le même temps construire et alimenter des modèles numériques, et dans certains cas contribuer à la surveillance de phénomènes naturels à impact sur la sécurité des biens ou des personnes.

Les moyens nécessaires à cette activité sont importants et doivent donc être organisés de manière efficace. Ils doivent être mis au service d'une large communauté. Pour répondre à ces besoins, le CNRS-INSU s'appuie sur trois « outils » principaux : les Observatoires des Sciences de l'Univers (OSU), le Corps National des Astronomes et Physiciens (CNAP), et les Services Nationaux d'Observations (SNO) labellisés par le CNRS-INSU.

L'évolution récente du paysage de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, tant en France qu'en Europe, demande que l'organisation des moyens d'observation mis en œuvre par le CNRS-INSU permette :

- une mise en réseau efficace des moyens d'observation, facilitant l'optimisation des propriétés émergentes d'agrégation de communautés, et le partage rapide et complet des données au-delà du cercle des producteurs ;
- une mise en synergie plus facile avec les sites instrumentés et les observatoires documentant la biodiversité et les socio-anthroposystèmes ;
- un lien simple et le plus direct possible avec le niveau des infrastructures de recherche nationales, reconnues par le MESR, permettant d'accroître leur visibilité et le cas échéant leur financement par les pouvoirs publics ;
- leur passage au niveau européen dans le cadre des feuilles de

route ESFRI par l'identification préalable de « miroirs » français de ces initiatives européennes, et mondiales.

Ces objectifs sont particulièrement pertinents en SIC où les SNO sont essentiellement structurés autour d'objets de recherche et de sites fortement instrumentés, parfois encore isolés, et sans entière capacité à être visible à l'échelle européenne. La France est riche d'observatoires focalisés pour tout ou partie sur les SIC (enveloppes solides, fluides ou biosphère) constitués depuis plusieurs années, voire plusieurs décennies, *via* les organismes de recherche qui labellisent et soutiennent des services d'observation ou des observatoires de recherche en environnement (*s.l.*). Ces briques de base sont pour la plupart structurées au niveau supérieur en SOERE. Les SNO SIC du CNRS-INSU (souvent co-construits avec ses partenaires) nourrissent fondamentalement la recherche sur les thématiques suivantes :

- la dynamique des flux hydriques, biogéochimiques ou érosifs (thématique majoritaire) et les processus clés et facteurs de contrôle, en incluant les bassins versants, l'hydrométéorologie à toutes les échelles, les hydrosystèmes souterrains ;
- la dynamique et le suivi de la cryosphère, notamment les surfaces enneigées et englacées ;
- les sols (thématique qui, par certains aspects, se rapproche de la thématique dynamique des flux) et certains aspects des agrosystèmes (notamment en télédétection spatiale) ;
- la dynamique littorale, et en particulier le trait de côte ;
- les zones humides et spécifiquement les systèmes de tourbières.

Le domaine SIC du CNRS-INSU compte actuellement 13 services labellisés SNO consacrés à ces questions scientifiques. Afin de gagner en cohérence sur l'organisation du dispositif, une Commission dite « Observatoires » a été mise en place par la CS SIC mi-2012 avec pour mission générale d'établir un panorama des systèmes d'observation SIC, de clarifier le dispositif de ces différents outils d'observation au sein du CNRS-INSU et de l'AllEnvi, et de conduire une procédure d'évaluation et de labellisation des SNO. Cette vision est essentielle pour organiser

et positionner les SNO du domaine SIC en synergie avec les niveaux inter-organismes que sont les SOERE, les infrastructures nationales et les infrastructures européennes.

Pour cela, cette commission s'est défini un plan de travail en deux étapes. La première a consisté à traiter, avant les journées de prospective de mai 2013, les questions liées au recensement des SNO (étendu à quelques autres systèmes d'observation). Ceci a conduit à une première réflexion sur la possible organisation du paysage national en matière d'observations d'intérêt pour les SIC. Les conclusions de la commission sur ces points ont été présentées et débattues lors des journées de prospective. La deuxième étape concernait davantage les aspects liés aux fonctionnements et organisations actuels et futurs des SNO.

Méthode

La méthode de travail retenue reposait sur :

- d'une part, l'analyse de documents (plus ou moins récents) liés à la mise en place ou à l'évaluation des SNO, ORE, SOERE, et la prise en considération d'un premier jet du document stratégique sur les SNO produit par la direction du CNRS-INSU ;
- d'autre part, des éléments « d'enquête ». Des fiches de renseignements couvrant l'essentiel des points clés et missions attachés aux SNO ont été envoyées aux responsables des OSU pour être complétées. Elles ont ensuite été analysées par la commission. La dernière phase a consisté à visiter la quasi-totalité des SNO. La motivation de ces visites était de chercher : (1) à échanger avec les porteurs de SNO sur la cohérence nationale des systèmes d'observation de l'Environnement et sur la nouvelle organisation projetée, (2) à proposer au CNRS-INSU une vue détaillée du fonctionnement de ses services d'observation (personnels, données, moyens, évolution...) basée sur des échanges directs et approfondis. Les visites, souvent de l'ordre de la journée, se sont échelonnées entre septembre 2014 et février 2015, et ont concerné les onze services suivants: ACBB, AMMA-CATCH, BVET, GLACIOCLIM, H+, HYBAM, OBSERA, OHGE, OHMCV, OSR et TOURBIERES. Les deux services non visités à l'échéance 2015 sont KARST (hydrosystèmes karstiques) et DYNALIT (dynamique littorale), dont le démarrage officiel récent supposait de laisser les structures se roder afin de pouvoir en remonter des informations significatives et concluantes.

Les réflexions présentées ci-dessous résultent donc pour l'essentiel de l'analyse de ces diverses sources d'information et des connaissances propres à chaque membre de la commission sur tel ou tel aspect du problème.

Éléments de Bilan

Il ressort que trois grands champs thématiques principaux représentent une très large majorité des Services Nationaux d'Observation SIC : les transferts d'eau et de matière au sein et en limite des systèmes continentaux, la dynamique des géo-écosystèmes en réponse aux forçages climatiques et anthropiques, et l'évolution géomorphologique, sédimentaire et hydrodynamique des zones littorales.

En termes de bilan général, il s'avère que les services d'observation fournissent effectivement un vrai « service » à la communauté scientifique. De la donnée de qualité est produite, validée et exploitée par les services eux-mêmes, ainsi que, fréquemment, par des équipes de recherche non impliquées dans le fonctionnement du SNO mais intéressées à utiliser pour leur propre recherche la base de connaissance produite. Les services agrègent donc sans conteste de l'activité scientifique, de la R&D en particulier pour des aspects métrologiques, de l'activité pédagogique et de la formation. De gros efforts sont consentis à la bancarisation de l'information, quand bien même le degré de réalisation sur le sujet est disparate et que la priorité reste mise, il faut le rappeler, à un accès rapide et inconditionnel à l'ensemble de l'information.

Les services en SIC confirment après visite qu'ils restent très majoritairement des plateformes expérimentales documentant de multiples variables (parfois plus de 100) et que toutes ces variables n'ont pas forcément vocation à être observées sur le long terme. Une acquisition opportune peut cesser lorsque le mécanisme, le processus ou l'objet ciblé est compris. *In fine*, les SNO en SIC sont essentiellement développés comme des outils de la recherche fondamentale, tant dans son approche expérimentale que dans la fourniture de données à la modélisation.

Les SNO, à de rares exceptions près, sont fortement soutenus en local (OSU, EPST, Régions). Ils sont dynamiques et, en dépit de conjonctures pas toujours favorables, arrivent à fonctionner. Certes, ce fonctionnement suppose de consentir des efforts qui ne cessent de croître. Mais aujourd'hui, aucun des services visités n'est vraiment en péril par manque de financement ou de personnels, quand bien même la situation pourrait être meilleure ou plus facile à vivre.

Sur le plan fonctionnel, le budget moyen d'équipement et de fonctionnement d'un SNO SIC est de l'ordre de 300 k€/an, et de 50 à 250 k€/an en masse salariale de personnels contractualisés. Un service fonctionne en moyenne avec 3 à

5 Equivalent Temps Plein pour la seule partie de son activité correspondant à la production des données, leur gestion et leur mise à disposition. On note de façon assez fréquente la présence d'un conseil scientifique, mais dont la composition, le rôle et la sollicitation sont extrêmement variables d'un SNO à l'autre.

À propos des relations entre les SNO et le paysage de la recherche, chaque SNO a une bonne connaissance des courants scientifiques nationaux et internationaux qui travaillent sur les objets et thématiques cibles du SNO. En revanche, peu de SNO ont une connaissance précise de l'ensemble du réseau national des services alors même que chaque service émet le souhait de plus d'interaction, notamment sur des éléments partageables comme les développements métrologiques, la manière d'accéder aux données ou d'en proposer des sous-produits (prétraitements), les échanges de matériels interopérables entre sites pour des expérimentations conjointes, etc. De ce point de vue, l'ensemble des SNO a apprécié fin 2013 l'organisation par le CNRS-INSU-SIC d'une réunion de courtes présentations de l'ensemble des services assorties d'un « dialogue de gestion » commun. Il semble opportun de renouveler cette initiative et aider aux échanges scientifiques et organisationnels entre les structures élémentaires du réseau national de SNO.

En ce sens, les SNO sont enclins à consentir des efforts pour entrer dans un réseau national de sites instrumentés qui pourrait constituer une infrastructure de recherche « Observation de l'Environnement », comme le suggère aujourd'hui le dépôt, puis le succès, du projet OSCAR dans la feuille de route « infrastructures » de l'AllEnvi. Néanmoins et en raison du caractère « recherche-centré » de leurs structures, les SNO SIC et leurs tutelles estiment qu'il faut garder de forts appuis régionaux et la capacité en local de mener des expérimentations opportunes diversifiant les mesures sur des mécanismes décrits aux échelles pertinentes en SIC. Dit autrement, envisager une infrastructure de recherche dont l'action ne serait que d'alimenter de manière quasi-obligatoire un corpus restreint de données, distribuées en de multiples endroits, ne serait pas forcément la manière la plus pertinente de comprendre la physique de l'environnement et plus généralement de faire fonctionner des entités d'appui à la recherche. Pour certains SNO, la crainte reste présente de ne plus voir dans les tâches de services que les parties qui intéresseraient l'infrastructure, tandis que le service lui-

même (et sa connaissance d'expert) inciterait à poursuivre la documentation d'autres items jugés moins pertinents pour l'infrastructure.

En termes de projection stratégique, les SNO s'accordent tous pour dire qu'il faut absolument diminuer le nombre de « couches » et les multiples redondances de notre système de recherche. Le corollaire, en particulier au regard du développement d'une infrastructure de recherche, est que cette dernière ne soit pas un frein supplémentaire à l'activité et à l'innovation. L'infrastructure doit par contre servir de lieu d'une forte animation scientifique relayée en local, par exemple par les OSU. Elle doit se doter également de moyens (humains en particulier) pour un véritable portage de thématiques scientifiques au niveau des instances locales et nationales. Elle doit enfin défendre le développement de programmes nationaux et internationaux s'appuyant sur les données d'observation. Certains SNO vont jusqu'à émettre l'idée qu'à l'instar des actions incitatives du CNRS-INSU (comme EC2CO ou LEFE), une infrastructure de recherche devrait associer des programmes d'actions scientifiques spécifiques, mettant en avant l'observation et l'expérimentation comme moyens de comprendre.

Dans l'optique de fournir plus de précisions sur les retours de visites, sont présentés ci-dessous quelques points particuliers susceptibles d'alimenter le débat autour du fonctionnement des SNO et leur mise en perspective, notamment au regard d'éléments de coordination nationale.

Quelques retours suite aux visites des SNO SIC effectuées

- Ces visites ont été fort appréciées des porteurs de SNO, qui les avaient tous bien préparées. L'expérience est très positive et probablement à renouveler régulièrement (tous les cinq ans?).
- Comme mentionné précédemment, le paysage structurel proposé ces dernières années est jugé instable, « difforme » (SOERE, ORE, SO, SNO...) par les porteurs de SNO et peu propice à la stabilité des activités de ces derniers. Le message est clairement celui du besoin d'un cadre clair, stabilisé dans la durée pour ces activités inscrites elles-mêmes dans la durée.
- Cette multiplicité de structures génère une multiplicité de gouvernances et donc également des interrogations sur les responsabilités hiérarchiques ou le statut des SNO. Qui, au-delà du porteur du SNO, pilote ces outils? L'intérêt de ces remarques n'est pas tant leur pertinence que le fait de traduire des problèmes de positionnement des acteurs, dont une des causes la plus fréquemment mentionnée est la diversité des sources de crédit parfois associées à des enjeux différents, quand ils ne sont pas contradictoires.
- Plusieurs porteurs de SNO ont tenu à attirer l'attention sur la difficulté à maintenir le bon équilibre dans leur activité entre le temps consacré à l'acquisition des données et le temps consacré à l'exploitation des données acquises. Ils lient généralement ces difficultés à un sous-encadrement en personnel technique.
- Beaucoup de questions ont été posées sur l'organisation des observations environnementales dans le cadre européen. Les porteurs de SNO ont parfois l'impression qu'on leur présente trop souvent l'Europe comme un « Graal » vers lequel il faut tendre. Or, ils ne se sentent pas très bien armés ni fortement épaulés dans leur quête de réseautage européen. Par ailleurs, en lien avec le point précédent, peu de porteurs de SNO (y compris ceux des SNO très performants et spécifiques) sont impliqués dans les instances internationales qui définissent les priorités d'observation dans leur domaine. Quand on les interroge sur les raisons de ces « absences », ils répondent souvent « pas le temps ! ». Ainsi qu'il est mentionné plus haut, si aucun service ne semble en péril faute de moyens, certaines tâches jugées moins prioritaires sont néanmoins délaissées faute de temps.
- Les relations entre OSU et SNO semblent très différentes d'un OSU à l'autre, voire pour les différents SNO d'un même OSU. Certains moyens, notamment humains, affectés dans les OSU en respect d'une logique de mutualisation vis-à-vis de ses SNO, ne sont pas redistribués de façon très transparente et parfois ne sont pas redistribués du tout. Il est souhaité que lorsque des moyens sont mis dans un OSU pour plusieurs SNO, un document écrit soit diffusé et un suivi réel de cette mutualisation soit fait. Cela pourrait paraître un point de détail ou relevant simplement du fonctionnement mais, en fait, c'est un argument souvent développé pour illustrer que la mutualisation des moyens ne fonctionne pas toujours dans les conditions actuelles de sa mise en place.
- Les visites ont fait apparaître (ou ont confirmé) que certains développements conduits dans certains OSU avaient le potentiel pour être mis à disposition d'autres OSU. C'est par exemple le cas des développements en matière d'architecture des bases de données réalisés à Grenoble ou à Toulouse. Ceci laisse à penser qu'il pourrait être économique en temps et en argent que certains OSU se voient déléguer (de façon temporaire ou permanente) des « missions de nature nationale » (conception des bases de données, étalonnage national ou international, assurance qualité...) pour l'ensemble des SNO.
- Il apparaît que beaucoup de SNO disposent aujourd'hui de longues séries de données mais que finalement très peu d'entre eux ont conduit une analyse rétrospective de ces données en vue d'évaluer la pertinence de leur stratégie d'observation et ses possibles évolutions au regard des leçons apprises. Après une dizaine d'années d'acquisition, il faut absolument faire de ce retour d'expérience une mission explicite des SNO.
- En liaison avec le point précédent, l'état de la réflexion sur l'évolution à moyen terme du SNO est très variable d'un SNO à l'autre et reste très souvent dépendant de l'implication et du dynamisme des principaux porteurs du SNO. Cela appelle

Quelques retours suite aux visites des SNO SIC effectuées

nécessairement à une réflexion sur la façon dont sont choisis les animateurs des SNO.

- Sans surprise, beaucoup de ces SNO sont très liés à une unité de recherche. Si cela est souvent une garantie de forte motivation et de succès scientifique, l'inconvénient est que parfois les données sont presque uniquement utilisées localement... Dans ce cas, la notion de « service » (autre qu'à soi-même) devient très discutable et on peut s'interroger sur le fait qu'une autre forme de soutien à ces activités de qualité puisse être trouvée pour éviter toute confusion, notamment vis-à-vis du CNAP.
- Les SNO ont souvent une tendance « expansionniste », parfois intelligente et réfléchie, parfois non. Les nombreux appels d'offres passés (ORE, SOERE) leur ont offert la possibilité d'étendre leur nombre de stations, la nature et le nombre de mesures, etc., parfois sans réelle vision d'ensemble et surtout en occultant l'évaluation du financement requis à moyen terme. Il est indispensable de clairement définir le périmètre de chaque SNO, de le consigner et de ne faire évoluer le périmètre labellisé qu'au travers d'une procédure claire.
- On le savait mais on le sent encore mieux sur place : la dimension régionale est très forte dans les SNO SIC, non seulement financièrement mais également en termes de questions sociétales. Il faut garder cela bien en tête et continuer à laisser la gestion de ces relations Région-SNO aux OSU qui sont probablement la structure de bonne échelle pour cela. Cependant, la limite à ces activités apparaît quand la mission nationale du SNO s'en trouve diluée voire détournée. Par ailleurs, différents SNO observent les mêmes variables sur différents sites : pour tirer plus-value de cela, il faut, comme l'ont fait quelques rares SOERE, être capable de remonter les éléments qui constituent des « commonalités » partageables à un niveau au moins national. L'équilibre à maîtriser est donc à la fois ne pas se couper du contexte régional et ne pas perdre la plus-value nationale liée à l'exploitation de données provenant de plusieurs sites d'observations situés dans différentes régions.
- Les SNO du « Sud », très souvent en partage avec l'IRD, posent des problèmes spécifiques dans leur fonctionnement, notamment sur la nécessaire mise à disposition de personnels locaux temporaires (PLT) ou permanents (PLP). Les problèmes se posent évidemment de façon encore plus aigüe dans les pays dont l'accès est actuellement interdit ou limité par le MAE (comme l'Afrique de l'Ouest).
- Concernant la réorganisation proposée lors de la prospective et les éventuels regroupements, il ne semble pas y avoir d'opposition de principe et beaucoup de SNO sentent bien qu'il

y aurait à gagner dans une meilleure organisation des activités. Mais deux points sont revenus fréquemment : (1) garder une gestion de proximité des SNO, seule garante de la qualité des données et plus largement de la motivation des personnels ; (2) ne pas « perdre son âme » dans ces regroupements, plusieurs SNO ayant notamment souligné qu'ils avaient à la fois des objectifs thématiques ciblés mais également des objectifs d'approche intégrée nécessitant de mélanger autour d'un territoire des observations venant de plusieurs thématiques. Une organisation matricielle (thématique vs. géographique) a souvent été proposée comme réponse à cette dualité.

Proposition de structuration des Services d'Observation en SIC

Suite à cet état des lieux, le domaine SIC propose d'organiser son dispositif d'observation avec la philosophie suivante :

- La structure des SNO actuels sera conservée ;
 - à l'échelle du CNRS-INSU, les SNO SIC sont des sites instrumentés, des plateformes de recherche, parfois en réseau, qui documentent, chacun sur leur terrain, des zones clefs du fonctionnement de la zone critique en général dans ses dimensions verticale et horizontale : cycle hydrologique, cycle de matière et flux d'énergie ;
 - les SNO sont d'abord des lieux de recherche de proximité, et de forte interaction avec l'échelle régionale, OSU et collectivités ;
 - si les SNO SIC sont d'abord portés par les questions scientifiques et des équipes qui mettent en œuvre observation et recherche associée, ce sont aussi des infrastructures nationales ouvertes.
- Le rôle d'animation supérieur, de visibilité nationale et européenne et d'incitation à plus de généralité et dans le même temps plus de concentration géographique et thématique du travail des SNO, sera confié aux Infrastructures de Recherche et notamment OSCAR et ILICO (concernant le littoral).
- L'IR OSCAR sera dotée d'une gouvernance adéquate et d'un budget dédié :
 - la gouvernance reposera sur un comité de pilotage formé des animateurs de SNO et de SOERE et d'un conseil scientifique international qui devra guider l'IR vers une plus grande mise en partage des SNO ;
 - le budget proviendra de trois sources : le budget des SOERE partiellement redirigé, un budget CNRS-INSU venant de l'enveloppe initiale destinée aux SNO, un budget CNRS-INSU dégagé par le domaine SIC. Pour être incitatif ce budget devrait être de l'ordre de 200 k€/an.
- Il est suggéré que les SOERE, instruits par l'alliance AllEnvi,

dont le périmètre est intégralement couvert par l'IR « OSCAR », et dont l'évaluation par l'alliance aura été favorable, soient conservés en l'état pour achever leur travail de structuration des communautés et accompagner l'IR OSCAR dans son fonctionnement. Leur gestion pourrait toutefois être réalisée dans le cadre de l'IR et permettre une plus grande mutualisation des moyens.



Détail des Comptes rendus de visite

ACBB – Agro-écosystèmes, Cycles Biogéochimiques et Biodiversité

A CBB est un service d'observation du CNRS-INSU depuis 2007, héritant d'une structure initiale d'ORE. ACBB est également labellisé depuis 2011 SOERE. Le service est opéré par l'INRA, détenteur du foncier des trois sites du SNO que sont : le site INRA de Lusignan en Poitou-Charentes, la plateforme INRA d'Auvergne (Theix et Laqueuille), le Site INRA de Mons en Chaussée en Picardie.

Le SNO dispose d'infrastructures permettant de suivre à diverses fréquences les flux organiques (C, H, O, N) à l'interface sol-plante-atmosphère dans des conditions d'usage des terres spécifiques au fonctionnement des agrosystèmes. Les trois sites du SNO sont complémentaires (mais non exhaustifs) en ce sens qu'ils couvrent des occupations des sols allant de la prairie permanente en Auvergne, en passant par des systèmes d'alternance prairies-cultures à Lusignan, jusqu'aux rotations annuelles des cultures intensives à Mons en Chaussée (et incluant des cultures pour la production de bioénergies). Ils sont également positionnés en contextes pédoclimatiques différents. Ainsi, il existe près d'une centaine de variables aujourd'hui mesurées selon des protocoles communs aux trois sites. Toutes les mesures n'ont pas la même historicité (les plus anciennes sont de 2005), mais les protocoles employés sont rigoureusement posés, discutés et amendés en fonction d'éventuelles avancées techniques. On y retrouve classiquement des mesures à haute fréquence de paramètres hydrométéorologiques, des prélèvements de solutions de sol, des mesures de flux gazeux (CO₂, N₂O). À plus faible fréquence, on dispose également d'indicateurs du fonctionnement des plantes (évolution du bol racinaire), les implantations d'adventices en cas de modification de l'usage du sol, etc. Enfin, sont mesurés quelques « indicateurs » de biodiversité des sols, notamment des mesures « omiques » de la masse bactérienne des sols, des gènes bactériens fonctionnels (cycle de l'azote), la masse de vers et l'analyse de leurs bioturbations, des comptages de campagnols, des relevés floristiques... Plus généralement, les sites disposent de nombreuses parcelles qui pourraient également être le siège de diverses expérimentations ponctuelles, testant des outils, des méthodes, des modèles. La fonction d'accueil d'équipes de recherche diverses s'en trouverait améliorée. Cette activité ne semble pas pour autant entrer dans les priorités du service aujourd'hui.

Alors que les mesures de flux ou encore des paramètres hydrométéorologiques semblent obéir à des requêtes claires de la communauté scientifique en termes de contraintes pour les modèles ou simplement de documentation du fonctionnement des agrosystèmes, les indicateurs de biodiversité semblent en partie orphelins d'une vision et d'une exploitation bien ciblée. Il reste pour le SNO une expérimentation peu contrainte où la question scientifique à l'amont et les attendus de l'observation ne sont pas pleinement cernés. Cela étant, les services d'observation ont également le rôle de plateformes expérimentales et l'on pourrait parfaitement considérer que l'identification d'indicateurs de biodiversité soit une application météorologique à toutes fins utiles pour de futures investigations non encore complètement définies. Pour en finir avec ces indicateurs, il faut également noter que l'essentiel des analyses est effectué en dehors du SNO, principalement par l'UR Agroécologie (Dijon), l'UMR Ecologie microbienne des sols (Lyon) et l'UMR Ecobio (Rennes). Si le partenariat fort de ces trois structures avec l'INRA est de bon augure en termes de collaborations, il serait légitime d'interroger lesdites structures sur leurs motivations scientifiques et techniques à maintenir sur le moyen terme l'acquisition d'observations de biodiversité. On notera également que, dans l'instant et spécifiquement à propos des mesures hautes fréquences (au pas de temps infra-journalier), la question n'a pas encore été posée de savoir si oui ou non, on pouvait aujourd'hui ralentir ces fréquences. Ayant capturé les comportements fortement transitoires, il serait possible de s'installer dans une période de veille dont l'objectif serait alors de réduire les coûts et ne plus surveiller que les tendances de long terme. Il faut également retenir que de nombreux échantillons (de sol, essentiellement) sont conservés sur site. Si les conditions de conservation permettent vraisemblablement de réitérer dans le futur tout ou partie des mesures réalisées aujourd'hui, le stockage n'est pas celui d'une écothèque. Par conséquent,

de multiples indicateurs possibles, à propos du compartiment biologique ou de la chimie fine des échantillons (majeurs, traces, isotopes, polluants...), sont définitivement perdus. Ces éléments doivent impérativement être pris en compte dans la définition de futures questions et axes stratégiques que le SNO pourrait s'approprier comme la chimie des solutions de sols ou encore l'abondement de modélisation des processus et des flux biogéochimiques.

ACBB dispose de moyens logistiques très importants que l'historicité des sites expérimentaux de l'INRA explique. Il est difficile dans ce foncier de faire la part stricte entre ce qui est spécifique au SNO et ce qui est du ressort des infrastructures nécessaires aux missions de l'INRA. Par exemple, il existe de véritables « fermes expérimentales » installées sur les trois sites et qui, pro parte, contribuent à faire du SNO un outil observant les agrosystèmes. La part de chacun des outils est peu différenciable. Quoi qu'il en soit, l'INRA met à disposition des infrastructures de qualité, fortement équipées et gérées de manière rigoureuse (comme le serait une exploitation agricole privée). Leur pérennité semble garantie.

L'ensemble du SNO dispose en permanence d'environ 26 ETP tous techniciens, ingénieurs, chercheurs confondus pour faire fonctionner l'infrastructure. Ces personnels sont à peu près uniformément distribués entre les trois sites et tous sont ressortissants INRA (incluant les 6 CDD comptabilisés parmi les 26 ETP). Ceci représente donc pour l'INRA un investissement en masse salariale de l'ordre de 1.5 M€/an. Il faut également ajouter que depuis 2011, l'INRA a mis en place une structure de 6 personnes, la cellule Eco-informatique (INRA-Orléans), dont la charge est de construire puis gérer la (les) base(s) de données des SOERE opérés par l'INRA, à savoir ACBB, F-ORE-T (systèmes forestiers) et PRO (devenir des produits résiduels organiques).

Assez paradoxalement, les entrées de liquidités pour le fonctionnement du SNO seraient limitées à 285 k€/an, ce qui semble peu au regard de la masse salariale investie et des mesures réalisées. Ne sont bien évidemment pas comptées les maintenances et jouvences de matériels et les investissements de diversification. Dans ce fonctionnement, la part contractualisée (projets de recherche, CPER, labels SNO et SOERE) est de l'ordre de 70 %.

En termes de résonance scientifique, ACBB est sans conteste très bien inscrit dans la dynamique pilotée par l'INRA et ses SOERE au regard des impacts de l'agriculture sur l'environnement. Le porteur du SOERE et l'ensemble des personnels du SNO sont particulièrement proactifs en termes de constructions de partenariats. Aids par des structures

européennes comme Flux-Net (flux de gaz à effet de serre dans ICOS) et ICOS (Integrated Carbon Observation System), dont les bases de données sont en partie abondées par ACBB, le SNO est très investi dans les mouvances européennes actuelles qui essaient de développer des réseaux d'observatoires de l'environnement. Dans le foisonnement des diverses initiatives, les éléments majeurs et tangibles à retenir sont l'appartenance de ACBB à ICOS et à l'AnaEE (European research infrastructure for Analysis and Experimentation on Ecosystems). ACBB est un service qui dispose de toutes les habitudes et aptitudes lui permettant de rejoindre une infrastructure d'observation de grande taille. Les éventuels surcoûts, en particulier sur le potentiel en personnels, devraient pouvoir être assimilés par les actuels présents dont le nombre est stable et devrait se maintenir à l'échéance d'une petite dizaine d'années.

Concernant l'exploitation des données, le SNO a abondé entre 2005 et 2014 la réalisation d'une cinquantaine d'articles scientifiques de haut niveau. Environ 60 % de ces articles sont rédigés « en interne » par les départements « Environnement et Agronomie » et « Ecologie des forêts, prairies et milieux aquatiques » de l'INRA, le reste étant le fait de contributions partagées entre équipes de recherche françaises et étrangères. Dans l'ensemble, une petite vingtaine d'équipes est impliquée dans l'activité scientifique suscitée par ACBB. La traçabilité du devenir des données et de leurs usages est jusqu'à présent assez floue. Hormis les données de flux alimentant ICOS et plus généralement les modèles SVAT (Soil Vegetation Atmosphere Transfer), les données étaient partagées de gré à gré en fonction des collaborations scientifiques établies. Le fait en revient à l'absence de base de données jusqu'à aujourd'hui. Les tentatives « Médias-France » bien connues au CNRS se sont soldées par des échecs, décidant finalement l'INRA à mettre les moyens à la consultation et l'exploitation de données publiques. La base construite par la cellule Eco-Informatique de l'INRA sera livrée au début de 2016 Sa construction est exemplaire et elle devrait rapidement être le meilleur organe de dissémination d'une information de qualité. On rappellera que toutes les données d'ACBB sont assujetties à des contrôles qualité serrés. L'ensemble de ces contrôles ainsi que tous les protocoles de mesures et des diverses expérimentations opportunes seront accessibles. Il est trop tôt aujourd'hui pour analyser la plus-value qu'apporteraient les informations produites par ACBB dans un contexte international d'échange d'information et de savoir-faire.

■ Conclusions

ACBB est un service d'observation fortement instrumenté et très bien appuyé par l'INRA. Il produit des données de

qualité dont certaines sont intégrées à des réseaux européens particulièrement visibles en raison de leur forte association aux recherches sur la dynamique du climat. ACBB fait également partie des SOERE opérés par l'INRA et, ce faisant, s'inscrit dans une dynamique d'analyse du fonctionnement des agrosystèmes qui persistera à l'avenir. À ce propos, l'appui fort de l'INRA sur le plan financier et la motivation des nombreux personnels sont le garant d'une fiabilité avérée du service et de son maintien pérenne à moyen terme.

ACBB dispose également de qualités indéniables et d'un fonctionnement en réseau, l'ensemble ayant sans conteste développé des capacités à rejoindre des structures d'ampleur nationales et internationales dont l'objectif serait d'approvisionner des fonds documentaires sur l'environnement. Le caractère proactif du SNO en termes d'insertion dans des réseaux européens témoigne d'une volonté claire d'ouverture. Il reste néanmoins difficile aujourd'hui de savoir si cette ouverture est motivée par l'agrégation de collaborations scientifiques (et des projets de recherche contractuels qui s'y associent) ou une attitude plus détachée mais indispensable d'échange de services et de données entre diverses infrastructures.

Dans l'ensemble, les données acquises sont correctement exploitées scientifiquement, mais il règne néanmoins un certain flou sur l'intérêt de bon nombre de variables. Les questions documentées ne sont pas forcément clairement posées, ou en tout cas, les variables acquises (par exemple, les indicateurs de biodiversité) n'ont pas encore démontré leur potentiel. Si l'on ajoute que la base de données est aujourd'hui inexistante (mais devrait être bientôt ouverte, avec de grandes qualités et un fort potentiel de dissémination), une bonne partie de l'activité du SNO n'est pas traçable et doit vraisemblablement manquer de retentissement.

ACBB doit également s'ouvrir à l'extérieur, en particulier au regard des infrastructures de recherche dont il dispose. Les SNO SIC documentent autant de variables sur le long terme qu'ils proposent d'actions scientifiques ponctuelles aidant à décortiquer mécanismes et processus du fonctionnement des surfaces continentales. Sur ce dernier point, on a pu constater que les installations du SNO sont sous-exploitées notamment par un manque d'ouverture à des compétences qui ne sont pas encore siennes. Un SNO peut également accueillir au titre de son rôle de plateforme instrumentale des équipes de recherche venant travailler sur site. Plus généralement, un service peut recueillir de la donnée qui ne sera pas traitée par lui-même et son environnement proche. Ces éléments manquent un peu aujourd'hui et on peut regretter des lacunes en modélisation (conceptuelle, théorique et numérique) ou encore en chimie, sur l'exploitation des infrastructures et des données. ACBB

doit mieux faire savoir quelles sont ses capacités d'accueil, mais également quelles sont les données dont il dispose ou qu'il pourrait aider à acquérir. Tout ceci mis dans une feuille de route claire donnerait très certainement au SNO une stratégie sur ses perspectives, ces dernières dans l'instant faisant parfois défaut. On peut néanmoins mentionner que la base de données INRA, commune à tous ses SOERE et qui devrait être livrée dans quelques mois, améliorera le chapitre de la communication scientifique et saura donner à ACBB le retentissement qu'il mérite.

AMMA-CATCH – Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine - Couplage de l'Atmosphère Tropicale et du Cycle Hydrologique

Le SNO AMMA-CATCH a pour objectifs de documenter les cycles de l'eau et des écosystèmes de l'Afrique de l'Ouest; de détecter les changements d'état de surface; d'analyser la réponse des écosystèmes à la variabilité spatio-temporelle des forçages et des caractéristiques du milieu (détecter ce qui change, à quelle vitesse et sous l'effet de quelles causes); d'interpréter ces changements (sont-ils dans la gamme de la variabilité historique?); de permettre aux décideurs et aux acteurs publics de savoir s'ils doivent agir. Les enjeux de ces recherches découlent à la fois du signal climatique (le plus fort du XX^e siècle), de la forte pression anthropique et de l'usage des sols qui a beaucoup évolué en 50 ans.

Les spécificités et points forts de son réseau de mesures sont de plusieurs ordres. Il s'agit d'une part de données hydrométéorologiques (pluviométrie et suivi de nappes) offrant un échantillonnage spatial et temporel sur trois sites (Mali, Niger et Bénin) choisis pour leur représentativité en termes de modes d'occupation des sols (cultures, savanes et forêt), situés le long d'un gradient éco-climatique. Le jeu de données, unique en Afrique de l'Ouest, permet des approches multi-échelles, du local au régional. Au-delà des variables météorologiques, il s'agit également de données nombreuses et pluri-thématiques liées à l'hydrologie (ruissellement, nappes) et à la végétation (biomasse, ETR, LAI, occupation des sols). Suite aux problèmes de sécurité rencontrés au Mali depuis 2011, le super-site de Hombori est maintenu *a minima* (station météo et humidité du sol) et un nouveau site est progressivement équipé au Sénégal (station de Dahra, également suivie par des chercheurs d'universités danoise, allemande et suédoise).

La base de données AMMA elle-même est hébergée à l'OMP mais n'est plus mise à jour depuis la fin du programme éponyme. En ce qui concerne les données AMMA-CATCH, un portail web BDAMMA a été mis en ligne en avril 2014. Sa mise à jour est annuelle et le délai de mise à disponibilité des données est de trois ans. Le support du service Spirale de l'IRD pour l'élaboration de la base de données a été apprécié. Les données sont également (i) interfacées avec d'autres bases de données (réseau des bassins versants, plateforme de modélisation OLES), et (ii) intégrées dans les bases de plusieurs programmes: ISMN (International Soil Moisture Network), CarboAfrica et Almip (AMMA Land Surface Model Inter-comparison Project, regroupant 9 pays, 24 modèles et 43 participants).

En dehors des membres d'AMMA-CATCH, les données sont utilisées par de nombreux partenaires: Université d'Abomey Calavi (Bénin), Université de Zinder (Niger), Université de Liège (BE), NOAA/NSSL (USA), Wageningen University (NL), Research Institute of Geo-Hydrological Protection (NCR, IT), IRD (FR), UNESCO-IHE Institute for Water Education (NL), bureaux d'étude (FR: aménagement d'infrastructures; USA: dimensionnement des installations d'eaux pluviales). Les données les plus téléchargées sont les données météo et le niveau des nappes. On note qu'il n'y a pas actuellement de collecte automatique des données (réflexion en cours sur la télétransmission).

En ce qui concerne les apports scientifiques du SNO, on notera deux points:

- à l'échelle régionale, dans ces régions les modèles météo

AMMA-CATCH – Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine Couplage de l'Atmosphère Tropicale et du Cycle Hydrologique

divergent fortement sur l'évolution des précipitations; il y a donc un très fort besoin de maintenir ce suivi, le seul actuellement capable de renseigner de façon fiable sur des tendances dans cette région très sensible à la disponibilité en eau;

- à l'échelle locale, il s'agit de caractériser les interactions végétation – cycle de l'eau (surface et rétroaction vers l'atmosphère) avec des modèles SVAT, d'évaluer les effets des changements de couverts (défrichements, assolements), de comparer les sites et d'évaluer les modèles (ALMIP2) et les produits issus de la télédétection.

Les données acquises par le SNO ont notamment permis de mettre en évidence des tendances auxquelles on ne s'attendait pas : prélèvements profonds d'eau par les arbres (> 10 m), reverdissement (intensification des pluies sur le Sahel Central) et paradoxe sahélien (moins de pluies dans l'ouest du Sahel alors qu'il y a plus d'eau dans les hydrosystèmes, l'hypothèse principale étant celle de l'influence du défrichement). Les données jouent également un rôle sociétal lié à la prévision des crues, enjeu crucial face à l'augmentation de la population; AMMA-CATCH appuie le projet SAP-Bénin (alerte précoce, PNUD/FEM) pour la prévision des crues.

L'investissement total sur le site est de l'ordre de 700 k€. Le fonctionnement annuel tourne autour de 170 k€, dont 75 k€ IRD, 50 k€ CNRS-INSU, 20 k€ OSU (OSUG, OREME, OMP), 10 k€ partenaires Sud (DG-Eau), 15 k€ UMR (LTHE, HSM, GET), le reste provenant de DG-Eau, UAM, USTTB. Le personnel impliqué est de 46 personnes (15 ETP), représentant 450 k€/an dont 17 au sud.

Les points forts du SNO évoqués par ses porteurs sont : (1) sa durée, reconnue par les partenaires; (2) la formation de jeunes chercheurs africains qui sont devenus des cadres de haut niveau dans leur pays ou dans des organisations internationales. Les difficultés mises en avant sont de plusieurs ordres : (1) la mise en œuvre du SNO est freinée par des problèmes structurels au Sud; (2) les partenaires universitaires ont peu de temps disponible et très peu de moyens techniques; (3) les partenaires opérationnels ont des possibilités d'affecter du personnel dédié pour les activités AMMA-CATCH (DG-Eau) mais pas de mission de recherche; (4) en général les possibilités de co-financement des activités au Sud sont faibles (à l'exception du Bénin); (5) AMMA-CATCH ne fait pas le poids devant les bailleurs internationaux et les ONG en termes de financement de travaux au Sud.

La pérennisation du SNO est conditionnée au maintien de l'appui financier des tutelles (budgets) et à la présence physique des agents via les outils IRD (bourses de thèse, BEST, MLD

et expatriations). Son appropriation est actuellement très liée à l'investissement de certains collègues du Sud (démarches individuelles); une meilleure appropriation est conditionnée aux évolutions institutionnelles dans les pays partenaires, et à l'insertion des activités « bassins versants – ressources » dans des programmes pilotés par ces pays (au Bénin par exemple, avec l'Institut National de l'Eau dont AMMA-CATCH est appelé à être partenaire technique, parmi d'autres).

Concernant l'évolution des contours du SNO, les porteurs sont hostiles à une fusion avec d'autres services, mais approuvent l'idée d'une fédération. Plusieurs actions sont déjà engagées : tentative du SOERE SECAO (regroupement régional), collaborations thématiques avec BVET et HYBAM (écosystèmes tropicaux), insertion dans RBV, participation active de PI CATCH à CRITEX, eLTER soumis. La question se pose à ce propos de la place des SO dans le paysage national : quelles articulations entre SOERE (AllEnvi) et SNO (CNRS-INSU) ? Ces démarches ne simplifient pas le « millefeuille » ambiant et peuvent même être perçues comme contradictoires. Le SNO AMMA-CATCH revendique son identité de SNO à dimension régionale, à l'interface surface continentale – atmosphère. De ce fait, ses activités relèvent à la fois des domaines SIC et OA (CNRS-INSU) mais aussi en partie de thématiques CNRS-InEE (étude des écosystèmes); c'est l'une des marques de fabrique du SNO, elle doit être préservée.

Quelques points particuliers supplémentaires ont été mentionnés pendant la visite :

- DOI : un besoin de positionnement des tutelles est souhaité sur la stratégie de référencement, aucune coordination n'étant opérée entre les OSU; en l'absence de retour des tutelles d'ici un an, le SNO fera son propre choix.
- Besoins en personnel : on note une difficulté à bénéficier de personnel technique local. Les besoins manifestés sont ceux d'un soutien IRD de type PLT (Personnel Local Temporaire) et si possible PLP (Personnel Local Permanent); 1 IR post-traitement des données; 1 CNAP.
- Devenir du financement des observations : les dotations IRD et CNRS-INSU paraissent indispensables; la piste des ESFRI-LTER est évoquée.
- Formation : il existe un projet d'école de terrain (HYDRUS) sur le site du Bénin qui serait porté par le LMI PICASS'EAU.

■ Conclusions

Le SNO AMMA-CATCH offre un jeu de données unique, essentiel pour la science environnementale en Afrique de

l'Ouest, qui permet de capitaliser dans la durée sur les investissements faits pendant AMMA. Il permet la production de résultats scientifiques forts, notamment sur la relation entre pluviométrie et réponse hydrologique. La représentativité des sites gagnerait cependant à être mieux justifiée et les données devraient être mises à disposition avec un temps de rétention plus court que les trois ans actuels.

Il manque à ce stade une véritable réflexion sur l'évolution du SNO dans les prochaines années, au vu des résultats acquis et des nouvelles questions émergentes. Qu'en est-il notamment de l'ouverture vers d'autres collaborations nationales et internationales? Comment mieux traiter les questions impliquant une contribution SHS? Quelle mesures à rajouter? À abandonner? Il faut réduire le délai de mise à disposition des données (passer de trois à un ou deux ans maximum?).

Les verrous liés à la régionalisation et la spatialisation sont par ailleurs peu discutés. Quel rôle va jouer la télédétection dans ce contexte? Le SNO devrait mieux se positionner par rapport aux programmes spatiaux de type Sentinel, ainsi qu'aux pôles d'observation et de données (THEIA notamment).

Il serait enfin souhaitable de réfléchir à de possibles partenariats avec des acteurs privés de type bureaux d'études : comment valoriser l'expertise et les données à valeur ajoutée? On pourrait instaurer l'obligation de mise à disposition libre et gratuite des données de « base », mais un accès restreint pour les données à valeur ajoutée (déjà initié dans BD AMMA-CATCH).

BVET – Bassins Versants Expérimentaux Tropicaux

L'Observatoire de Recherche en Environnement BVET est un service d'observation relevant de trois tutelles institutionnelles françaises : l'IRD, le CNRS-INSU et l'Université Paul Sabatier. Il est administrativement géré par l'Observatoire Midi-Pyrénées, qui lui dédie un poste CNAP affecté au GET et prend en charge la maintenance de la base de données et du site web. Les sites d'observations relevant de ce SNO sont regroupés sur deux sites expérimentaux situés à l'étranger, l'un au Cameroun et l'autre en Inde. Le fonctionnement et la gestion du SNO impliquent donc des partenariats avec des organismes de chacun de ces pays : au Cameroun l'Institut de Recherches Géologiques et Minières (IRGM) et l'Université de Yaoundé 1, et en Inde l'Indian Institute of Science de Bangalore. Sur le plan opérationnel, les suivis et la maintenance des sites sont assurés par le Centre de Recherches Hydrologiques (qui dépend de l'IRGM) au Cameroun et par le Laboratoire Mixte International CEFIRSE (partenariat IISc-IRD) en Inde. Pour le chantier indien, l'accès à l'un des sites du bassin versant de Mule Hole, localisé dans un sanctuaire forestier, est soumis à autorisation de la part du Karnataka Forest Department. Le fonctionnement de ces sites d'observation nécessite donc une très bonne coopération et entente entre ces différents partenaires, ce qui n'a pas posé de problème semble-t-il jusqu'à présent.

Le service d'observation BVET fut labellisé ORE par le ministère en 2002, puis SO par le CNRS-INSU en 2010 (SNO aujourd'hui), tout en étant labellisé SO de l'IRD. Le chantier au Cameroun est suivi depuis 1993, le chantier indien a été ouvert quant à lui en 2002. Chacun de ces chantiers comprend l'étude et les suivis hydrologique et biogéochimique de plusieurs bassins versants associés ou emboîtés.

D'un point de vue scientifique, ce service, par ses missions d'observation, se fixe comme objectifs d'améliorer les connaissances sur le cycle de l'eau et les cycles biogéochimiques, et de préciser la dynamique des processus d'altération et d'érosion en milieu granitique tropical, impacté ou non par l'agriculture. Le choix de ces sites et les missions d'observations associées étaient liés au constat que, en comparaison du nombre relativement élevé de bassins versants expérimentaux développés sur granites et granito-gneiss sous climat tempéré, très peu de bassins versants similaires existaient en climat intertropical, alors que les processus d'altération et d'érosion de ces zones jouent un rôle majeur sur les cycles biogéochimiques globaux, incluant le cycle du CO₂, et que l'impact des modifications climatiques et de l'évolution d'occupation des sols sur ces systèmes dans des régions en fort développement démographique et économique pourrait être majeur. Ces justifications restent d'actualité et la stratégie de suivi développée pour y répondre est tout à fait cohérente avec les objectifs fixés.

Sur chacun des sites, les missions d'observations sont ainsi menées à deux échelles spatiales complémentaires : (1) une échelle locale avec l'étude de bassins versants expérimentaux

(BVE) de quelques km², pour caractériser et modéliser le fonctionnement des écosystèmes et leur dynamique à moyen et long terme en différents contextes d'occupation des sols ; (2) une échelle plus régionale avec des bassins de 10⁴ km² en moyenne, pour évaluer la variation des signatures biogéochimiques des eaux et des transferts de matière en fonction des changements d'échelle. Les sites, au Cameroun et en Inde, ont été choisis sur la base de caractéristiques identiques (contexte morpho-tectonique de marge passive, craton archéen granito-gneissique, température), mais avec des contextes climatiques et d'occupation des sols différents conduisant en termes d'objectifs scientifiques et en termes de missions d'observations à une complémentarité cohérente et bien justifiée entre les deux sites. Le système de suivi de bassins versants emboîtés du Cameroun dans une région relativement homogène du point de vue hydro-climatique et de celui de l'occupation des sols permet de se focaliser sur l'étude des mécanismes de fonctionnement de ces écosystèmes, de l'échelle locale des BVE (Nsimi) à une échelle régionale (fleuve Nyong), dans un contexte très peu perturbé, et d'évaluer leur réponse éventuelle à court terme aux modifications climatiques globales actuelles. Le système indien, comprenant des bassins forestiers préservés (BVE de Mule Hole) et des bassins cultivés (Maddur) ainsi que le suivi, en cours de développement, de sites localisés le long d'un gradient climatique fort, permet d'évaluer l'impact de ces deux forçages (climat et agriculture) sur le fonctionnement biogéochimique de ces systèmes tropicaux.

Les variables observées et suivies en continu sont climatiques (sur les trois bassins versants expérimentaux), hydrologiques

et hydrogéologiques (débits des rivières et hauteurs de nappe pour l'ensemble des sites) et géochimiques (à l'exutoire des deux BVE et de la Nugu pour le site indien, et de l'ensemble des bassins emboîtés pour le site camerounais). Les chroniques les plus anciennes remontent à 1994 pour le suivi géochimique des bassins versants du Cameroun et à 2003-2006 pour les autres paramètres et autres sites ; cela conduit à disposer aujourd'hui, pour le site du Cameroun, d'une des plus longues chroniques hydrogéochimiques disponibles au monde sur bassin versant granitique en milieu tropical. Une politique de conservation d'échantillons a été mise en œuvre (dont les modalités gagneraient certainement à être discutées au niveau national, au moins de RBV, étant donné que d'autres sites semblent se lancer dans une politique équivalente). Une réflexion est également en cours sur la mise en place d'un suivi plus systématique des flux de MES. Le souhait des responsables de BVET de pouvoir faire installer des turbidimètres sur plusieurs de ces bassins versants dans le cadre du Projet CRITEX est justifié et constituerait une première étape importante pour apporter des informations sur les flux solides exportés.

En termes de moyens humains, on évalue à 5 ETP les forces directement attachées au SNO, dont 1.7 en France et 3.3 sur les sites étrangers. Le maintien à long terme des missions d'observations sur ces derniers nécessite une logistique locale solide et un partenariat fort avec les instances locales, qui ont vocation à prendre un relais important. À date, la politique de partenariat avec les instances locales et les investissements des différents partenaires conduit à disposer sur place pour chacun des sites d'un laboratoire d'analyse des eaux, fonctionnant grâce à l'implication, notamment au Cameroun, de personnels locaux. Seules aujourd'hui les analyses de concentration de Si et de COD du site camerounais sont faites en France (au GET). D'un point de vue opérationnel l'implication des partenaires locaux est néanmoins différente sur les deux sites : il y a ainsi une forte implication camerounaise avec l'entière responsabilité des suivis hydrogéochimiques et des analyses sur site. La coordination officielle du SNO au Cameroun est assurée par un professeur de l'Université de Yaoundé I, avec actuellement l'implication d'un DR IRD en affectation à Yaoundé. Les membres de l'équipe camerounaise reçoivent un complément de salaire, sur la dotation IRD à BVET, pour leur participation aux tâches d'observation. Côté indien, le fonctionnement du site est porté par le personnel français en expatriation sur place, à savoir le coordinateur français local (CR IRD), un ingénieur chimiste IR IRD responsable de la plateforme d'analyses chimiques et un IR INRA pour les suivis hydrologiques. Une partie des missions de prélèvements et d'analyses est réalisée par des assistants locaux (vacataires) qu'il est malheureusement difficile de stabiliser : une fois

formés et opérationnels, les assistants locaux ont un niveau de technicité leur permettant d'obtenir une bien meilleure rémunération dans d'autres organismes ou entreprises indiens. À terme, et s'y l'on n'y prend garde, cette situation risque de fragiliser le site indien du SNO BVET.

En termes scientifiques, les sites du SNO BVET ont été et restent des sites-ateliers porteurs et moteurs d'une véritable activité de recherche, mobilisant chercheurs français et des pays partenaires, avec actuellement pour chacun de ces sites des projets de thèses et de master en cours, même si en termes d'implication de collègues locaux dans la recherche des disparités existent à nouveau entre les deux sites. Forte en Inde, du fait en particulier de l'implication du co-directeur indien de la cellule dans les instances de recherche nationales indiennes, elle est beaucoup plus faible pour des raisons conjoncturelles au Cameroun. Elle gagnerait à se développer dans le futur : une affectation sur place d'un chercheur français pourrait dynamiser ou catalyser cette implication. Quoi qu'il en soit, en termes de production scientifique, outre 10 thèses s'appuyant sur les sites observatoires du SNO BVET, on peut mettre à l'actif de ce bassin versant plus de 50 articles scientifiques publiés dans des revues à comité de lecture, ce qui conduit à une visibilité forte des recherches menées avec ce SNO CNRS-INSU/IRD. La constitution et la gestion de la base de données de ce SNO est un autre de ses points forts : totalement ouverte, elle permet une utilisation sans contrainte des données d'observations qui y sont collectées. Cela doit beaucoup à la politique de l'OSU qui a permis à BVET de disposer des compétences et du savoir-faire des services informatiques de l'OMP, politique qui devrait être la règle dans beaucoup d'autres endroits. L'ensemble contribue certainement à la très bonne implication du SNO BVET dans les réseaux nationaux et internationaux des bassins versants, et à une utilisation effective des données par d'autres équipes que celles les collectant ou rattachées au SNO. Le manque de traçabilité des téléchargements ne permet toutefois pas de disposer d'un suivi fiable de cette utilisation.

Les moyens financiers dédiés au fonctionnement récurrent de BVET restent relativement limités, puisque pour 2014, la dotation totale des tutelles françaises ne s'est élevée qu'à 47 k€, avec une dotation IRD en baisse régulière depuis 2010 (de 27 k€ en 2010 à 15 k€ en 2014) et une dotation OMP qui est passée de 15 à 12 k€ durant la même période, diminutions que ne compense pas l'augmentation de la dotation CNRS-INSU (passée de 15 à 20 k€ entre 2010 et 2014). Ces dotations paraissent aujourd'hui insuffisantes, ou permettant juste de poursuivre sereinement les missions d'observation et les développements envisagés sur ces sites, d'autant que les dotations et investissements des partenaires locaux restent

pour leur part assez variables d'une année sur l'autre. Même si un budget complet n'a pas vraiment été présenté, on se rend bien compte de la difficulté, et du mérite, des responsables du SNO BVET à maintenir au niveau où ils le font les missions d'observations qui leur sont demandées. Pour le site indien par exemple, cela n'est possible aujourd'hui qu'en utilisant près de 20 k€ des dotations LMI (destinées officiellement à d'autres missions) pour contribuer au financement des missions de terrains, des salaires des assistants indiens et des analyses sur place. Il est clair que des investissements plus importants de l'ensemble des partenaires seront à terme, pour ne pas dire rapidement, nécessaires. Côté français, l'IRD joue un rôle central dans le maintien et le développement de ses SO à l'étranger ; son implication dans le soutien de ces services gagnerait probablement à être renforcée, et en tous les cas maintenue sanctuarisée. Sans cette implication de tous les partenaires, les développements en cours, tels que celui lié au passage (fortement souhaité par le partenaire indien) de l'étude du bassin cultivé de Maddur (7 km²) à celle du bassin de Berambadi (84 km²), qui permettra d'agréger de nouvelles équipes en sciences sociales et économiques notamment mais aussi d'étendre l'étude des effets du gradient climatique jusqu'aux conditions semi-arides, pourraient être remis en question.

Dans l'état actuel des moyens dédiés, il paraît difficile et peu raisonnable de demander beaucoup plus aux acteurs de ces services qui font un travail et une gestion au quotidien remarquables. Cela explique sans aucun doute pourquoi les acteurs et coordinateurs de ce service d'observation envisagent difficilement la place de BVET dans de nouvelles structures ou de nouvelles structurations thématiques ou institutionnelles des SNO du CNRS-INSU, considérant que le SOERE RBV devrait être porteur ou acteur de tels rapprochements thématiques et méthodologiques entre SNO et acteurs des SNO. Ce rôle est attendu, avec comme principaux intérêts perçus : un soutien logistique, une mise en commun d'outils et ressources (par exemple, portail interactif augmentant l'accessibilité aux données, bases interoperables), une homogénéisation de protocoles et de parcs instrumentaux, une animation et des échanges scientifiques.

■ Conclusions

Le Service d'Observation BVET apparaît comme une des réussites de la politique de développement d'outils d'observations de la communauté des Géosciences de la Surface, et de la coopération entre IRD et CNRS-INSU. Cela conduit aujourd'hui à la mise à disposition de la communauté scientifique française et internationale de sites tropicaux équipés, assez uniques au niveau international, dédiés à l'étude

des cycles biogéochimiques et des processus d'altération et d'érosion en climat tropical. Comme d'autres services français, ce SNO est bien visible et reconnu scientifiquement au niveau international, en attestent son intégration dans le réseau CZO et sa présence comme un des six sites français du projet de réseau européen eLTER, soumis à l'appel à projets H2020. Concernant son positionnement thématique et scientifique, ses animateurs souhaitent lui donner une couleur autant « agrosystèmes » que « biogéochimie », ce qui peut sembler légitime compte tenu de l'évolution de leurs activités de recherche.

La réussite du SNO, avec une mise à disposition effective des données acquises, ne doit pas faire oublier la difficulté de maintenir et faire fonctionner de façon cohérente et efficace ces sites d'observations situés à l'étranger. Cela doit beaucoup à un investissement remarquable de quelques-uns. La pérennisation de ces missions d'observations hors territoire français, sur des sites d'accès parfois difficile, ne peut se faire sans une implication forte des partenaires locaux dans ces missions et activités, tant analytiques que scientifiques. De ce point de vue la situation et les besoins actuels des sites indiens et camerounais se trouvent dans des situations différentes :

- au Cameroun, dans l'attente du développement et de la structuration de la recherche camerounaise, l'avenir du SNO dépend de la capacité des partenaires institutionnels français à le soutenir scientifiquement ;
- en Inde, l'existence d'une recherche active et structurée, avec une prise de conscience par les autorités indiennes de la nécessité de développer un réseau d'observatoires de la zone critique, dont le site de Kabini (suivi par BVET) fait office d'exemple à suivre, indique qu'une prise de relais par les partenaires indiens est tout à fait envisageable dans un futur pas trop éloigné. Il semble néanmoins important et opportun que les organismes scientifiques français restent des partenaires du SNO car cette activité est un moteur des activités de recherche franco-indiennes, et au centre de questionnements scientifiques de grande actualité. Dans l'immédiat, il semble néanmoins important, pour favoriser ce relais, de pouvoir stabiliser la présence sur place de personnels techniques.

GLACIOCLIM – GLACIers, un Observatoire du CLIMat (Alpes, Andes, Antarctique)

■ Contexte et historique

Le retrait des glaciers observé dans la plupart des massifs est une question qui intéresse les glaciologues, mais aussi les « clients » de la glaciologie : météorologie, ressource en eau...

Les activités de GLACIOCLIM (labellisé comme service d'observation national par le CNRS-INSU en 2005) portent sur l'étude des glaciers et du climat et correspondent à trois enjeux scientifiques et sociétaux :

- documenter, comprendre et modéliser la relation glacier-climat ;
- quantifier les ressources en eau et la contribution au niveau des mers ;
- prévoir l'évolution future et offrir des données et modèles pour les aléas d'origine glaciaire.

Ce SNO fait suite aux travaux et aux mesures entrepris sur les glaciers alpins (depuis plus de 50 ans), et est complété par le SOERE GLACIOCLIM (labellisé l'AllEnvi en 2010) en incluant des extensions géographiques (Himalaya en Inde et au Népal avec l'IRD ; Pyrénées : glacier d'Ossoue avec l'association « Moraine ») et thématiques (hydrologie, télédétection, sites froids de hautes altitudes). GLACIOCLIM est le seul SNO de la thématique cryosphère. Néanmoins, il n'a pas dans son champ d'action actuel la neige, la banquise ou le permafrost. Il est représenté dans les instances internationales (comme par exemple World Glacier Monitoring Service, ou WGMS) mais n'est pas présent à la direction de ces instances.

■ Activités récentes

Les activités de GLACIOCLIM sont centrées sur trois régions correspondant à trois zones climatiques : climat tempéré avec les Alpes (cinq glaciers : de Saint-Sorlin, Argentière, Mer de Glace, Gébroulaz, et Sarennes en cours de disparition), climat tropical avec les Andes (deux glaciers : Zongo en Bolivie, et

Antizana 15 en Equateur) et climat polaire avec l'Antarctique (deux sites : Cap Prud'Homme, et Dôme C). La raison de la multiplicité des glaciers étudiés est d'une part opportuniste (données anciennes, motivation et installation IRD...), d'autre part raisonnée (différents climats, étant donné que la variabilité et les impacts sont différents ; petits et grands glaciers ; glaciers dont la ligne d'équilibre pour dissocier les processus d'accumulation et d'ablation est haute ou basse). L'activité dans l'Himalaya mobilise un certain nombre de collègues de l'IRD (suite à un projet ANR obtenu et l'affectation d'un CR IRD au Népal). L'intérêt scientifique est réel (étant donné que dans cette région, certains glaciers sont en phase d'expansion et non de retrait), mais les moyens humains restent limités.

Depuis 1994 dans les Alpes, 1991 dans les Andes, et 2004 dans l'Antarctique (de 1 à 12 fois par an selon le site) sont acquises de nombreuses données glaciologiques :

- bilans de masse estival, hivernal et annuel (par forages, balises et carottages),
- bilans de masse volumétriques (par photogrammétrie),
- vitesses d'écoulement de surface (par GPS),
- variations d'épaisseur (par GPS),
- cartographie du front (par GPS),

ainsi que météorologiques :

- directions et vitesses du vent, rayonnement solaire incident et réfléchi, rayonnement thermique atmosphérique et émis par la surface, température et humidité de l'air ventilées, précipitations (par station météo automatique sur une moraine voisine),
- albédo journalier (par photos terrestres),
- campagnes intensives de mesures météo de bilan énergétique à la surface des glaciers pendant des périodes de quelques semaines décisives pour les glaciers).

Si la raison de la longue durée d'observation (> 30 ans) est due à la nécessité de longues séries pour comprendre les liens avec les paramètres atmosphériques, il faut néanmoins l'argumenter clairement pour justifier le besoin de poursuivre pour expliquer les processus. Une collaboration en télédétection à mieux formaliser serait tout à fait profitable. Les moyens en matériels sont bien adaptés et à jour, la limite étant plutôt les moyens humains pour les mettre en œuvre.

La base de données mise en place en 2005 est développée sans moyen dédié (<http://www-igge.ujf-grenoble.fr/ServiceObs/SiteWebPOG/baseG2.htm> pour les Alpes, <http://www-igge.ujf-grenoble.fr/ServiceObs/SiteWebAndes/baseG2.htm> pour les Andes, <http://www-igge.ujf-grenoble.fr/ServiceObs/SiteWebAntarc/cp.php> et <http://www-igge.ujf-grenoble.fr/ServiceObs/SiteWebAntarc/dc.php> pour l'Antarctique). Mise à jour une fois par an et permettant seulement de récupérer des fichiers Excel avec des formats « locaux » de données, elle est actuellement en refonte sous le format de celle du SNO AMMA-CATCH (<http://bd.amma-catch.org/amma-catch2/main.jsf>, base de données relationnelle, portail web interactif...) et sera disponible sous cette forme au printemps 2015? phrase à actualiser. Les données sont utilisées par des opérationnels (Météo France et EDF), des laboratoires de recherche (comme par exemple l'ETH à Zurich) et pour des utilisations diverses (enseignement, grand public...). La production scientifique des participants est remarquable (en qualité et en quantité), et l'utilisation des données par des extérieurs est satisfaisante. Néanmoins la connexion avec les modèles climatiques n'est pas clairement mise en avant.

L'équipe est constituée de trois physiciens adjoints (CNAP), porteurs chacun d'un des chantiers, deux CR IRD, deux IR IRD, deux DR (un CNRS et un IRD émérite); elle bénéficie du soutien technique de personnels du LGGE et du LTHE, et de la collaboration de collègues dans les Andes. Les personnels sont jeunes, clairement motivés et investissent apparemment énormément pour faire tourner le service avec 400 hommes jours/an (200 pour les Alpes, 100 pour les deux autres régions). Ils semblent aux limites de leur capacité, sachant que cette situation n'est déjà faisable qu'avec un CDD dans les Alpes et un Volontaire International (VI) dans les Andes. Les personnels participent aussi à des enseignements (avec notamment des UE au sein de l'Université Joseph Fourier de Grenoble). Le principal problème concerne les moyens humains, avec le besoin de (i) pérenniser le CDD récurrent dans les Alpes sous la forme d'un AI, et (ii) poursuivre l'affectation d'un VI dans les Andes.

■ Conclusions

GLACIOCLIM a des qualités indéniables et joue un rôle essentiel dans la connaissance des liens entre évolution du climat et des glaciers. L'intégration de ce SO dans le regroupement Réseau des Bassins Versants est envisageable mais il restera une spécificité cryosphère qui ne s'y retrouvera pas.

Les points sur lesquels il faut apporter des précisions, des éclaircissements, des efforts et des validations sont les suivants :

- l'évolution de la base de données (avec le soutien de l'OSUG et du SNO AMMA-CATCH) est à poursuivre et valider ;
- le nombre d'acteurs pour assurer acquisition, traitement et valorisation des données est crucial. Compte tenu du fait que les deux IR font essentiellement un travail de chercheur, un AI est nécessaire pour soutenir l'activité des CNAP. De même, il est essentiel de disposer d'un VI ;
- le choix d'ouvrir le SNO à d'autres sites (Himalaya) risque d'être une dispersion néfaste à l'ensemble ; il serait souhaitable que la politique de l'IRD soit concertée avec celle du CNRS-INSU sur le sujet ;
- l'implication des membres du SNO dans la direction des instances européennes ou internationales serait tout à fait justifiée, mais pour le moment les personnels sont très occupés par les tâches « scientifiques ». Limiter les chantiers pourrait détendre la pression expérimentale et permettre alors aux CNAP et autres chercheurs de mieux s'impliquer dans l'organisation de la communauté internationale ce qui semble nécessaire pour mieux positionner ce SNO aux niveaux européen et international.

H+ – Réseau national de sites hydrogéologiques

H+ est un service d'observation du CNRS-INSU depuis 2005, héritant d'une structure initiale d'ORE acquise en 2002. H+ est également labellisé depuis 2011 SOERE, sous une forme qui étend les sites du service, notamment à des infrastructures étrangères. Ainsi, le SNO est aujourd'hui composé de quatre sites expérimentaux principaux échantillonnant différents types d'aquifères : aquifère de socle à Ploeumeur (opérateur Géosciences Rennes), aquifères carbonatés à Poitiers et Majorque (opérateurs IC2MP Poitiers et Géosciences Montpellier, respectivement), systèmes carbonatés fortement karstifiés du Larzac (opérateur Géosciences Montpellier).

Le SOERE éponyme étend les sites observés en ajoutant le LSBB – Laboratoire Souterrain Bas Bruit (ancien site militaire du plateau d'Albion) opéré par EMMAH (Avignon) et Géosciences Azur (Nice), les sites d'Hyderabad en Inde opérés par le BRGM et enfin deux plateformes expérimentales de moindre développement, à savoir Krauthausen (Jülich, Allemagne) et Argenton (Barcelone, Espagne). Alors que LSBB et Hyderabad se sont hissés en termes de collecte d'information et d'exploitation à des niveaux comparables aux sites du SNO, les deux plateformes expérimentales allemande et espagnole manquent encore de souffle et de moyens. Ainsi, alors que LSBB et Hyderabad, opérés par des acteurs français pourraient rejoindre le SO-CNRS-INSU, la question pour les plateformes allemande et espagnole ne se pose pas.

La feuille de route initiale de H+ était assez particulière : comparé à d'autres SNO motivés par l'observation de long terme, H+ souhaitait mettre l'accent sur la notion de plateformes expérimentales. Ces dernières devaient être le siège de tests d'outils, de méthodes et de métrologie en vue d'obtenir de nouvelles données sur le fonctionnement dynamique très sous-échantillonné (car peu visible) des hydrosystèmes souterrains. En amont et à l'aval de ces acquisitions, des efforts importants de théorisation et modélisation devaient être consentis afin (1) d'exploiter au mieux les données acquises dans un contexte quantitatif, (2) évaluer les mesures de demain susceptibles de conditionner des modélisations avant-gardistes. Cette feuille de route parfaitement justifiée en 2002 est toujours d'actualité aujourd'hui et les avancées de modélisation et d'expérimentation justifient toujours la recherche de nouvelles données. Cette démarche est également caractéristique de la spécificité des SNO du domaine SIC. Comme le triptyque théorie – modélisation – expérimentation est à même de produire des connaissances génériques sur le fonctionnement des systèmes, il n'y a pas à craindre au chapitre de la transposition

des résultats à d'autres contextes. La diversification des sites du SNO est justifiée par l'existence de grands types d'hydrosystèmes et les domaines de spécialité de chacun des opérateurs.

En termes de données acquises, un certain nombre de variables sont mesurées de manière récurrente : principales variables hydrométéorologiques, niveau piézométrique des nappes, suivi géochimique des éléments majeurs en solution (pas pour tous les sites). Ces variables sont simples d'acquisition et ne nécessitent guère de protocoles complexes. Elles sont d'autorité standardisées par les appareils de mesure eux-mêmes qui, d'usage courant dans la société civile, ont déjà fait l'objet de multiples calibrations. Au vu de sa fonction, H+ engrange par contre beaucoup d'informations sur de l'expérimentation à court et moyen terme dédiée à une question scientifique ciblée. On y retrouve des tests hydrodynamiques, des expériences de traçage des solutés, des analyses géochimiques spécifiques d'identification de l'âge des eaux, des mesures locales directes ou indirectes des flux, de la cartographie d'écoulement par mesure des vitesses du fluide ou de la propagation d'un flux de chaleur, etc. Depuis quelques années, H+ s'est également engagé sur le terrain de l'hydrogéophysique pour l'imagerie du sous-sol proche. Bien que ces efforts soient plus récents, ils dévoilent néanmoins le rôle d'instrument démonstrateur de H+ pour des approches géodésiques et gravimétriques à très haute résolution. L'avenir mettra l'accent sur le couplage entre modèles géophysiques et modèles hydrologiques pour une inversion jointe des données alimentant les deux types de modèles. H+ s'engagera également dans la problématique des transferts complexes, essentiellement les transferts réactifs dans des milieux à forte hétérogénéité et intégrant le compartiment biologique.

L'ensemble des données acquises reste assez complexe à

H+ – Réseau national de sites hydrogéologiques

intégrer dans une base de données puisque chaque expérience (ou presque) nécessite un format d'entrée particulier puis des requêtes spécifiques. H+ fait partie des SNO qui ont eu à supporter les affres de l'épopée « Médias France » bien connue au CNRS et qui n'a pas véritablement abouti sur la question d'assister les services nationaux à disposer de bases de données « professionnelles ». Néanmoins, grâce aux efforts de l'OSU de Rennes, un ingénieur spécialisé a été affecté à H+. Ont également été désignés des responsables « experts » par site qui définissent, en fonction des expérimentations conduites, ce qu'ils veulent voir comme formats et requêtes. Ces éléments sont discutés puis validés avec le responsable de la base et le CNAP en charge de la coordination du service. En procédant ainsi, on s'assure à la fois d'avoir des données de qualité, validées et dont l'accès est complet pour toutes les expérimentations menées. Il s'agit d'un travail lourd car rien n'entre dans des opérations de routine, mais, en contrepartie, la base de données est riche et aujourd'hui complètement opérationnelle. La traçabilité des données n'est pas vraiment un élément prégnant pour H+ dans la mesure où la communauté académique hydrogéologique est de très petite taille (certainement la plus faible de toutes les sciences de l'univers) et que les données contiennent une information complexe. Ces dernières sont, de fait, peu consultées par des acteurs autres que les équipes de recherche qui collaborent avec les personnels d'H+. La publicité faite sur les données est néanmoins indéniable car en général les données sont rares ; et comme H+ les exploite pleinement par la science produite, l'ensemble a de l'écho. Dans un contexte de fédération plus large de l'ensemble des SNO, voire d'internationalisation, il n'est pas certain que les données acquises seraient beaucoup plus consultées. C'est le revers du choix d'acquisitions expérimentales spécifiques ; ces dernières n'intéressent qu'une communauté limitée de « fondamentalistes ». Une analyse rapide des diverses équipes travaillant aujourd'hui sur les données dévoile un consortium restreint mais regroupant effectivement beaucoup des forces vives dont le quotidien est le triplet évoqué plus haut : théorie – modélisation – expérimentation.

Alors que les sites du SNO sont, par construction, des plateformes expérimentales hébergeant des actions opportunes, ces mêmes plateformes ne font pas fonction d'accueil pour des équipes à qui on louerait sans contrepartie les installations. Dit autrement, ne sont hébergées que des expérimentations qui entrent dans le cadre des collaborations de gré à gré entre les détenteurs fonciers des sites et leurs partenaires. Néanmoins et dans un registre un peu différent, le SNO dans son ensemble est très versé à l'accueil de formations diverses autour de l'ingénierie de réservoir ; on

notera par exemple une ouverture à l'Europe via les « Marie Curie fellows », l'accueil et la participation à des stages de terrain pour étudiants et des formations professionnelles (IFP-School, IFP-Training, notamment).

Le foncier du SNO peut avoir des origines diverses et hormis le site de Poitiers, propriété de l'Université, les autres sites font l'objet « d'affermages » ou d'ententes cordiales entre détenteurs matériels des sites et opérateurs scientifiques. Le système tient sans difficulté notable depuis douze ans, et il n'y a guère de raison que cela change, le rôle local des OSU (Rennes et Montpellier) étant fondamental dans la manière dont chacun voit ses intérêts particuliers satisfaits. À propos des OSU, on constate que leur appui au SNO est indéniable, certainement moins par l'abondement financier que par le support en personnels, l'aide à la contractualisation d'activité et de personnes, le rôle d'interlocuteur privilégié avec l'Université et les Régions (en particulier pour les CPER qui ont toujours abondé jusqu'à présent les sites d'H+). Seul Poitiers est orphelin d'un OSU et la disparition récente d'une UMR CNRS-INSU au profit d'un rassemblement (IC2MP) dépendant de la chimie n'augure pas de jours meilleurs. Le site poitevin s'est toujours autofinancé mais craint à moyen terme que les personnels techniques CNRS mis à disposition du site puissent être affectés ailleurs, l'INC et les acteurs locaux de l'IC2MP n'ayant pas forcément, ni vocation, ni envie de soutenir les sciences de l'univers.

Les quatre sites du SNO requièrent au quotidien environ 1 ETP CNAP et 6 ETP ingénieurs et techniciens dont 1.5 sont des contractualisations. Cette fraction non négligeable de personnels contractuels en charge de la base de données ou de l'instrumentation fragilise en partie la pérennité du système. Cela étant, le SNO a une bonne activité scientifique contractuelle et un support fort de ses tutelles lui permettant de maintenir ses CDD. La fraction des chercheurs impliqués est plus difficile à évaluer car elle varie en fonction des opérations de recherche menées. *A minima*, chaque responsable de site est un chercheur ou un enseignant-chercheur dont le temps consacré au simple fonctionnement du site est de l'ordre de 0.3 ETP pour un total de 1.2 sur l'ensemble du SNO.

Le SNO affiche un budget de fonctionnement de 690 k€/an dont 250 k€ de masse salariale contractuelle incluant les allocations de thèse. CNRS-INSU (SNO) et Ministère (SOERE) abondent respectivement la somme de 45 et 90 k€/an t. Dans ce budget, le SOERE rentre environ 220 k€/an de l'initiative d'excellence CRITEX qui équipe les sites pour diverses opérations de recherche et incursions météorologiques. Les tutelles (universités, OSU, BRGM) fournissent un budget de l'ordre de 220 k€ dont 90 spécifiquement comptés par

le BRGM (EPIC) pour la mise à disposition de son personnel permanent. Enfin, la part contractualisée de financement liée à diverses actions de recherche, projets, appuis Région, etc., est aujourd'hui de l'ordre de 100 k€, soit environ 15 % du budget de fonctionnement annuel. On voit donc que le caractère très spécifique du SNO H+ adressant par diverses expérimentations des questions scientifiques très amont, est finalement très majoritairement soutenu par les instances nationales de la recherche académique. En ne retenant que les quatre sites du SNO et en dépit de la mutualisation de nombreux moyens entre SNO et SOERE, le budget annuel tombe à environ 440 k€. Les difficultés financières annoncées pour la recherche dans les années futures ne devraient pas trop affecter le fonctionnement du SNO. Ce dernier est à peu près installé dans un régime de croisière qui fonctionne bien, les équipements seront pris en charge par CRITEX, et la bonne presse du SNO auprès des Régions, des OSU et des Universités permet un octroi régulier d'allocations doctorales qui stimulent et animent largement le fonctionnement du service. Il y a certainement plus à craindre sur les possibilités de maintien des CDD jugés indispensables au fonctionnement de certains sites ou des pièces clefs comme la base de données. Incidemment, le SNO s'engageant dans des campagnes intensives de mesures géophysiques, le besoin d'un CNAP sur cette thématique devient aujourd'hui une priorité.

Le retentissement scientifique est sans conteste bon. La définition même du SNO et la qualité des opérateurs aidant, H+ est un service qui produit beaucoup de science à haute valeur ajoutée malgré un nombre d'acteurs relativement limité. Ainsi depuis une douzaine d'années, H+ produit une dizaine d'articles scientifiques par an sur l'exploitation directe des données acquises. On note également une forte croissance de la production scientifique qui hérite des idées directement testées sur H+ (modélisation, expérimentation en labo, efforts métrologiques...), passant de 2-3 articles par an en 2002 à une douzaine en 2014. *In fine*, environ 150 articles scientifiques de haut niveau ont été produits sur l'exploitation directe et indirecte des données de H+.

La formation initiale et continue d'ingénieurs s'est internationalisée avec le partenariat IFP-School et IFP-Training, comptant certainement parmi les formations les plus réputées internationalement en ingénierie de réservoir. Dans la même veine, un « Marie Curie Fellows » d'échange de doctorants entre SNO et autres infrastructures d'observation européennes, est en passe d'aboutir. L'ensemble des partenaires du SNO est proactif dans la recherche de collaborations scientifiques françaises et étrangères. Ainsi 24 équipes de recherches, hors celles opérant le SNO, travaillent régulièrement sur les données. Douze de ces équipes sont étrangères et, fait notable,

sont souvent porteuses de nouvelles avancées expérimentales et métrologiques.

H+ dispose d'atouts et d'expériences pour se développer au-delà de ses frontières actuelles et tenir un rôle de leader national et international dans l'observation et la recherche sur les hydrosystèmes souterrains. Il est vrai qu'à l'international, il n'existe que très peu de structures similaires à H+. Aux Etats-Unis notamment, Cape-Code ou Mirror-Lake ont existé. Aujourd'hui, un équivalent H+ pourrait être vu dans les quelques infrastructures dédiées à l'exploration des capacités de stockage souterrain de déchets ultimes. La revendication légitime de H+ et sa capacité indéniable à entrer et fédérer des réseaux doit néanmoins être mise en face de la nature même du service. H+ est au moins autant un outil de recherche intéressant une communauté bien identifiée mais restreinte qu'un véritable service d'observation produisant de la donnée générique « utile » à une très large communauté. On peut se poser la question d'une existence possible, à côté de H+, de services moins marqués en recherche amont mais fournissant des variables hydrologiques plus génériques et plus facilement partageables et partagées. Il est probable que ces données pour les hydrosystèmes souterrains, dont l'intérêt socio-économique est notoire, soient déjà disponibles auprès de divers organismes publics (ou d'intérêt public) en charge de la ressource en eau. La question reste cependant posée de leur accessibilité, voire de leur pertinence pour la compréhension du fonctionnement des hydrosystèmes souterrains.

■ Conclusions

H+ est un service d'observation très particulier qui est autant un instrument de recherche qu'un service documentant diverses variables du fonctionnement des SIC. L'outil a été voulu comme tel, fonctionne comme tel et justifie pleinement de continuer à fonctionner comme tel à moyen terme.

Les arguments pour maintenir ce service sont convaincants car les objets cibles sont très sous-échantillonnés et il faut reconnaître que l'hydrogéologie est très longtemps restée applicative et versée à des intérêts de court terme et pragmatiques. H+ compte parmi les outils qui ont permis à l'hydrogéologie de devenir une discipline scientifique à part entière, complexe et autonome au regard des questions qu'elle se pose. Paradoxalement, elle est aujourd'hui également très en avance sur d'autres thématiques des sciences de l'univers s'il est question de théorie, de quantification et de modélisation mathématique. Cette évolution vient pour beaucoup de la Physique et doit se poursuivre. H+ a sans conteste un rôle de leader à jouer, d'autant qu'en diversifiant les approches

H+ – Réseau national de sites hydrogéologiques

expérimentales dédiées il ouvre sans ambiguïté de nouvelles pistes de recherche à explorer.

H+ est un service dynamique qui agrège beaucoup d'activité scientifique, même si la communauté directement intéressée est petite (et le restera). Revers de cette spécificité, il existe assez peu de services équivalents ailleurs et par conséquent, dans une mise en réseau thématique au-delà de nos frontières, H+ pourrait être esseulé et ne pas avoir le retentissement qui lui permettrait, par exemple, de subsister dans un contexte international. Ce dernier cherche souvent à documenter l'environnement par des données considérées comme importantes car partagées par le plus grand nombre d'acteurs du monde académique et de la société civile. De ce strict point de vue, H+ à lui seul, ou plus exactement sa thématique à elle seule, risque d'être en partie boudée.

H+ est également un service ambitieux servi par les résultats scientifiques qu'il engrène. Cette ambition est un moteur fondé de sa diversification et de la recherche d'expérimentations et de données novatrices. H+ est néanmoins fragile. Son fonctionnement pourrait être mis en péril par une diminution de ses budgets qui viennent pour beaucoup des instances académiques de la recherche. Ces dernières font confiance à H+ et lui apportent toute l'aide possible. Elles sont néanmoins en proie aujourd'hui à des restrictions budgétaires qui ne faciliteront pas l'avenir d'H+. Le potentiel de diversification des abondements financiers reste faible, simplement parce que H+ stimule une recherche essentiellement fondamentale, dont l'intérêt pour la société civile n'a pas le même retentissement que d'autres actions plus « médiatiques ». La fragilité du service est également le fait d'un personnel restreint et dont une proportion non négligeable, mais à des postes clefs, n'est pas pérennisée sur les postes en question. Un assainissement des diverses structures d'observation donnerait plus de poids aux observations elles-mêmes et aiderait à maintenir pérenne les services qui fonctionnent vraiment.

A moyen terme, H+ doit entrer dans des réseaux d'observation plus vastes. L'hydrogéologie seule ne pouvant constituer un réseau de poids, ces structures plus vastes se devraient de décloisonner les thématiques mais garder des attaches scientifiques et disciplinaires fortes en asseyant des partenariats régionaux forts.

HyBAm – Hydrologie du Bassin Amazonien

HyBAm est à l'origine un observatoire (ORE) créé en 2003, puis labellisé SO en 2005 (SNO aujourd'hui) et animé aujourd'hui par un CR de l'IRD. Il est porté par le laboratoire Géosciences Environnement Toulouse (GET) au sein de l'Observatoire Midi-Pyrénées (OMP). Quatre autres laboratoires français sont partenaires du SNO : LEGOS (Toulouse), HSM (Montpellier), ESPACE-DEV (Montpellier), et IMAGO (Brest). Il appartient au réseau de bassin versant RBV, SOERE de l'AllEnvi.

La raison d'être de cet observatoire concerne la mesure et l'étude des flux hydrologiques, géochimiques et sédimentaires des fleuves amazoniens, premier ensemble mondial en termes de débit (cinq fois plus gros que le second). Les objectifs scientifiques sont (i) d'évaluer le contrôle géodynamique, climatique et biogéochimique sur l'érosion/altération des reliefs et sur les transferts de matière jusqu'à l'océan et (ii) d'étudier l'impact de la variabilité hydroclimatique et des activités de l'homme dans les bassins des fleuves amazoniens (dont ceux de Guyane, de l'Orénoque et du Congo).

La superficie de ce bassin impose une stratégie d'instrumentation sur différents pays pour chacun desquels une convention a été mise en place (14 conventions de coopération). Le réseau HyBAm comporte 16 stations principales sur le bassin amazonien, une station à Kinshasa (République Démocratique du Congo) sur le Congo et une station à Ciudad Bolívar (Venezuela) sur l'Orénoque. Chacune des 16 stations permet un suivi intégré de l'hydrologie, des matières en suspension (MES) et de la géochimie. Un réseau secondaire de 23 stations mesure les mêmes paramètres à l'exception de la géochimie. Sur le terrain, il y a un observateur local pour chacune des stations, associé à un responsable par pays. Un laboratoire de mesure des MES a été créé dans chaque pays. En revanche, seul deux laboratoires d'analyse géochimique sont en place (un au Brésil, l'autre au GET). À la stratégie régulière de mesure s'ajoutent de nombreuses expérimentations et campagnes de mesures réalisées au gré des financements obtenus. Globalement, plus de 300 campagnes de terrain ont été effectuées depuis la création du SNO, ainsi que 122 000 mesures du niveau d'eau, 822 mesures de débit (nécessitant 4096 profils ADCP), 11 155 échantillons MES de surface, et près de 70 000 déterminations géochimiques.

Sur le plan scientifique, le SNO HyBAm a dans un premier temps permis de pérenniser des mesures de débits réalisées

pour certaines depuis 1900. Cette profondeur historique est capitale pour étudier la variabilité des régimes hydrologiques de ce bassin et la mettre en lien avec les évolutions climatique et anthropique actuelles, y compris dans un contexte de déforestation, d'exploitation des ressources en gaz et pétrole, et de la construction prévue de nombreux ouvrages hydro-électriques. Un résultat récent a par exemple montré une recrudescence des épisodes de crues (> 250 000 m³/s) puisque seulement cinq crues ont été observées entre 1900 et 1970 et plus de 16 se sont succédé depuis 1970. À l'inverse, on note une diminution régulière des débits d'étiage depuis 1990. Associées aux mesures de débit, les mesures géochimiques et sédimentaires sont incontestablement une force du SNO au regard du nombre d'études qui utilisent ces données dans des articles scientifiques. Une bonne moitié des 300 publications parues dans des revues internationales depuis la création du SNO concernent la géochimie, la sédimentologie ou l'hydrobiologie. Le reste des articles concerne l'hydrologie (29 %), la climatologie (9 %), le paléoclimat (4 %) et la télédétection (10 %). Les perspectives scientifiques actuelles sont d'élargir l'attractivité de HyBAm vers des communautés nouvelles (écologistes, anthropologues, etc.) et de renforcer les recherches sur les zones de transition (estuariennes, plaines d'inondation), sans installation de nouvelles stations.

Un autre élément fort du SNO HyBAm concerne la mise à disposition, dans une seule base de données, des mesures issues des différents pays qui connaissent parfois des tensions diplomatiques importantes. C'est particulièrement vrai pour les débits notamment dans le contexte de construction de nouveaux barrages hydro-électriques. Une partie de ce succès est à mettre au crédit des développements récents de méthodologies reposant sur l'altimétrie spatiale, qui permettent d'estimer les niveaux d'eau sans mesure *in situ*. C'est également vrai pour les mesures de précipitations disponibles sur les sites du SNO.

HyBAm met à disposition librement l'ensemble de ses données, une fois celles-ci validées (délai d'un an). Un simple enregistrement est nécessaire et s'obtient de manière automatique, avec envoi d'un email de confirmation. Plusieurs moyens permettent d'obtenir les données numériques sous forme de tableaux Excel (sélection du type de variable ou de la station, y compris avec interface Google Earth). L'identification des utilisateurs pour le téléchargement des données se fait avec deux niveaux d'utilisation : membres (donnant accès à la grande majorité des informations) et partenaires (donnant accès aussi à certains données réservées, celles du réseau de référence de MES notamment). Les téléchargements sont opérés par des organismes de recherche, mais aussi par des ONG, des bureaux d'étude et des organismes de formation. Une application web, gérée par un ingénieur du GET, a en outre été développée pour l'accès et le traitement des données (logiciel Hydraccess).

En termes de ressources humaines, le SNO repose sur 6.3 ETP de chercheurs et ITA français et 2.6 ETP étrangers. Parmi les scientifiques français, trois IE de l'IRD sont en expatriation respectivement au Brésil, au Pérou et en Bolivie, et un technicien est en expatriation à l'IRD Guyane. Un IR de l'IRD gère la base de données HyBAm et l'actualité du réseau depuis le GET à Toulouse. Deux techniciennes et un ingénieur de l'IRD gèrent les analyses géochimiques au sein du GET. Enfin, l'animateur coordonne l'ensemble des activités du SO, ce qui représente selon lui 50 % de son temps de travail. Il est à noter que le SNO ne dispose d'aucun poste CNAP. Parmi les scientifiques étrangers, un IE de l'Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Inamhi) est en poste en Equateur ainsi que deux autres personnes travaillant respectivement à Caracas (Venezuela) et à Brazzaville (Congo). Au total, 29 ingénieurs et 25 chercheurs sont impliqués dans le SNO HyBAm. À noter également qu'un responsable a été désigné pour chaque pays impliqué, et qu'un réseau d'observateurs locaux a été formé.

Sur le plan financier, le budget annuel pour le fonctionnement (coût non-environné) est en 2014 de 382 k€ dont 32 % de financement français (122 k€) et 68 % provenant des partenaires (260 k€). La contribution française est en diminution régulière depuis 2006 (autour de 180 k€) et se situe en 2014 à 122 k€ (95 k€ IRD, 20 k€ CNRS-INSU, 7 k€ OMP), soit une diminution d'environ 8 k€/an depuis 8 ans. Le financement du CNRS-INSU reste inchangé depuis 2008, à hauteur de 20 k€/an. L'essentiel du financement au niveau français vient de l'IRD. À noter que l'OMP finance le SNO à hauteur de 7 k€/an depuis 2007. Environ 20-25 % des crédits du SNO sont utilisés pour les rémunérations des observateurs locaux.

L'animation du réseau, essentielle compte tenu de l'ampleur de ce dernier, repose sur une réunion technique annuelle (dédiée uniquement au fonctionnement des instruments) et une réunion scientifique organisée tous les deux ans en Amérique du Sud. Le SNO a proposé en 2013 pour la première fois la tenue d'une journée scientifique de l'Observatoire HyBAm à Toulouse, constatant que l'ensemble des réunions avaient lieu en Amérique Latine, ce qui ne favorisait pas tellement la participation d'autres scientifiques de l'OMP ou d'autres chercheurs français potentiellement intéressés.

Le SNO HyBAm, de par sa taille, la qualité, la quantité et la diversité de ses données, suscite une forte attractivité de la part des communautés scientifique et opérationnelle. Sur le plan scientifique, les données du SNO ont permis la publication de plus de 300 articles dans des revues internationales sur la période 2003-2014. Ce taux de publication est en constante augmentation avec la publication d'un article par semaine depuis le début de l'année 2014. La participation à des conférences est aussi très importante avec plus de 700 communications orales ou sous forme de posters. Le SNO génère enfin un nombre important de projets de recherche dont 75 ont été financés à l'heure actuelle (ex. CLIM-AMAZON, FP7, 2.5 M€).

Sur le plan opérationnel, le SNO HyBAm semble avoir acquis au cours des années une légitimité auprès de chacun des pays lui permettant de regrouper l'ensemble des données hydrologiques du bassin de l'Amazone sur un seul et même site, ce qui n'est jamais très simple considérant les multiples difficultés diplomatiques entre les pays de la région. Les données du SNO sont ainsi régulièrement consultées par différents organismes gestionnaires des bassins versants. Le SNO fait office de forum de discussion sur l'eau en Amazonie, et joue un rôle de « point focal » pour l'ensemble des pays impliqués.

■ Conclusions

HyBAm constitue un dispositif unique au niveau national et international sur le site du bassin amazonien. Il jouit d'une excellente attractivité scientifique et opérationnelle dans un contexte climatique et anthropique en évolution et fournit des résultats sur l'impact de ces changements sur le cycle hydrologique et ses composantes biogéochimiques. La santé scientifique du SNO apparaît très clairement au regard du très fort taux de publication, du nombre de thèses soutenues (59 depuis 2003), du nombre de visites sur le site web et des projets de recherche qu'il engendre ou qui utilisent ses données. La mise à disposition des données est exemplaire

et le SNO remplit parfaitement, de ce point de vue, sa tâche de service. Sur le plan financier, le fonctionnement sur fonds récurrents français correspond au tiers du budget global, le reste provenant de contributions des partenaires étrangers. La stratégie de financement, qui repose sur un réseau principal et un réseau secondaire de mesures, permet de faire face à l'évolution des financements en arrêtant certaines stations du réseau secondaire. Il n'est pas envisagé à l'heure actuelle d'étendre le réseau de mesures mais plutôt de poursuivre celles qui sont actuellement effectuées. Si la baisse de financement se poursuit, la station située au Congo pourrait fermer.

Enfin, la question de la pérennisation et de la visibilité de HyBAm se pose. La participation du SNO au SOERE RBV est perçue par ses animateurs comme une opportunité – à durée limitée – d'échanger des informations et d'évoquer des pistes de coopération. Mais il est clair qu'HyBAm à lui seul constitue déjà, de fait, un réseau de bassins versants d'une ampleur dépassant celle de RBV. La stabilisation du SNO comme structure nationale paraît souhaitable compte tenu de sa réussite, et des nombreuses sollicitations qui en résultent (Etats, initiative régionale OMM/HYCOS, etc.).

KARST

En préambule au texte ci-dessous, il importe de savoir que ce texte prend une forme tangiblement différente de celle des divers rapports de visites des SNO réalisées entre fin 2014 et début 2015. Le fait est qu'à cette époque, le SNO Karst fraîchement construit et labellisé ne justifiait pas de visite. Il restait plus utile de laisser le service travailler pour, le temps venu, opérer une analyse mieux fondée du service d'observation. Néanmoins et dans le souci d'informer qui de droit sur les éléments fondateurs du SNO Karst et de son rôle dans le paysage national, sont rapportés ci-dessous les termes principaux que la CS SIC en 2014 a souhaité faire remonter aux porteurs du futur SNO, ainsi qu'une lettre de cadrage identifiant dans les grandes lignes les éléments de «conduite» du SNO au regard des attendus à sa labellisation.

Pour information également, il faut savoir que le SNO Karst, ainsi que le SNO Tourbières, sont les seuls services dont les labellisations (récentes) ont fait l'objet de tractations et de discussions argumentées et constructives entre les acteurs et le CNRS-INSU-SIC, l'idée étant de définir un périmètre de service et des missions auxquels les deux parties adhèrent. Au point, en particulier pour le SNO Karst, d'avoir fait l'objet d'une phase probatoire avant labellisation, permettant d'évaluer la viabilité du service et son niveau de pertinence, et également d'élaborer sa construction à proprement parler. Il semblait important de rappeler le fait, ne serait-ce que pour justifier l'absence d'une visite en 2014, mais également pour mieux argumenter la nécessité d'une visite future permettant de jauger des effets positifs (ou négatifs) d'une co-construction négociée.

■ Éléments remontés aux porteurs du SNO Karst par la CS SIC en juillet 2014

La CS SIC s'est fortement intéressée et impliquée dans la demande de labellisation d'un Service National d'Observation des hydrosystèmes karstiques. L'instance reconnaît bien volontiers le besoin impérieux d'observer ces objets «hybrides» entre bassin versant et réservoir souterrain. Dans la phase probatoire de développement d'un service d'observation, la CS SIC a apprécié sur le sujet les efforts consentis à propos d'organisation du questionnement scientifique, de protocoles communs de mesures, de développement de bases de données, et enfin, de modélisation.

Il est à peu près clair que les hydrosystèmes karstiques sont des objets largement sous-échantillonnés, où l'observation ne peut se substituer à des efforts importants de modélisation. On

doit aux acteurs du SNO naissant le fait de remettre au jour une approche systémique qui s'associe à une base formelle d'analyse-traitement du signal revisitée avec des outils modernes. On espère que l'ensemble aboutira à une vision renouvelée des systèmes karstiques dans laquelle les relations entrées-sorties ne sont pas dénuées de sens physique et, au contraire, renseignent sur les types de mécanismes qui régissent les transferts à l'œuvre dans l'hydrosystème.

La CS SIC s'est néanmoins interrogée sur certains points, gravitant tous ou presque autour du constat suivant. Ont été développées et argumentées à bon escient de multiples actions de recherche autour des cinq sites clefs du futur service d'observation. Les idées défendues sont certes recevables mais ont le défaut de brouiller en partie le message que l'on souhaiterait sur l'essence même de la notion de service d'observation. Chacun est conscient du fait que la diversité des approches ne nuit pas au questionnement scientifique mais ce dernier est du registre de l'activité de recherche et non de l'activité de service (quand bien même l'activité de service ne puisse se construire sans question de recherche et devenir orthogonale à l'activité scientifique). Dans une période où le CNRS, et le CNRS-INSU en particulier, doivent trouver de bons arguments pour justifier de l'ouverture de nouveaux services d'observation, le périmètre du service doit être particulièrement bien cerné (et en l'occurrence resserré!).

La CS SIC considère que la demande de labellisation d'un Service National d'Observation des hydrosystèmes karstiques est recevable. Elle donne donc un avis positif à cette labellisation, pour l'instant restreinte aux cinq sites fondateurs (du premier périmètre, selon l'expression employée dans le dossier de labellisation). Elle restreint également les contours de cette labellisation à l'information hydrodynamique, hydrométéorologique et physico-chimique qui fonde et alimente la vue renouvelée de modélisation systémique – traitement du signal des hydrosystèmes. En d'autres termes, alors qu'il est parfaitement concevable de mener des opérations de recherche et d'expérimentation ponctuelles (dans le temps et l'espace), elles n'entrent pas dans la contractualisation du SNO. Elles peuvent pour autant aider à affiner la vue sur le système, et le SNO sera bien évidemment encouragé à épauler des actions de recherche sur ses sites fondateurs. Cependant, le SNO ne sera attendu (et entendu, par exemple, sur la revendication de postes CNAP) que sur la base des données qui sont interopérables entre sites et qui sont supposées alimenter et conditionner l'approche «systèmes complexes» envisagée sur le karst. Ces mêmes données devraient par conséquent faire l'objet d'une bancarisation rigoureuse à même d'interpeller d'autres communautés qui, par

exemple, pourraient étalonner leur propre vue conceptuelle et de modélisation sur l'information fournie par le service.

Plus spécifiquement, s'agissant d'information sur le suivi physico-chimique des eaux, s'est également posée la question d'une exploitation plus poussée qui pourrait permettre, par exemple, que certains sites du second périmètre (toujours selon l'expression employée dans le document de labellisation) intègrent explicitement le service d'observation. Cette question mérite d'être posée. En l'occurrence, les services d'observation ne sont pas des structures figées dans le temps, même si le périmètre d'un service doit être aujourd'hui clairement défini.

La CS SIC fera parvenir aux porteurs un courrier de cadrage qui n'obère pas la labellisation « immédiate » du service. Elle est simplement assujettie à un accord explicite entre le groupe de recherche, son conseil scientifique et le CNRS-INSU pour que chacune des parties sache ce qu'elle est en droit de demander à l'autre. Par ailleurs, la CS SIC recommande vivement de poursuivre la bancarisation rigoureuse des données qui fondent les raisons du service. Ce dernier dispose d'information sur certains sites qui ont une valeur inestimable au vu des longues périodes de temps sur lesquelles leur acquisition a été menée. Ces données sont *a priori* parfaitement compatibles avec la vision renouvelée par le service d'observation des hydrosystèmes karstiques. Elles peuvent également intéresser de nombreux autres groupes de recherche qui opèrent des travaux sur des systèmes comparables. En ce sens, l'accès à l'ensemble des données (brutes mais correctement décrites) est l'élément majeur de service qui puisse être fourni et qui fera reconnaître la structure auprès de la communauté. Enfin, il faut savoir que d'autres SNO ou SOERE peuvent avoir des activités comparables ou complémentaires à celle du SNO Karst. Dans une mouvance de la recherche qui ne peut ignorer les travaux d'autrui, il serait bon de mener une analyse précise des liens qui peuvent améliorer collectivement les travaux réalisés par le SNO Karst mais également ceux du SNO H+ et du SOERE RBV pour ne citer que les structures thématiquement les plus proches.

■ Courrier de cadrage à l'attention du SNO Karst, octobre 2014

La CS SIC a examiné lors de sa réunion du 7 juillet 2014 votre demande de labellisation d'un Service National d'Observation des hydrosystèmes karstiques. Elle vous avait d'ailleurs envoyé à cette époque un message étoffé de ses commentaires et recommandations. Les termes de ce message restent d'actualité et inspirent la note ci-dessous qui devrait guider la mise en place de votre service.

La CS SIC a reconnu tout l'intérêt que présente une observation

inscrite dans la durée de ces objets karstiques, « hybrides » entre bassin versant et réservoir souterrain. Elle a également souligné la nécessité de développer des approches cognitives des processus en combinant observations de qualité et modélisation physique contrôlant les transferts, tant en termes hydrologiques que physico-chimiques. La CS SIC a également particulièrement apprécié les efforts réalisés pour formaliser de façon précise le questionnement scientifique, et pour définir et optimiser des protocoles communs de mesures, de développement de bases de données, et enfin, de modélisation. Elle émet donc un avis favorable à votre labellisation limitée aux cinq sites du premier périmètre (périmètre défini selon les termes de votre demande).

Néanmoins, la CS SIC a souhaité insister fortement sur trois points qu'elle souhaite voir mis en œuvre aussi rapidement que possible :

- la distinction doit être plus clairement établie entre activités relevant directement de la tâche de service liée à un Service d'Observation et celles relevant plus directement de l'exploitation ou l'utilisation de ces données dans le cadre de projets de recherche. Les activités de recherche impliquant les données recueillies sont essentielles pour montrer la pertinence du SNO mais elles relèvent structurellement et financièrement d'autres actions. Elles doivent donc être considérées comme telles et non comme relevant directement du SNO. Dans le même esprit, la CS SIC souhaite que vous lui adressiez rapidement une liste (nécessairement restreinte !) des variables essentielles, notamment hydro-météorologiques, qui devraient faire partie intégrante de votre service d'observation ;
- un Service d'Observation étant un service pour la communauté, les données acquises doivent être mises à disposition au travers d'une base de données ouverte et renseignée. C'est notamment au regard de l'usage qui sera fait des observations par les communautés nationale et internationale, au-delà du cercle des équipes impliquées dans le SNO, que la pertinence de votre service d'observation sera évaluée ;
- enfin, et même si la CS SIC a bien conscience que ce point nécessitera un peu plus de temps, elle vous recommande d'entamer des discussions avec les autres SNO, SOERE complémentaires au vôtre (comme H+ ou RVB) pour faire en sorte que se concrétise la plus-value scientifique qui devrait résulter de tels échanges.

En vous remerciant de vos efforts et du temps passé à œuvrer pour la communauté scientifique.

ObsERA – Observatoire de l'Eau et de l'Érosion aux Antilles

ObsERA est un SO labellisé en 2011 (SNO aujourd'hui), établi sur l'île de Basse-Terre en Guadeloupe. Il est principalement opéré par l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPG-P) auquel s'associent l'Université de Lyon 1 et l'Université de Bretagne Occidentale dont certains membres effectuent périodiquement des mesures sur site (imagerie aéroportée pour estimer l'exportation de matière solide par charriage dans le lit des rivières).

La justification d'un observatoire de l'eau et l'érosion sur la Soufrière de Guadeloupe repose sur le fait que le volcan est un modèle analogique « grandeur nature » des processus d'altération et d'érosion. La lithologie simple et quasi uniforme limite les artefacts dans les signatures des processus. Le système est sujet, sur de faibles distances, à deux gradients bien identifiés, originaux et actifs, à savoir : un gradient d'âge de la lithologie affleurante, donc des durées d'activité des processus, et un gradient hydro-climatique (essentiellement pluviosité), acteur majeur des conditions de forçage agissant sur les mécanismes d'érosion-altération puis de transport de matière sous forme solide et dissoute.

À l'image de ce milieu modèle naturellement construit pour identifier et comprendre les mécanismes d'érosion-altération, le corpus minimal des données de conditionnement est assez simple dans sa déclinaison (mais pas forcément dans son acquisition). Le SNO suit bien évidemment les paramètres classiques hydro-climatiques, le débit des rivières, la physico-chimie des éléments majeurs en solution dans l'eau, les exportations solides, particulaires et dissoutes. Élément important à ajouter, le suivi géochimique mené sur ObsERA s'est spécialisé dans l'export du carbone organique dissous et particulaire, répondant ainsi à de nombreuses questions prégnantes sur le cycle du carbone des surfaces continentales. On notera également plusieurs investigations « à titre d'expérience » sur l'acquisition de données d'aérosols.

ObsERA dispose de moyens logistiques importants pour un petit service, que l'on doit pour beaucoup à l'OSU IPG-P. Ce dernier opère également l'Observatoire (historique) Volcanologique et Sismologique de Guadeloupe (OVSG), et a mis en place une mutualisation intelligente des moyens, des infrastructures et des personnels. Ainsi, une physicienne adjointe du CNAP et deux agents techniques (ingénieur et technicien) de l'OVSG travaillent en permanence au fonctionnement *sensu stricto* du service ObsERA (0.5 ETP). Le porteur d'ObsERA est lui-même physicien du

domaine Terre Interne du CNAP et assure l'intégralité de sa mission « observatoire » (0.5 ETP) sur ObsERA. L'OVSG accueille également ObsERA dans ses locaux, partage des véhicules de service, rapatrie des échantillons vers les laboratoires de l'IPG-P en métropole, etc. La base de données d'ObsERA a été construite par l'OSU qui a affecté du temps de service d'un de ses enseignants-chercheurs à la gestion et la jouvence de la base de données et du site web.

Sur le plan strictement financier, ObsERA fonctionne avec une masse salariale (hors coût environné) de l'ordre de 120 k€/an et une entrée de liquidités de l'ordre de 75-100 k€/an. On ajoutera à cela environ 20 k€/an (non imputés au service) qui correspondraient aux frais d'occupation des locaux et autres moyens logistiques mis à disposition par l'IPG-P.

ObsERA affiche clairement que la recherche de financements contractuels n'est pas une priorité du SNO et argumente de manière parfaitement recevable en stipulant que : (1) le contexte économique et politique de la Guadeloupe n'est absolument pas propice au développement d'actions scientifiques (ni de R&D) concertées entre monde académique et société civile ; (2) le SNO a délibérément choisi de poser ses questions scientifiques sur des éléments précis, focalisés et pertinents, pour lesquels il dispose des moyens de documentation via l'observation aujourd'hui réalisée.

Alors que l'accès des infrastructures du SNO est pleinement ouvert, souhaité et sollicité (par exemple pour la conduite d'expérimentations menées par diverses équipes de recherche), le SNO ne dispose ni des moyens humains ni des moyens financiers autorisant une quelconque assistance.

ObsERA met à disposition librement et « instantanément » l'ensemble de ses données. Le service est jeune mais sa base de données est bien sollicitée pour une discipline peu représentée dans la communauté scientifique (à date, une centaine d'utilisateurs

recensés). Plusieurs raisons à ce succès relatif peuvent être évoquées. En premier lieu le service a choisi de mettre à disposition toutes les données prétraitées mais également l'ensemble des données brutes. En second lieu, les données acquises font l'objet quand cela est possible (données géochimiques, par exemple) de procédures de qualification standardisées et d'inter-comparaisons. Rien de très novateur en l'occurrence, mais le travail est fait. Si l'on écarte le rayonnement et l'attractivité engendrés par la recherche menée autour du SNO, les données sont l'essentiel de l'attractivité du service. On compte quelques éléments rarement vus ailleurs comme l'estimation du transport solide en fond de rivière par imagerie aérienne, les concentrations et flux de carbone organique dissous et particulaires exportés par les rivières, des expériences de laboratoire modélisant analogiquement la distribution des temps de séjour de l'eau dans les versants en phase d'altération, le monitoring sismique du déplacement des graviers dans les rivières.

ObsERA est membre du réseau national de bassins versants de recherche RBV. À ce titre, le service est pleinement inscrit dans une philosophie de partage et d'échange d'information alors même qu'au sein du réseau la problématique érosion-altération selon des vues quantifiées est loin d'être majoritaire. L'adaptabilité d'ObsERA est bonne par conséquent et le service lui-même reconnaît l'intérêt du réseau pour la synergie qu'il produit, le filtrage de nombreuses contraintes lorsqu'il faut motiver l'existence du service, l'aide dans les choix stratégiques à effectuer pour maintenir la qualité des observations et leur pertinence au regard de diverses questions scientifiques d'intérêt. ObsERA suggère qu'une mise en réseau de grande ampleur n'a de véritable intérêt que si le réseau est à même de renforcer en son sein au moins autant l'interprétation des données que la masse de ces dernières ou leur diversité.

A moyen terme, ObsERA estime qu'il n'a pas de raison particulière de grandir outre-mesure. Le travail engagé est récent, l'exploitation des données acquises mérite d'être amplifiée.

■ Conclusions

La qualité scientifique des résultats produits permet au SO de vivre sans difficulté majeure, de disposer d'une prospective scientifique non emphatique mais réaliste, qui marque incontestablement la communauté des spécialistes du domaine par son niveau d'efficacité.

Une mise en réseau nouvelle d'ObsERA dans un système plus vaste à l'échelle nationale ou internationale ne pourrait se faire, en l'état, qu'à la condition (peu probable) qu'elle n'engendre pas un surcoût d'activité.

La mise à disposition de données brutes est suffisamment rare pour être mentionnée. Elle a le mérite dans une démarche

scientifique bien construite de permettre de mieux appréhender toute l'information que la donnée contient. Cependant le format n'est peut-être pas compatible avec les attendus d'un réseau vaste dont on attendrait qu'il fournisse des fonds documentaires. En contrepartie, la mémoire complète de l'observation est préservée.

Dans un contexte d'internationalisation du service, les incursions spécifiques contribueraient sans conteste au rayonnement et à l'attractivité de l'ensemble.

Le milieu modèle que représente la Soufrière de Guadeloupe est un objet de recherche auto-suffisant si tant est que l'objectif soit d'analyser en détail les mécanismes et processus fondamentaux de l'érosion et de l'altération. Des incursions sur d'autres systèmes sont envisageables (la Réunion, par exemple), mais elles se motivent par l'envie de tester des méthodes et non de documenter exhaustivement. Par conséquent, ObsERA s'inscrirait sans difficulté dans une mise en réseau national de services d'observation sous couvert que ce réseau ne s'arrête pas à l'abondement de documentations sur le fonctionnement des enveloppes superficielles du système Terre. Cela étant, la base de données reste une fourniture indéniable et enviable à un réseau banalisé.

Le support fourni par l'OSU-IPG-P est fiable mais également moteur en termes d'efficacité et de pertinence scientifique. Cet atout rassure incontestablement sur le devenir d'ObsERA, quand bien même ce dernier ait à rejoindre des réseaux ou des infrastructures dont la justification serait en grande partie la lisibilité.

La revendication d'une meilleure synergie de réseau sur des aspects scientifiques d'interprétation des données (modélisation, par exemple) est légitime et devrait être travaillée au niveau supérieur.

Enfin, ObsERA n'est pas l'observatoire exhaustif des processus agents du fonctionnement de la zone critique. Néanmoins sa vision générale est réaliste et l'ouverture d'esprit de ses opérateurs augure d'une insertion humble mais efficace dans une infrastructure de recherche de grande dimension.

OHGE – Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement

■ Contexte et historique

Les activités de l'OHGE sont centrées sur le site du Strengbach, petit bassin versant de recherche expérimental de moyenne montagne (Vosges, France). De nombreuses données hydrologiques, géochimiques et météorologiques y sont acquises de façon quasi-continue depuis 1986. OHGE a été labellisé comme service d'observation par le CNRS-INSU en 2007 (SNO aujourd'hui).

L'OHGE a donc, au travers des études conduites sur ce bassin versant, un rôle de surveillance à long terme de l'environnement, du fonctionnement des écosystèmes et de leurs modifications en lien avec les perturbations naturelles ou anthropiques qu'ils subissent. Il s'inscrit clairement dans les grands enjeux environnementaux actuels de préservation des réserves en eaux douces et en sols, ainsi que des écosystèmes forestiers. Cet observatoire joue de plus un rôle essentiel de site opérationnel pour de nombreux projets de recherche en géochimie, hydrologie, écologie.

La genèse des observations au Strengbach (1986) a résulté de la nécessité de conduire une évaluation de l'impact des dépôts acides sur le dépérissement forestier et l'acidification des sols et des cours d'eau. Ce problème étant devenu moins prégnant, les recherches actuelles visent davantage à la compréhension du fonctionnement hydrogéochimique d'un écosystème forestier au travers de l'identification et la quantification des processus responsables des transferts d'éléments au sein et entre les différents compartiments et de l'évaluation de l'impact des perturbations (naturelles ou anthropiques) sur cet écosystème.

■ Activités récentes

Compte tenu de son instrumentation et de la longueur de ses chroniques, le site du Strengbach est bien adapté pour tester méthodes et outils. Il accueille ainsi de cinq à dix grosses opérations de recherche par an. Enfin, le site est utilisé comme support à l'enseignement (stages de terrain diversifié avec notamment analyse d'eaux de pluie, de ruisseaux, de sols, on suit les eaux dans les plaines, pédologie, analyse de forage...). Ainsi OHGE remplit de façon différenciée trois fonctions : service d'observation avec des séries de paramètres inscrits dans la durée ; site instrumenté

accueillant des équipes externes ; plateforme expérimentale *in situ* pour l'enseignement. On mentionnera également qu'OHGE est très fortement soutenu par le LHyGeS qui, en outre, en a fait un axe transverse de son activité scientifique. Les personnels sont clairement motivés et investissent apparemment énormément pour faire tourner le service.

Les chroniques de données acquises sont, pour certains paramètres et variables, très longues (plus de 20 années!) et de telles chroniques restent très rares. Elles sont donc parfaitement adaptées à des analyses visant à déterminer les différentes échelles de la variabilité observée. Il y aurait là un fort potentiel de valorisation des données acquises et également les moyens de mieux justifier et optimiser les mesures dans la durée. Ceci est d'autant plus vrai que les procédures utilisées sont bien spécifiées et la qualité des analyses chimiques est régulièrement attestée au travers de campagnes d'inter-calibration internationale.

Un gros effort a également été consenti pour le stockage et l'archivage des échantillons collectés (hydrothèque, pédothèque...) dans l'optique de réaliser des mesures ultérieures. Il s'agit d'une approche assez originale mais également coûteuse en moyens de diverses natures. Elle mérite donc qu'aujourd'hui une réflexion approfondie soit conduite sur le type d'échantillons à conserver. Par ailleurs, certains échantillons étant maintenant conservés depuis plusieurs années, ils pourraient constituer la matière, au travers d'un contrat de recherche, pour une étude intéressante sur la conservation ou non de différents éléments et espèces chimiques dans la durée. Ceci contribuerait également à mieux asseoir la stratégie de conservation.

De façon plus générale, le fort investissement des personnels pour assurer l'acquisition des données a pour conséquence une moindre implication dans le traitement et la valorisation des données. L'équilibre entre ces deux activités doit impérativement être rétabli pour que le SNO garde son intérêt et son dynamisme scientifique.

Compte tenu à la fois de l'évolution des thématiques et du contexte régional, la collaboration informelle qui semble s'être mise en place avec l'INRA de Nancy gagnerait à être formalisée pour conduire à un partenariat plus affirmé. Les compétences de l'équipe de Nancy

sur la partie écologique semblent aujourd'hui nécessaires pour mieux comprendre l'évolution de ce bassin versant, notamment dans un contexte de changement climatique où l'écologie forestière risque d'être affectée.

Le principal problème concerne la base de données qui est peu fonctionnelle, difficile à maintenir et ne comporte pas d'outils d'extraction modernes. Il nous a semblé que les ressources ad hoc pour développer et adapter une architecture de base de données correcte (qui représente au maximum la mobilisation d'un ingénieur base de données à mi-temps pendant un an) existaient au sein de l'EOST mais qu'elles semblent difficiles à mobiliser en raison d'un cloisonnement par service d'observation des ITA.

Enfin, les participants semblent très favorables à un regroupement des SNO tel qu'envisagé, RBV étant déjà de fait dans le paysage.

■ Conclusions

L'OHGE a fait ses preuves en matière d'observations continues comme l'attestent ses chroniques exceptionnelles. Il a également su évoluer thématiquement. Il effectue des suivis adaptés à ses objectifs mais sert aussi de support à des travaux de recherche de qualité conduits par d'autres équipes. Les points sur lesquels il faut être attentif concernent :

- la capacité des acteurs à assurer l'équilibre indispensable entre acquisition, traitement et valorisation des données (ce dernier point ne devant pas être sacrifié) ;
- l'indispensable mise à disposition par l'OSU de l'équivalent de 6 hommes-mois de son ingénieur base de données pour assurer la mise à niveau de la banque de données OHGE ;
- la nécessaire ré-analyse des stratégies de mesure et de stockage d'échantillons au vu du retour d'expérience de plus de 20 ans ;
- le rapprochement avec l'INRA de Nancy, qui donnerait une meilleure assise scientifique et politique (notamment sur le plan régional) à OHGE.

OHM-CV – Observatoire Hydro-météorologique Méditerranéen Cévennes-Vivarais

OHM-CV est un service d'observation de l'OSUG depuis 2000, il a été labellisé ORE en 2002 et 2005, et SO CNRS-INSU en 2006 (SNO aujourd'hui). Il vise à documenter les phénomènes hydrométéorologiques extrêmes affectant les zones méditerranéennes françaises dans un double contexte de changement climatique et de pression anthropique. En termes scientifiques, l'effort porte principalement sur l'étude et la compréhension des pluies intenses et les crues-éclair. Plus précisément les objectifs scientifiques sont les suivants :

- compréhension du fonctionnement hydrologique des bassins versants soumis aux pluies intenses en région méditerranéenne ;
- amélioration de la chaîne de prévision hydrométéorologique et sociale (comment améliorer la prévision des pluies intenses ? Comment améliorer la prévision de la réponse hydrologique, en mode distribué et à l'échelle régionale ? Comment réduire l'impact sociétal de ces événements extrêmes ?) ;
- comment l'occurrence de ces événements et leurs impacts vont-ils évoluer dans un contexte de changement climatique et de pression anthropique accrue ?

On notera également que ce SNO a été ces dernières années un élément important de la définition de la campagne internationale HYMEX et en retour le cadre fourni par cette campagne va sans doute conduire à une valorisation renforcée de l'exploitation des données.

La stratégie d'observation peut (un peu brutalement) se résumer (1) au développement d'un site-pilote de méso-échelle dans la région Cévennes-Vivarais ; il s'agit d'une stratégie d'observation multi-échelles sur bassins versants emboîtés (bassin des Gardons, bassin de l'Ardèche) ; (2) à l'acquisition de retours d'expériences pluri-disciplinaires suite aux épisodes les plus extrêmes se produisant sur l'ensemble des régions méditerranéennes ; (3) à l'utilisation des

archives existantes sur la période historique récente.

Les variables physiques mesurées sont celles nécessaires pour étudier les phénomènes hydrométéorologiques : pluie (pluviomètres, GPS, radar), humidité des sols, infiltration, résistivité des sols, flux de sub-surface, hauteurs d'eau et débits, charge en matière en suspension des rivières, suivi géochimique de l'eau de pluie et des écoulements lors des événements de pluie intense... Pour ce qui concerne le retour d'expérience, il s'agit d'enquêtes menées chez des particuliers visant à la fois à récupérer des observations physiques telles que perçues par les populations mais également à étudier les situations, les comportements, les facteurs de vulnérabilité avant, pendant et après ces événements. Comme mentionné, le SO essaie également d'élargir les chroniques en intégrant des données, si ce n'est historiques, au moins d'un passé récent. Ce point a été moins détaillé lors de la visite. Comme l'objectif est d'étudier des événements extrêmes, ces mesures sont naturellement inscrites sur une durée assez longue, afin d'obtenir un nombre significatif d'événements.

Concernant les données, on en trouve trois types différents :

- données « recherche » à petite échelle sur les supers-sites et le long de transects ;
- données « opérationnelles » (Météo-France, Electricité de France, Services de Prévision des Crues), avec mise en forme et analyse critique de ces données prises dans leur ensemble. La base de données est le SEVnOL qui permet la diffusion des données opérationnelles critiquées et élaborées (les données opérationnelles directes « non traitées ne sont pas diffusables ») ;
- données des retours d'expérience : niveau d'eau et débits max atteints, témoignages (dynamique de l'inondation, historique, perception et comportements).

Toutes les données sont en libre accès via SEVnOL qui est un

Système web d'Extraction et de Visualisation des données de l'Observatoire en Ligne. On peut récupérer les données sous forme de Fichiers.zip contenant les données de chaque variable, groupe de variables ou les produits, directement sur <http://www.ohmcv.fr> ou sur demande pour les demandes spécifiques ou pour assistance. Les données sont également sur BD HyMeX et certaines sur BDOH.

Le SNO a des liens avec RBV (pour beaucoup sur des aspects météorologiques et sur les bilans de matière et d'énergie à l'échelle du bassin versant élémentaire), OSR (Observatoire des Sédiments du Rhône) pour l'hydrométrie et le partage des informations sur les prévisions météo, et les autres SNO en partie opérés par la place grenobloise (choix technologiques, notamment de gestion de données). Il y a également eu quelques tentatives, notamment dans le cadre d'Hymex, de fédération des actions des observatoires hydrométéorologiques au niveau européen. OHM-CV est aussi impliqué dans eLTER (AO H2020 INFRAIA).

En termes d'effectifs, le SNO compte environ 9 ETP dédiés aux observations (en moyenne 2009-2014), auxquels il faut rajouter environ 13 ETP impliqués dans la valorisation recherche des données du SNO.

Les moyens financiers dont dispose le SO sont (1) des moyens dits « directs » : CNRS-INSU (de 71 à 30 k€), OSUG (de 5 à 20 k€), Rhône-Alpes (une année, quelques k€), SOERE RBV (quelques k€); (2) des moyens dits « indirects » via de l'équipement ou des moyens humains : CNRS (CDD AI 3 ans), CNRS-INSU MISTRALS (estimation de 14 à 28 k€), ANR (PrefiFlood, FloodScale, MobiClimEx, Extraflo...), LabEx OSUG@2020 (CDD 4 mois), le financement récurrent (30 k€ CNRS-INSU) permettant de faire fonctionner correctement le SNO. Le paysage est toutefois complexe (SNO, SOERE, ANR, Europe...) et déstabilisant (même si au dire des porteurs : « les projets MISTRALS et ANR récents ont permis de doper nos observations et nos recherches »).

Concernant les possibles regroupements, si des plus-values possibles (échanges scientifiques et techniques, mise à niveau sur des systèmes d'observation, des techniques de traitement et de diffusion des données) sont identifiées, beaucoup de questions et d'interrogations ont été soulevées parmi lesquelles on trouve celle de la légitimité d'un porteur de cluster à piloter des SO qu'il connaît peu, et dont il est éloigné géographiquement. Ces clusters ne doivent pas constituer une couche de plus par rapport aux SOERE existants; le travail de fond ne peut se faire qu'au sein de petites équipes. En clair, si les acteurs du SNO sont favorables à contribuer à un cluster thématique, ils ne souhaitent pas une fusion qui conduirait à éteindre les objectifs spécifiques du SNO.

OHM-CV (du moins les porteurs grenoblois, étudiant le bassin de l'Ardèche) a une vision très claire (et convaincante) de son évolution

naturelle en termes scientifiques, relationnels et d'animation, au cours des dix prochaines années avec des objectifs, déjà déclinés en action à engager (comme sur les problèmes d'étiage et de qualité des eaux). Les équipes travaillant sur le bassin des Gardons (de même que les opérationnels) étant absentes lors de cette visite, il est impossible d'en savoir plus sur leur projet.

■ Conclusions

Globalement, ce SNO tourne bien, les données sont acquises, mises à disposition, et très utilisées dans de nombreux programmes, notamment ANR. Il a contribué à la réflexion ayant conduit à la genèse d'une campagne internationale de grande ampleur (HYMEX) et a joué un rôle essentiel lors du déroulement de ce programme. Il traite pleinement ses objectifs avec notamment une dimension sociétale réelle basée sur des actions concrètes et originales. Il a une vision claire de son évolution pour les prochaines années (y compris dans sa participation au SOERE RBV) et l'équipe de direction est dynamique, soudée et motivante. Les moyens financiers et humains semblent correctement dimensionnés.

OSR – Observatoire Spatial Régional

OSR est un Service d'Observation du CNRS-INSU depuis 2007 (SNO aujourd'hui). Etabli en région Midi-Pyrénées, il est porté par l'UMR 5126 CESBIO ; c'est l'un des dispositifs d'observation de l'OMP. OSR s'est construit sur la pérennisation de sites consacrés dès 2001 à la préparation des missions spatiales SMOS puis VENUS (acquisition de données SPOT, mesures micrométéorologiques puis mesures de flux turbulents de H₂O et CO₂ à partir de 2004). Un an avant sa labellisation par le CNRS-INSU, OSR fut labellisé par le Pôle Aerospace Valley.

Les objectifs généraux d'OSR sont de comprendre, modéliser et prévoir le fonctionnement et les évolutions des surfaces continentales aux échelles de l'écosystème, du paysage et de la région ; et de développer les bases scientifiques pour la gestion stratégique des territoires en réponse aux changements climatiques et anthropiques. La stratégie de recherche est de mettre au point des méthodes permettant de couvrir de grands territoires régionaux et de favoriser des approches territoriales, notamment par des suivis pluriannuels à haute résolution spatiale. Dans ce contexte, un poids important est mis sur le « spatial », d'une part par la télédétection, considérée ici comme un outil d'observation au même titre que la collecte de données au sol, mais aussi par l'aérien, la géomatique, etc. Sur cette base, l'OSR se présente comme un SNO au service de thématiques de recherche couvrant les changements d'occupation des sols, l'évolution des pratiques et usages, le suivi des flux et bilans, la simulation du rendement des cultures, l'estimation des besoins en eau de ces dernières, le calcul des bilans spatialisés de GES, l'analyse de l'efficacité d'utilisation de l'eau par les cultures, etc.

L'OSR repose sur (1) une zone historique comprenant un site atelier d'environ 50 x 50 km localisé autour de Toulouse et comportant maintenant quatre parcelles instrumentées (deux sites historiques de cultures, un site de prairie et un site de montagne plus récents), et (2) une extension de cette zone au grand sud-ouest et au massif pyrénéen. L'ensemble du site atelier fait l'objet d'un suivi par télédétection, à la fois régulier (au moins une image par mois) et à fine échelle (10 à 20 m de résolution). Une gamme d'échelles emboîtées est ainsi couverte (parcelle – paysage – région), avec une approche spatialement explicite. Un point fort de l'OSR est de permettre

des études sur des échelles de temps relativement longues (par exemple, évolution d'indices de végétation sur divers sites et sur une douzaine d'années, permettant de mettre en évidence les caractéristiques exceptionnelles de telle ou telle année ou saison). Si un poids important est mis sur les cultures (60 % de l'occupation des sols), l'OSR prend également en compte prairies, forêts, montagne, en partenariat avec d'autres entités (UMR Dynafor, UMR Geode, Ecole d'Ingénieurs de Purpan).

Les données de télédétection acquises sur la zone sont principalement issues de la filière SPOT (2, 4, 5) et comprennent également des images Formosat-2 (près de 250 images au total acquises depuis 2006, constituant une chronique remarquablement longue d'observations à fine échelle). L'équipement des deux sites historiques de culture (Lamasquère et Auradé) comprend des mesures micrométéorologiques (composantes du bilan radiatif, température et humidité de l'air, pression, vitesse et direction du vent, précipitations, profils dans le sol, hauteur de nappe...) et des mesures de flux (vapeur d'eau et gaz carbonique par covariances turbulentes, N₂O par chambres, chaleur dans le sol...); 135 mesures sont ainsi réalisées en continu, à des fréquences variables (de l'ordre du quart d'heure à l'heure). Elles sont complétées par des mesures biologiques occasionnelles permettant le suivi de la végétation et du sol (phénologie, indice foliaire, biomasse, teneur en azote des feuilles, carbone et azote du sol...). Quelques mesures supplémentaires peuvent être effectuées sur un site ou un autre (CO₂ du sol par chambres, concentration en CO₂ dans l'air, etc.). Les deux sites les plus récents sont en cours d'équipement. En plus de ces données mesurées sont collectées sur un grand nombre de parcelles (350) un ensemble d'informations liées à leur état de surface, aux opérations techniques réalisées, aux doses d'irrigation, aux statistiques de rendement, etc.

De manière générale, il n'est pas très facile de se faire une idée claire de ce qui est réellement mis dans la base de données, en raison d'une part du caractère évolutif de l'équipement des sites (chaque thèse a généré de nouveaux besoins de mesure), et d'autre part du manque de visibilité sur ce qui est du ressort de l'équipement « de base » des sites et de ce qui provient de mesures ponctuelles installées dans le cadre de projets de recherche. Par ailleurs, les procédures de « maturation »

de la donnée ne sont pas de la plus grande clarté et peuvent conduire à différer leur mise à disposition d'un laps de temps relativement important (une année). La participation de l'OSR à l'infrastructure ICOS devrait permettre une clarification de la liste des variables « nominales » et des différentes procédures de calibration, validation et traitement des données, qui répondront à terme à un protocole unique pour l'ensemble des sites ICOS. Actuellement, la mise à disposition des données n'est pas aussi simple que pour d'autres SO et ne concerne que les données brutes (variables climatiques, données de flux sans traitement lourd...). L'élaboration d'un système d'information SIE est en cours, avec l'objectif de rendre directement accessibles les données élaborées.

Les moyens humains dédiés à l'OSR peuvent être évalués à 5.3 ETP. Le SNO est placé sous la responsabilité de deux scientifiques (0.2 ETP) et d'un IR CNRS faisant fonction de chef de projet (0.3 ETP). De nombreuses personnes du CESBIO sont impliquées dans des tâches liées aux données instrumentales (2.3 ETP), aux données spatialisées (1 ETP) et aux données satellitaires (0.5 ETP), ainsi qu'au serveur d'information (1 ETP). Le recrutement récent (automne 2014) d'une physicienne-adjointe du corps des CNAP devrait être l'occasion à court terme de remanier l'organigramme, avec mise en place d'une cellule de pilotage opérationnel sous la responsabilité de l'agent du CNAP, et de cinq tâches animées chacune par une personne (observations terrain, partenariats, observations satellitaires, système d'information, modèles). La responsabilité scientifique de l'OSR serait dévolue à deux comités de pilotage (un interne, un de l'observatoire).

Le montant total des financements sur lesquels repose l'OSR est, hors-projets de recherche particuliers, de l'ordre de 150 k€ sur les trois dernières années (dont 45 par le CNRS-INSU et 4.5 par l'OMP, le reste provenant de ICOS et d'autres programmes). Le coût annuel de fonctionnement est de l'ordre de 40 k€ par site; 400 k€ d'investissement ont été dépensés depuis 2009 (800 depuis 2004); le coût en personnel est estimé à 280 k€ par an. Le coût des images satellitaires est pris en charge par le CNES.

Les données recueillies dans le cadre de l'OSR constituent néanmoins un jeu de données original pour l'analyse à plusieurs échelles des flux et bilans d'eau, de carbone et de GES des agro-écosystèmes en régions tempérées. De nombreux projets de recherche s'appuient sur ces données, en local mais aussi sur la scène internationale puisque l'OSR revendique une utilisation par environ 140 groupes dans le monde. Les principales thématiques concernées sont: la dynamique des bilans d'eau, de carbone et de GES, l'efficacité d'utilisation de l'eau par les cultures, les stratégies d'analyse multi-échelle des flux et des bilans, la variabilité temporelle des paramètres de surface, la cartographie de l'occupation du sol et des états de surface, la

prévision du rendement, la gestion de l'irrigation, l'évaluation de modèles, la CAL/VAL de produits satellitaires, etc. Il faut noter qu'au-delà de la communauté scientifique, les données de l'OSR sont également valorisées dans le cadre d'un partenariat local: chambres d'agriculture, organismes techniques et professionnels, coopératives, UMT Eau, UMT Tournesol...

L'OSR est intégré dans plusieurs réseaux internationaux: ICOS, Fluxnet, JECAM (Joint Experiment for Crop Assessment and Monitoring, réseau d'observatoires dédiés à l'agriculture). Il revendique des liens avec la ZA PYGAR et plusieurs systèmes d'observations (OPCC, OHM-CV, RBV...). Au dire de ses responsables, la visibilité de l'OSR auprès des partenaires publics est largement perfectible; une politique d'accès aux jeux de données moins restrictive est envisagée, y compris à destination des acteurs (industriels, sociétés de service, partenaires socio-économiques...).

■ Conclusions

Il s'agit d'un SNO actif, aux contours relativement bien délimités, et produisant des données utiles et utilisées. Plus que pour d'autres sans doute, la raison d'être de ce SNO découle, au départ, de besoins propres du laboratoire porteur. Au bout d'une dizaine d'années, on constate toujours une très forte interpénétration entre SNO et UMR porteuse; le nouvel organigramme en chantier du SNO couvre en fait l'ensemble des activités du CESBIO. Il n'est pas ainsi facile de faire la part des choses entre ce qui tient d'une activité SNO au sens strict, au service de la collectivité, et ce qui résulte non seulement des activités de recherche pilotées par le laboratoire porteur, mais aussi des activités de préparation des missions spatiales, ainsi que des activités liées à KALIDEOS (programme CNES de développement de bases de données de télédétection de référence à destination de la communauté scientifique, qui diffuse, entre autres, des données OSR). Le manque de visibilité immédiate sur les variables disponibles, ainsi que la relative lourdeur des procédures d'accès aux données présentes sur la base, témoignent de cet état de fait. Par ailleurs, l'évolution du paysage international (ICOS) et national (pôle THEIA) va directement modifier les conditions de production des données de l'OSR, qu'elles soient instrumentales (mise en place des protocoles ICOS et de la livraison en temps réel des données) ou qu'elles proviennent de la télédétection (THEIA devenant, de fait, la structure française en charge de la production et de la mise à disposition des couches de données spatiales). L'arrivée prochaine des produits Sentinel, enfin, va pousser au passage à une échelle supérieure (bassin Adour-Garonne, transect Sud-Ouest-Espagne-Maroc). L'ensemble de ce contexte pose la question du positionnement de l'OSR à terme (quel centre de gravité?) et de son rôle pour la communauté.

TOURBIÈRES

«**T**ourbières» est un Service du CNRS-INSU depuis 2011. Il est porté par l'UMR ISTO et l'OSUC (Orléans); sont également associés les UMR Chrono-Environnement et l'OSU THETA (Besançon), ainsi que l'UMR EcoBio et l'OSUR (Rennes). Chacune de ces entités dispose d'un site expérimental (tourbière à Sphaignes), l'ensemble constituant le réseau Tourbières: La Guette (Cher), Frasné (Doubs), Landemarais (Ille et Vilaine), respectivement. Ces trois sites font également partie de trois Zones Ateliers du CNRS-InEE: ZA Loire, ZA Arc Jurassien et à terme ZA Armorique, respectivement. À noter qu'un quatrième site a récemment rejoint le SNO Tourbières, celui de Bernadouze (Ariège), géré par les UMR Geode et Ecolab (Toulouse), faisant partie de l'OHM CNRS-InEE Haut Vicdessos.

Les objectifs généraux du SNO Tourbières sont de suivre, comprendre et modéliser le fonctionnement de tourbières tempérées. Les tourbières représentent un écosystème particulier à l'échelle globale: bien que comptant pour une faible proportion de la surface totale (environ 3 %), elles renferment un tiers du stock global de carbone. Leur grande sensibilité aux perturbations climatiques, hydrologiques et biologiques en font ainsi un sujet d'étude particulièrement important, d'autant que, faute de connaissances adéquates, leur comportement n'est pas pris en compte actuellement dans les modèles climatiques globaux. Le SNO cherche avant tout à suivre les flux de carbone de ces écosystèmes et à documenter l'effet des changements climatiques et anthropiques sur le cycle du carbone et les processus biogéochimiques qui le régissent, ainsi que sur les cycles des principaux nutriments (N, P) et les flux des différents gaz à effet de serre. L'intention est d'aborder simultanément plusieurs échelles spatiales: parcelle, écosystème, région. La mission du SNO est également de constituer et mettre à disposition une base de données, ainsi que de favoriser le développement d'expérimentations relatives au fonctionnement des tourbières.

Bien que tous sous régime climatique tempéré, les quatre sites instrumentés du SNO présentent des conditions pédoclimatiques contrastées et se placent sur un gradient altitudinal s'étendant de 150 à 1500 m. Un ensemble de 38 paramètres y est actuellement mesuré, relatif à la météorologie (précipitations, rayonnement, température et humidité de l'air...), l'hydrologie (débits, bilans hydriques, niveau de nappe, teneur en eau du sol...), la biogéochimie (FDOM, conductivité, turbidité, cations et anions majeurs, COD...) et les flux de

C (gazeux, dissous, particulaire). Les parties hydrologiques et météorologiques sont les plus avancées. Une partie des mesures est automatisée, de façon inégale selon les sites; un ensemble d'éléments de contrôle et d'assurance qualité a été défini, sur la base des protocoles ICOS. L'objectif à court terme est d'homogénéiser l'instrumentation et les protocoles entre les différents sites. À plus long terme il s'agit de développer un système de tour à flux sur chaque site, permettant la mesure directe, automatique, des flux nets de CO₂ atmosphériques, et donnant également le ticket d'entrée dans les réseaux internationaux de mesure des flux, notamment ICOS. Pour l'instant, seules des mesures de flux par chambres sont effectuées.

Une originalité du SNO réside dans le fait que chacun des sites dispose de son propre dispositif d'expérimentation, utilisable pour des projets de recherche: rehaussement du niveau de la nappe (Frasné, La Guette), manipulation de la végétation (La Guette), coupe forestière (Bernadouze, prévu en 2015), restauration après extraction industrielle de la tourbe (Landemarais).

Les données sont acquises depuis 2008 pour les premiers sites. La mise en place d'une base de données unique, ainsi que la construction d'un site web dédié au SNO sont en cours. À noter que le développement de la base de données a été confié à une entreprise privée; à terme, il est souhaité de pouvoir disposer d'une base de données, très vraisemblablement affecté à l'OSUC pour un meilleur partage des moyens et un pilotage de l'outil proche de la coordination du SNO. De fait, l'utilisation des données reste encore restreinte à quelques scientifiques locaux (publications sur la caractérisation de site, l'étude de processus, la modélisation), à l'enseignement et aux collectivités locales. L'ouverture vers l'extérieur est prévue pour 2016; une fois validées, les données seront disponibles auprès d'utilisateurs identifiables par DOI, sous réserve de l'engagement à citer la source des données.

En termes d'effectif, le SNO fonctionne actuellement sur la base de 4.2 ETP, dont 1.05 ETP affectés à des tâches transversales. Le reste est réparti entre les quatre sites, du plus «petit» (Landemarais, 0.4 ETP) au plus gros (La Guette, 1.25 ETP). La gouvernance du SNO repose sur une coordinatrice scientifique, un comité scientifique ouvert sur l'extérieur (mais qui ne s'est pas encore réuni), un comité de pilotage et l'OSUC agissant comme structure support (0.25 ETP, soutien financier, appui à projets). Chacun des sites dispose

d'un responsable scientifique local, appuyé par un certain nombre d'agents. Un physicien-adjoint du corps des CNAP est responsable des tâches de service transversales (coordination opérationnelle, coordination des projets de recherche, suivi des développements instrumentaux et des données, exploitation de ces dernières). Quatre thèmes scientifiques ont en outre été définis, avec chacun deux coordinateurs et des relais locaux (Météo/GES, Hydro/Cartho, Biogéochimie, Biodiversité/Téledétection), ainsi que trois thèmes transversaux autour des données, de la modélisation et de la valorisation.

Depuis son démarrage effectif en 2012 le SNO dispose d'une dotation annuelle CNRS-INSU comprise entre 15 et 20 k€ et d'un financement OSUC d'environ 5 k€. La partie la plus importante des apports financiers provient de projets de recherche, de Labex (Voltaire, DRIIHM) et du soutien de la Région et du CPER. Le coût de l'équipement d'un site complet est estimé à 210 k€. Compte tenu de l'état d'avancement des sites, on ne dispose pas encore de chiffrage du coût de fonctionnement annuel ; sur la base de ce qu'on peut observer dans des contextes similaires (OSR notamment), on devrait s'acheminer à terme vers un coût annuel hors salaires de l'ordre de 30 k€ par site, avec une mobilisation en personnel d'environ 1 ETP par site (0.5 ETP de personnel technique, 0.5 ETP de doctorant).

Le montage du SNO a permis le renforcement de liens déjà existants entre les équipes impliquées, et a également suscité le montage de nouveaux projets. Un appel d'offres interne au SNO permet en particulier de sélectionner chaque année un projet transversal. Si les relations régionales et nationales sont largement le fait des membres eux-mêmes du SNO, des liens ont été tissés entre celui-ci et diverses instances : ZA Armorique, ZA Loire, ZA Arc Jurassien, SNO Dynalit, SOERE F-ORE-T... L'implication des personnels dans une recherche partagée et collaborative est réelle. Néanmoins, l'ouverture à l'international de la plateforme expérimentale du SNO et des données acquises est encore timide. On peut noter la participation à un projet ANR impliquant un site de haute latitude (Sibérie), et le montage en cours d'un réseau européen (SIBERCLIM) ; le SNO devrait à terme rejoindre le réseau ICOS, une fois que l'équipement des sites sera à niveau.

■ Conclusions

De création récente, le SNO Tourbières est toujours dans une phase d'installation, de déploiement et d'harmonisation. Tout semble en place pour que les choses avancent : des animateurs actifs, des équipes motivées, des sites adéquats et complémentaires, une structure de gouvernance établie, un « créneau » scientifique clair, l'appui de structures locales (OSU,

Université, Région...), un environnement contractuel plutôt favorable (ANR, Région, Labex...), un équipement de terrain qui commence à produire de la bonne donnée, une valorisation déjà effective des premiers résultats (ANR Peatworm).

Sur le plan thématique, il est toutefois souhaitable de mener un effort de clarification : d'une part sur la problématique de la biodiversité (liens diversité-fonctionnement, indices et indicateurs...), les tourbières apparaissant comme un beau terrain de jeu pour cela ; d'autre part sur la modélisation, annoncée comme fédératrice mais encore peu développée (peut-on définir un cadre général de modélisation, pour quels objectifs, avec quels partenaires éventuels?). Sur un plan stratégique, un autre effort doit être poursuivi sans plus attendre : établir une véritable politique de mise à disposition des données et organiser cette dernière. Au-delà du travail actuellement confié à une entreprise (GéoHyd), la suggestion est de contacter le centre INRA d'Orléans, qui héberge un service spécialisé sur la constitution et la gestion de bases de données environnementales.

Enfin, au-delà du « créneau » scientifique bien défini sur lequel se situe le SNO, il est légitime de poser la question des communautés auxquelles il pourrait naturellement se rattacher. Si la piste des « zones humides » a été évoquée lors de la visite du comité, il est vite apparu qu'elle n'était gère pertinente (fonctionnements et enjeux très différents). En revanche, les équipes ou structures travaillant autour des flux de surface (SNO ACBB, OSR et pour partie GLACIOCLIM ; SOERE F-ORE-T...) semblent être des interlocuteurs naturels, notamment par leur centrage sur les flux constitutifs du bilan d'énergie et les flux de GES, le type d'instrumentation déployée, et par les thématiques scientifiques abordées (cycle du C, fonctionnement, production primaire, biodiversité...). Dans cet esprit, le SNO Tourbières a tout intérêt à rejoindre au plus vite le réseau ICOS, qui lui donnera une meilleure visibilité et l'associera à une communauté de spécialistes de la mesure des flux de surface ; la condition pour cela étant bien entendu de pouvoir équiper complètement au moins l'un des sites du SNO. La participation envisagée à un réseau européen sur les tourbières, envisagée par le SNO, paraît également tout à fait pertinente : transect altitudinal et continental français, transect longitudinal et continental européen.

DyNALIT- DYNAMIQUE DU LITTORAL ET TRAIT DE CÔTE

Il s'agit d'un réseau de 15 sites élémentaires, 14 sur le littoral métropolitain entre Manche-Mer du Nord, Façade Atlantique, Méditerranée, auxquels s'ajoute un site à la Réunion. On dispose aujourd'hui d'un système bien déployé qui permet d'identifier des indicateurs de position du trait de côte selon divers contextes hydrodynamiques, morphologiques et géologiques. Les mesures acquises de longue date pour certains sites sont la clef de conditionnement de modélisation de l'érosion, du transport sédimentaire, de l'hydrodynamique littorale et côtière. Les travaux engagés sur la base des données acquises sont également mis en perspective devant diverses questions sociétales prégnantes comme la gestion et l'aménagement des zones littorales dont chacun sait qu'elles évoluent très rapidement en France et plus généralement dans le Monde.

Le réseau agrège des sites mais également de multiples compétences en hydrodynamique, morphodynamique, géomorphologie, érosion auxquelles on peut ajouter la maîtrise d'outils de modélisation et d'acquisitions diverses : topographie haute résolution, bathymétrie, courantométrie... La diversification des sites est là pour répondre à la question d'une analyse « exhaustive » des conditions de modification du trait de côte en fonction de la variabilité des contextes géologiques hydrodynamiques ou encore d'anthropisation. Les équipes détentrices du foncier de chaque site ont souvent leur propre spécificité en termes de compétences. Mais ces dernières ne sont pas exclusives, ce qui permet à l'ensemble du réseau de se comprendre, de monter des expérimentations communes et de travailler sur l'interopérabilité des données acquises. Dans l'ensemble la synergie de réseau est bien comprise et s'améliore avec le temps. On notera que le SOERE s'est fortement impliqué dans la réflexion nationale ayant cours aujourd'hui à propos du Littoral. Ainsi les questions de Science sont portées dans le cadre plus général des actions entreprises par RESOMAR (réseau des stations marines). Le SNO devrait également constituer la base du système d'observation que souhaite développer la « Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte » voulue par le MEDD. Il y a donc une cohérence claire dans le réseau lui-même et dans son positionnement national.

Les données sont actuellement correctement gérées et accessibles. Il n'y a pas encore de système commun pour l'ensemble du réseau. Il faut par conséquent aller chercher l'information sur des serveurs dédiés gérés par chacun des groupes constitutifs du réseau. La mise en commun de l'ensemble est l'objet de diverses réflexions, non aidées il est vrai par la faible capacité nationale à proposer des solutions. Cela étant le réseau travaille à l'essentiel, à savoir : disposer de protocoles communs de mesures, de capacité d'assimilation des données dans des modèles, d'interopérabilité entre données acquises séparément.

La fédération d'équipes de recherche est essentiellement le fait du regroupement des équipes détentrices du foncier des sites mis en réseau. Ces équipes sont ici compétentes et développent une activité scientifique « moderne » qui s'appuie sur des collaborations opportunistes en fonction des questions scientifiques posées. Au-delà, on ne voit pas dans l'instant d'attraction particulière qui ferait venir des équipes externes afin de profiter des installations du SNO pour mener des expérimentations et autres actions en propre. Pour autant, la démarche proactive va dans le bon sens en portant ses questions scientifiques dans un cadre large, en se positionnant comme un incontournable de la réflexion générale autour de la problématique de la zone littorale, en tissant des partenariats (avec le SHOM notamment) pour ne pas dupliquer les travaux et donner dans l'efficacité. Tout ceci devrait à terme conduire à un rayonnement important du dispositif susceptible d'attirer de nouvelles compétences et de nouvelles équipes de recherche.

Les perspectives ne sont que peu abordées dans le document fourni, ce qui d'ailleurs est assez logique au vu de la jeunesse de la structure. Néanmoins, le réseau progresse fortement sur le terrain de la mise en commun de moyens. La production de données s'accompagne d'une production scientifique importante directement fondée sur les observations. On ne peut donc qu'encourager cette démarche, d'autant que l'acquisition de données en milieu marin est toujours très chère. La forte implication des acteurs dans les diverses réflexions nationales menées sur la problématique « trait de côte » aidera à dégager des priorités d'observation.

■ Conclusions

Le SNO et son SOERE éponyme ont véritablement fait l'effort de se comporter comme un réseau d'observatoires dont la priorité est de faire fonctionner le réseau d'observations! Ceci n'a pas empêché pour autant le réseau de mettre en perspective les questions scientifiques qui dépassent la simple observation. Dans un paysage plutôt chaotique sur les questions relatives au trait de côte, DyNALIT a su montrer qu'il pouvait faire référence au regard des initiatives du MEDD, s'associer au SHOM pour la problématique modélisation, intégrer la discussion scientifique menée par RESOMAR. Tout ceci s'accompagne d'une production scientifique qui assoit le sérieux et les compétences développées autour du SNO. La vraie question aujourd'hui est peut-être celle de savoir comment hiérarchiser les questions sociétales aujourd'hui exacerbées sur le trait de côte. Il serait certainement opportun de leur donner une planche de rebond unifiée plutôt que la multitude de tremplins proposés par chacun des organismes publics et autres collectivités voulant s'approprier le sujet. Le SNO est un élément de fédération mais qui n'est pas forcément préparé à ce genre de sollicitation. Il pourrait être aidé sur ce plan.



Fiches d'identité des SNO SIC

AMMA-CATCH

L'Afrique de l'Ouest est une région hautement vulnérable aux impacts du changement climatique. Le Service d'Observation AMMA-CATCH documente la variabilité climatique, hydrologique et écologique associée à la Mousson Ouest-Africaine. Son objectif est de mieux comprendre les interactions entre le cycle de l'eau, la dynamique de la végétation et la variabilité du climat aux échelles intra-saisonnières à pluriannuelles. La stratégie d'observation multi-échelles s'appuie sur un réseau spécifiquement mis en place pour les besoins scientifiques du projet mais aussi sur les réseaux opérationnels des pays concernés et sur les observations satellitaires dans différents domaines de longueur d'ondes.

OSU responsable

OSUG avec le soutien de l'OMP et de l'OREME.

Implantation des sites

Le dispositif est constitué de trois sites étagés en latitude de manière à échantillonner le gradient éco-climatique caractéristique de la région : le Gourma malien (34 000 km²), le degré carré de Niamey (11 000 km²) et la Haute-Vallée de l'Ouémé au Bénin (14 000 km²).

Paramètres mesurés

- Composantes du cycle de l'eau continental (précipitations, ruissellement, piézométrie des aquifères, débits des rivières, limnimétrie des mares, humidité du sol, évapotranspiration, qualité des eaux (conductivité, turbidité, MES...).
- Suivi de la dynamique saisonnière de la végétation (LAI, fAPAR, biomasse...), de l'occupation des sols et des états de surface.
- Météorologie (pression, température, humidité, vent, bilan radiatif) et micrométéorologie (chaleur sensible et latente, flux de carbone).

Bases de données

Les données du SO sont disponibles sur le portail : <http://bd.amma-catch.org/amma-catch2/>. Les données acquises sur la période 2002-2009 se trouvent également dans la base de données du programme AMMA (Analyses Multidisciplinaires de la Mousson Africaine).

Autres organismes impliqués

- En France : IRD, CNES

- A l'étranger : AGRHYMET (Niger), Université d'Abomey-Calavi (Bénin), Universités Abdou Moumouni de Niamey, de Zinder et de Maradi (Niger), Faculté des Sciences et Techniques (Mali), Institut d'Economie Rurale (Mali), Services nationaux de la Météorologie et de l'Hydraulique (Bénin, Mali, Niger).

Appartenance à des réseaux internationaux

GEWEX (Global Energy and Water cycle Experiment); FLUXNET (Integrating Worldwide CO₂, Water and Energy Flux Measurements); ISMN (International Soil Moisture Network); e-LTER (European Long-Term Ecosystem and socio-ecological Research Infrastructure), Réseau CZEN (Critical Zone Exploration Network).

Site web : <http://www.amma-catch.org/>

BVET

L'objectif est l'acquisition de chroniques climatiques, hydrologiques et biogéochimiques sur plusieurs écosystèmes continentaux tropicaux permettant d'étudier i) l'influence des forçages climatiques et anthropiques (agriculture) sur les grands cycles hydrogéochimiques et ii) les processus d'altération-érosion chimique des socles granito-gneissiques. La stratégie d'observation repose sur une approche intégrée à plusieurs échelles spatiales : l'échelle locale (de 1 à 80 km²) pour l'étude du fonctionnement des éco-agro-systèmes ; l'échelle régionale (entre 1 000 et 10 000 km²) pour capter les variations des signatures chimiques et évaluer les transferts de matière. Le SO BVET est intégré aux programmes PPR IRD : SELTAR (chantier indien) et FTHAC (chantier camerounais). Il fait partie du SOERE RBV de l'alliance AIIEnvi.

OSU responsable

Observatoire Midi-Pyrénées

Implantation des sites

- Péninsule indienne: climato-séquence du bassin de la Kabini (7 000 km²) et les sous-bassins versants expérimentaux de Mule Hole (430 ha, couverture forestière), Maddur (730 ha, partiellement cultivé), et Berambadi (84 km², cultivé, inclus Maddur),
- Sud-Cameroun: bassin du Nyong (18 500 km²) et 4 sous-bassins emboîtés dont le bassin versant expérimental de Nsimi (60 ha).

Paramètres mesurés

- Variables climatiques (précipitations, rayonnement, température et hygrométrie de l'air...),
- Variables hydrologiques (débits des rivières, piézométrie des aquifères, bilans hydriques de la zone non saturée des sols),
- Variables géochimiques (cations et anions majeurs, alcalinité, Carbone Organique Dissous, silice, Matières En Suspension, pH, température).

Le bassin versant de Nsimi est également pourvu d'une station IDAF (voir AO-SO1/1-2).

Bases de données

Les données générées par le SO BVET sont accessibles librement sur le site <http://bvvet.obs-mip.fr/>. Elles sont référencées par DOI.

Autres organismes impliqués

- En France : IRD et Université Paul Sabatier de Toulouse

- Au Cameroun : Institut de Recherches Géologiques et Minières-Centre de Recherches Hydrologiques (IRGM-CRH), Universités de Yaoundé I et de Dschang,

- En Inde : l'Indian Institute of Science (IISc) de Bangalore, dans le cadre d'un Laboratoire Mixte International « Cellule Franco-Indienne de Recherches en Sciences de l'Eau (CEFIRSE) » et avec l'IRD, le CNRS, l'INRA, l'UPS et l'UPMC.

Appartenance à des réseaux internationaux

IGAC-DEBITS et Critical Zone Exploration Network-Weathering System Science Consortium, e-LTER.



Le service national d'observation H+ est un réseau de sites hydrogéologiques expérimentaux dont la mission est de fournir des données pertinentes – y inclus des chroniques ou expériences long terme – pour la caractérisation, la quantification et la modélisation des transferts d'eau, d'éléments et d'énergie dans les aquifères hétérogènes, notamment fracturés et/ou karstiques. Le couplage observations - théories - modèles est ainsi une mission essentielle d'H+ qui permettra de construire les outils nécessaires à une gestion raisonnée des masses d'eau et une évaluation des risques et conséquences de leur possible contamination.

Structure responsable

OSU de Rennes

Base de données

Les données sont disponibles sur le site : <http://www.ore.fr/>.

Implantation des sites

Le réseau H+ comprend actuellement 4 sites hydrogéologiques (Ploemeur, Poitiers, Majorque, et le Durzon) très complémentaires en termes de nature du milieu géologique, d'exploitation hydraulique et d'objectifs de recherche. Le dispositif est complété dans le cadre du SOERE H+ international par 4 sites pilotés par des partenaires français (LSBB, Hyderabad) et européens (Llobregat, Krauthausen), avec lesquels des nouvelles collaborations ont été établies depuis 2012 (date de la création du SOERE).

Autres organismes impliqués

- UMRs : Géosciences Rennes (UMR 6118 CNRS), IC2MP (UMR 7285), Géosciences Montpellier (UMR 5243),
- Observatoires : Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes (OSUR), Observatoire de Recherche Méditerranéen en Environnement de Montpellier (OREME)
- Organismes : CNRS-INSU, Université Rennes I, Université de Poitiers, Université de Montpellier

Paramètres mesurés

Fréquence	Paramètres	Sites du SO H+
Année, semestre	Hydrochimie, temps de résidence, profils de température en forage	Ploemeur, Majorque, Durzon
Mois	Hydrochimie zone non-saturée	Ploemeur
Jour	Résistivité	Majorque, Durzon
Heure	Données météo, température et conductivité en forage	Durzon, Poitiers, Ploemeur
Minute	Niveaux piézométriques, GPS, suivi non-saturé (teneur en eau, pression d'eau, températures)	Durzon, Poitiers, Ploemeur, Majorque
Seconde	Gravimétrie, inclinomètres, tour de flux, GPS	Durzon, Ploemeur
Milliseconde	Sismomètre	Ploemeur
Campagnes expérimentales	Géophysique de puits (multi-paramètres, gamma ray, imagerie de paroi, résistivité, PS, flowmétrie) et géophysique de surface (électrique, électromagnétisme, sismique). Détermination des propriétés hydrauliques par essais de pompage, mesures de vitesses d'écoulement... Développement de la mesure distribuée en forage par fibre optique. Caractérisation, imagerie et étude des processus de transport dans les milieux hétérogènes	Ploemeur, Poitiers, Majorque, Durzon

Partenaires

BRGM, UMS LSBB, UMR EMMAH, UMR Géosciences Azur

Appartenance à des réseaux internationaux

Les sites du réseau H+ accueillent chaque année des expériences menées pas des partenaires internationaux incluant : Université de Lausanne (Suisse), MIT (USA), Université d'East Anglia (UK), Oregon State University (USA), University of California at Long Beach (USA), Université de Liège (Belgique), Université de Bochum (Allemagne), Politecnico di Milano (Italie), European Center for Geodynamics and Seismology (Luxembourg), Virginia Tech (USA), Université de Neuchatel (Suisse). Ces collaborations sont en général co-financées par H+ et des programmes de recherche européens.

Le réseau H+ fait partie, avec le réseau RBV, du réseau européen eLTER «European Long-Term Ecosystem and socio-ecological Research Infrastructure». Par ailleurs H+ pilote le projet de réseau européen de formation Marie Curie ENIGMA «European training Network for In situ imaGing of dynaMic processes in heterogeneous subsurfAce environments» soumis en janvier 2016, comprenant les principaux sites expérimentaux en Europe dans ce domaine. Le futur réseau (en cours d'évaluation) inclura, en plus des partenaires du SOERE H+ international, les partenaires académiques suivants : Julich Research center (Allemagne), CSIC Barcelone (Espagne), Université de Liège (Belgique), Université de Tubingen (Allemagne), Université de Copenhague (Danemark), Université de Lausanne (Suisse), Université de Neuchatel (Suisse), L'université de Stanford (USA) et l'Oregon State University (USA). Il s'appuiera également sur un réseau d'entreprises associées : muQuans (constructeur de gravimètres absolus, France), ITASCA (bureau d'étude, France), SILIXA (fournisseur d'instruments de mesure par fibre optique, Angleterre), SKB (Agence responsable du stockage des déchets nucléaires en Suède), Geotechnik Heiligenstadt (bureau d'étude, Allemagne), Aquale (bureau d'étude Belgique), SHS (start up, Italie).

KARST

L'objectif du SO KARST est d'acquérir et mettre à disposition de la communauté scientifique les données nécessaires et pertinentes pour la compréhension du fonctionnement des hydrosystèmes karstiques, depuis l'échelle du bassin versant jusqu'à celle des différents compartiments hydrologiques/hydrogéologiques. Le réseau s'appuie sur les forces d'observation et de recherche sur le karst permettant ainsi de comparer, mutualiser et unifier les approches (outils, méthodes, concepts).

Le rôle du karst dans le cycle hydrologique est estimé d'un point de vue quantitatif et qualitatif, les problématiques abordées concernant notamment i) les mécanismes de transfert et de transport, ii) les liens entre structure géologique et écoulements, iii) la sensibilité de la ressource karstique face aux changements globaux.

Le développement d'approches de traitement numérique et statistique de données, de méthodes d'investigation géophysique et de modélisation est considéré comme un élément important venant renforcer l'activité centrale d'acquisition de données.

OSU responsable

OSU OREME (Observatoire de Recherche Méditerranéen de l'Environnement)

Implantation des sites

KARST est constitué d'un panel représentatif des différentes typologies d'environnements carbonatés karstiques, tant sur le plan physiographique (plaine, cause, montagne, littoral) que géologique (craie, calcaire, dolomie), dans des contextes climatiques distincts (sites en climat méditerranéen, océanique ou continental, avec ou sans régime nival) en domaine urbain, périurbain, ou rural.

Paramètres mesurés

- Variables hydrologiques (précipitations, débits et niveaux d'eau aux exutoires karstiques ainsi que dans les différents compartiments du karst)
- Variables physico-chimiques (conductivité électrique, température, turbidité, pH, fluorescence naturelle)

La stratégie d'observation est renforcée i) par la mesure systématique de variables géochimiques sur certains sites (ions majeurs, éléments traces, isotopes de la molécule d'eau et de certains éléments (C, Sr, B, Li), carbone organique total,

gaz dissous), ii) par la mise en œuvre et le développement de techniques géophysiques pour une meilleure appréhension du lien données-modèles.

Base de données

Après traitement et validation, les données sont accessibles depuis un portail comprenant les métadonnées de chacun des sites (norme iso 19115), la bancarisation étant assurée par chacun des différents sites.

Autres organismes impliqués

OMP, OSU PYTHEAS, OSU THETA, OSUC, BRGM, Laboratoire METIS, Laboratoire M2C, Laboratoire EMMAH, Laboratoire I2M GCE

Appartenance à des réseaux internationaux

Collaboration avec l'Université de Floride sur les dynamiques d'interactions Karst/Rivière, l'Université du Texas à Austin sur la réponse des grands aquifères karstiques aux changements globaux, le Karlsruhe Institute of Technology (KIT) sur la recharge artificielle liée aux barrages en région karstique. Appartenance au SOERE RBV

Site web : <http://www.sokarst.org>

HYBAM

HYBAM a pour objectif le suivi à long terme des variables hydrologiques et biogéochimiques du bassin hydrographique amazonien afin de caractériser ses apports hydrosédimentaires et géochimiques à l'Océan Atlantique. Les données collectées permettent d'évaluer les contrôles géodynamique, climatique et biogéochimique sur l'érosion et l'altération des reliefs et sur les transferts de matière. Elles permettent également d'étudier l'impact de la variabilité hydroclimatique et des activités humaines dans les bassins des fleuves amazoniens et de Guyane.

OSU responsable

Observatoire Midi-Pyrénées

Implantation des sites

Le Service d'Observation s'appuie sur dix-sept stations réparties sur 8 pays dont treize sont localisées sur le Bassin de l'Amazone (Bolivie, Brésil, Pérou, Équateur, Colombie) et sur les fleuves Maroni et Oyapock en Guyane Française. Deux stations supplémentaires sont situées sur des bassins ayant leur exutoire à l'Océan Atlantique tropical : le Congo (second plus grand fleuve du monde) et l'Orénoque (troisième plus grand fleuve du monde). Les stations amazoniennes sont localisées à l'exutoire des principaux sous-bassins de l'Amazone représentatifs des différentes sources d'apports et couvrant l'ensemble de la variabilité climatique et géologique du bassin. Les stations situées hors du bassin Amazonien permettant d'étudier l'impact de la variabilité climatique à plus large échelle.

Paramètres mesurés

Toutes les stations d'observation (17) suivent le même protocole et fournissent les mêmes paramètres :

- Données hydrologiques (hauteurs d'eau et débits journaliers/mensuels) et paramètres hydrochimiques de l'eau (température, conductivité électrique, pH, concentrations en matières en suspension - MES),
- Paramètres géochimiques des eaux (cations et anions majeurs, éléments trace, silice, Carbone Organique Dissous, isotopes du Sr),

Les mesures au sol sont complétées par des observations satellitaires du niveau des fleuves et de la charge en suspension (radar altimétrique et couleur de l'eau). Une base de données de mesures acoustiques de débit par ADCP collectées aux différentes stations est également disponible.

Base de données

Les données sont disponibles sur le site <http://ore-hybam.org> où sont également disponibles les rapports de missions de terrain des équipes du SO, la bibliographie produite et les travaux scientifiques présentés lors des réunions scientifiques biennuelles. Des logiciels de traitement et visualisation des données sont distribués gratuitement sur le même site : HYDRACCESS (données hydrologiques et sédimentaires), Vals (altimétrie spatiale), MOD3R (couleur de l'eau satellitaire).

Autres organismes impliqués

En France le SO HYBAM est associé à l'IRD, la DEAL-Guyane et l'Université Toulouse 3.

À l'étranger, le SO HYBAM est associé à de nombreuses universités et services nationaux au Sud, dans tous les pays où il opère :

- Brésil : Universités de Manaus UFAM, Brasilia UnB et Niteroi UFF, Agence de l'Eau du Brésil ANA, Service Géologique du Brésil CPRM;
- Pérou : Service d'Hydrologie et de Météorologie du Pérou SENAMHI, Institut de Géophysique du Pérou IGP, Autorité Nationale de l'Eau – ANA, Université Agraire de La Molina - UNALM
- Bolivie : Université Mayor San Andres de La Paz UMSA, Service d'Hydrologie et de Météorologie de Bolivie SENMAHI
- Équateur : Service d'Hydrologie et de Météorologie d'Équateur INAMHI, Université San Francisco USFQ
- Venezuela : Service d'Hydrologie et de Météorologie du Venezuela INAMEH, Université Centrale du Venezuela UCV
- Colombie : Service d'Hydrologie et de Météorologie de Colombie IDEAM
- Congo : Université de Brazzaville UMNG, Service des voies navigables SCEVN

HYBAM

Appartenance à des réseaux internationaux

SOERE RBV, Critical Zone Exploration Network (CZEN), Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in the Amazon LBA

OHM-CV

L'objectif du dispositif d'observation est centré sur l'amélioration des connaissances et des capacités de prévision du risque hydrométéorologique associé aux pluies intenses et aux crues éclaircies dans un contexte de changement climatique avéré et de pression anthropique accrue. En liaison étroite avec plusieurs services opérationnels, l'OHM-CV développe trois stratégies d'observation : 1) l'observation hydro-météorologique détaillée et durable sur un site pilote centré sur la région Cévennes-Vivarais, région en France la plus soumise à ce type d'aléa, 2) la réalisation de retours d'expérience hydrologique et socio-économique sur les événements extrêmes se produisant sur l'ensemble des régions méditerranéennes de l'Europe de l'Ouest et 3) la caractérisation probabiliste des pluies et débits extrêmes par l'utilisation de l'archive historique.

OSU responsable

Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble.

Implantation des sites

Concernant la fenêtre Cévennes-Vivarais (32 000 km²), stratégie multi-échelle (de la parcelle, aux petits bassins expérimentaux, aux grands bassins versants allant de l'Ardèche à l'Hérault) sur des types de sols et des paysages représentatifs de la région.

Paramètres mesurés

- Champs de précipitations par radar météorologique et réseaux pluviométriques au sol (160 postes journaliers et 280 postes au pas de temps horaires à infra-horaires couvrant l'ensemble de la région dont une trentaine propre au réseau OHM-CV concentrée sur les bassins expérimentaux) à partir desquels des réanalyses sont produites ;
- Débits aux exutoires des principaux bassins et sous-bassins versants par un réseau de 40 stations limnimétriques (dont une dizaine propre au réseau OHM-CV sur les bassins expérimentaux).

Le dispositif est complété par une instrumentation concentrée sur les bassins expérimentaux portant notamment sur la caractérisation de la distribution granulométrique des gouttes de pluie pour l'estimation des précipitations par radar et les impacts sur l'érosion ; l'étude des processus de formation des écoulements par le suivi de l'humidité des sols, des débits des rivières (à la fois par des méthodes classiques ou sans contact), des transports de matières en suspension, ainsi que des mesures de température, de conductivité de l'eau et des mesures géochimiques. L'OHM-CV collecte également des données sociales concernant l'état de conscience, les activités et les comportements des individus, notamment leur mobilité, au cours ou à la suite de situations de crise hydrométéorologique.

Base de données

Les données et produits sont disponibles sur le site <http://www.ohm-cv.fr>

Autres organismes impliqués

UMR CNRS (CNRM, ESPACE, HSM, IMFT, LaMP, LIG, LTHE, PACTE), IFSTTAR, IRSTEA, Ecole des Mines d'Alès, Services opérationnels de Météo-France (DSO/CMR), Services de Prévision des Crues, SCHAPI, EDF/DTG-Grenoble.

Appartenance à des réseaux internationaux

Réseau européen d'Observatoires Hydrométéorologiques (Espagne, France, Italie, Grèce, Israël). Membre du SOERE Réseau de Bassins Versants. L'OHM-CV est résolument impliqué dans le projet HyMEX dans le cadre du méta-programme MISTRALS et vise à être un site de validation du projet GPM (Global Precipitation Mission de la NASA et JAXA).

OHGE

L'objectif est l'acquisition de chroniques climatiques, hydrologiques et géochimiques sur un hydro-écosystème forestier vosgien afin d'y étudier les thématiques suivantes :

- Le cycle de l'eau à l'échelle d'un petit bassin versant de montagne. En effet dans ces environnements la ressource en eau provient uniquement des sources naturelles captées, et peut donc être perturbée par les changements climatiques et en particulier les variations du régime pluviométrique.
- Les processus d'échanges à l'interface atmosphère/eau/sol/plantes et en particulier l'évolution de la fertilité minérale des sols (Ca, Mg). Les forêts du site sont en partie dépérissantes à cause des carences des sols en alcalino-terreux. Nous étudions donc les cycles biogéochimiques élémentaires à l'échelle de parcelles de sol.
- Les processus d'altération chimique et d'érosion.
- Les évolutions long-termes de l'écosystème et en particulier les réponses de celui-ci face à diverses perturbations (exploitation forestière, changements climatiques, pollution atmosphérique).

OSU responsable

Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre de Strasbourg.

Implantation des sites

Bassin versant forestier de moyenne montagne (883-1146 m, massif vosgien) du Strengbach (80 ha), de formation globalement monolithologique granitique, sous climat océanique tempéré montagnard.

Paramètres mesurés

- Variables climatiques : pluie, température, humidité, vents, rayonnement
- Variables hydrologiques : débits, hauteurs piézométriques.
- Variables physico-chimiques : température, pH, conductivité, alcalinité, cations et anions majeurs, silice dissoute, COD

Base de données

La base de données est accessible sur le site <http://ohge.unistra.fr/> ou <http://bdd-ohge.u-strasbg.fr/>

Autres organismes impliqués

INRA, BRGM, Université de Strasbourg, UMR CNRS (IPGS, LHYGES), ONF, commune d'Aubure et de Sainte-Marie aux Mines.

Appartenance à des réseaux internationaux

SoilTrec (Soil Transformation in European Catchment - EU), Critical Zone Exploration Network (CZEN - US), NSF, réseau d'inter-comparaison NIVA, Réseau de Bassins Versants (RBV/ SOERE Allenvi), LTER (EU)

Site web : <http://ohge.unistra.fr/>

OBSERA

L'Observatoire de l'Eau et de l'Erosion aux Antilles (ObsERA) est un service d'observation du CNRS-INSU consacré à l'étude de l'altération et de l'érosion aux Antilles. Membre du Réseau de Bassins Versants de Recherche et du Critical Zone Observation Network, il implique des équipes de l'Institut de Physique du Globe de Paris, de l'Observatoire Volcanologique et Sismologique de Guadeloupe, de l'Institut Universitaire Européen de la Mer (UBO) et du Laboratoire de Sciences de la Terre de l'Université Claude Bernard (Lyon I).

L'objectif d'ObsErA est de permettre la constitution d'une base de données des flux d'eau (précipitations et débit des rivières), des flux de sédiments et de matière organique (en particulier de carbone) dans les rivières et sur les versants ainsi que de la composition chimique des rivières et des sols dans le contexte particulier de l'île de Basse-Terre en Guadeloupe, marquée par un climat tropical et un volcanisme actif. Cette base de données est mise à la disposition de la communauté scientifique pour étudier et quantifier les modes d'érosion chimique et physique, ainsi que leur impact sur l'environnement (composition des sols, chimie des rivières, flux de carbone, etc.).

ObsErA se fixe également pour vocation la mise au point de nouvelles techniques de mesure du transport fluvial et de la dynamique des versants ainsi que de nouvelles méthodes de traçage (isotopique notamment) adaptées à la caractérisation de la dynamique des écosystèmes.

Structure responsable

IPGP

Sites instrumentés

Deux bassins versants font l'objet d'un suivi régulier : Bras-David et Capesterre. Un troisième bassin-versant, celui de Vieux-Habitants, sert de site « test » au développement d'une technique d'imagerie aérienne utilisant un drone.

Paramètres mesurés

- Le débit des rivières
- Les flux d'érosion mécanique en rivière : charge en suspension,
- Les flux d'érosion chimique : composition chimique des rivières
- Suivi des apports atmosphériques
- Suivi de la composition des solutions dans le saprolite

Base de données

Disponible sur : <https://morpho.ipgp.fr/Obsera/Home>

GLACIOCLIM

Le Service d'Observation GLACIOCLIM a pour but de constituer une base de données glacio-météorologiques sur le long terme des glaciers des Alpes, des Andes et de l'Antarctique afin :

- D'utiliser les bilans de masse comme indicateur direct de l'évolution climatique à haute altitude (tendance, variabilité). Ces observations sont tout à fait adaptées pour détecter l'évolution des bilans énergétiques (fusion estivale) et l'évolution des précipitations hivernales en haute montagne
- D'observer les fluctuations glaciaires (variations d'épaisseur, de longueur, de vitesse) qui sont des paramètres indispensables pour comprendre et analyser les processus d'écoulement glaciaire.
- D'utiliser ces observations pour évaluer le devenir des glaciers et permettre ainsi l'analyse des ressources en eau futures et les risques naturels d'origine glaciaire (chutes de séracs, poche d'eau intra-glaciaires, lacs pro-glaciaires).

OSU responsable

Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble

Paramètres mesurés

Accumulation hivernale, ablation estivale, bilans de masse annuels, variations d'épaisseur, vitesses d'écoulement, cartographie des fronts, paramètres météorologiques (radiations solaires incidentes et réfléchies, radiations thermiques, vitesse et direction du vent, températures, humidité, précipitations, albédo), débits.

Implantation des sites

Dans les Alpes : Glaciers d'Argentière, Mer de Glace, Gébroulaz, Saint Sorlin, Sarennes ; dans les Andes : Zongo (Bolivie), Antizana (Equateur) ; dans l'Antarctique : Cap Prud'Homme et Dome Concordia.

Base de données

sur le site du LGGE :

<http://www-igge.ujf-grenoble.fr/equipes/glaciers/DonneesDisp/ServiceObs/home.shtml>.

En complète restructuration en lien avec le Data Center de l'OSUG. Livraison pour l'année 2016.

Autres organismes impliqués

IPEV, IRD, IRSTEA

Appartenance à des réseaux internationaux

World Glacier Monitoring Service, GLIMS (Global Land Ice Monitoring from Space). En cours : initiative de l'OMM GCW (Global Cryospheric Watch)

Site web

<http://www-igge.obs.ujf-grenoble.fr/ServiceObs/index.htm>

OSR

La mission de l'OSR vise à mettre en évidence les effets du changement climatique et des pressions anthropiques croissantes (décisions politiques de gestion du territoire) sur les mécanismes fondamentaux de fonctionnement des surfaces continentales et de leurs évolutions possibles, à différentes échelles spatiales et temporelles.

Outre les aspects inventaires des paramètres mesurés décrits ci après, la caractérisation de l'évolution des états des surfaces (réflectance, température...) permet le développement d'algorithmes de traitement pour la réalisation de cartes d'occupation du sol et de cartes de produits biophysiques (ex: cartes de Green Area Index, humidité superficielle...). Ces produits issus de la télédétection servent d'entrée aux modèles spatialisés de processus de surface (énergie, eau, carbone, végétation) développés par le CESBIO et d'autres laboratoires, en vue de répondre aux attentes sociétales liées aux changements globaux. Les différents jeux de données acquis sur le dispositif servent à la validation des modèles.

L'OSR et les activités de modélisation associées démontrent clairement les potentialités de l'outil de télédétection pour le suivi du fonctionnement des surfaces continentales et la détermination des flux et bilans eau, C et GES à l'échelle régionale ou au-delà dans un objectif de gestion durable des ressources.

OSU responsable

Observatoire Midi- Pyrénées.

Implantation des sites

La force et la stratégie d'observation de l'OSR reposent sur un dispositif emboîté de suivi long terme multi-échelle (de quelques m² à plusieurs centaines de km²), spécifiquement mis en place pour les besoins scientifiques du projet. Deux niveaux géographiques sont étudiés :

- Un site atelier de 50x50 km centré sur la région sud-ouest de Toulouse suivi intensivement en détail et durablement,
- L'ensemble du bassin Adour-Garonne étendu au massif pyrénéen suivi ponctuellement.

Le site atelier suivi intensivement comprend (1) des sites pérennes avec 4 stations expérimentales locales (2 sites cultures à gestion contrastée depuis 2005, 1 site prairie et 1 site neige depuis 2012) et près de 500 parcelles suivies pluri-annuellement, et (2) des sites semi-pérennes « spatialisés » suivis sur environ 4 ans

dédiés à des expérimentations étendues (échelles bassin versant et paysage) renforcées (état de surface, occupation, variables météorologiques, etc.).

Paramètres mesurés

- mesures au sol et en continu à l'échelle parcellaire des flux de surface (eau, énergie, CO₂, N₂O), de variables météorologiques (vitesse et direction du vent, température et humidité relative de l'air, précipitations, enneigement, etc.), de rayonnements (global, net, réfléchi, absorbé, etc.), et de variables du sol (contenus en eau, température, flux de chaleur)
- mesures discontinues de variables biométriques et physico-chimiques liées à la végétation (surface verte, biomasse, teneurs en azote et carbone, rendement) et aux sols (contenus en carbone et azote)
- relevés pluriannuels sur l'occupation et l'usage des sols par échantillonnage statistique aux échelles du paysage et de la région
- mesures par capteurs satellitaires dans plusieurs longueurs d'onde et à diverses résolutions spatio-temporelles à l'échelle de la région (ex: FORMOSAT2-, SMOS, Sentinel 1 et 2, Venµs)

Base de données

Les données sont dans un Système d'Informations basé sur la base de données PostgreSQL avec la capsule Géographique Postgis, la diffusion des informations géographiques se fait au travers de web services respectant les standards internationaux (Osgeo). Les données sont également diffusées via ICOS, European fluxes database, Fluxnet et projet Imagines. Site Web : <http://www.cesbio.ups-tlse.fr/fr/osr.html>

Autres organismes impliqués

CNES, CNRM, Ecole d'ingénieur de Purpan, ECOLAB, GEODE, INRA-DYNAFOR, INRA-AGIR, ONERA, Laboratoire d'Aérodynamique.

OSR

Appartenance à des réseaux internationaux

ICOS, JECAM (Joint Experiment of Crop Assessment and Monitoring), sites-tests de missions spatiales (SMOS, Sentinel 1 & 2, Venus...).

TOURBIERES

Le SNO TOURBIERES a pour objectif d'établir, sur le long terme et à l'échelle de l'écosystème, les bilans de carbone (C) et hydrique dans 4 tourbières instrumentées en domaine tempéré. La détermination de ces bilans permettra i) d'évaluer les effets du changement climatique et des perturbations anthropiques sur le fonctionnement de ces systèmes « sentinelles » et ii) d'identifier le type de rétroactions entre les tourbières et les changements globaux.

Le caractère « sentinelle » des tourbières provient de la sensibilité intrinsèque de ces milieux aux variations de température et d'hydrologie et du fait qu'elles soient situées en limite sud de la dernière glaciation. Elles sont ainsi considérées comme des analogues fonctionnels de ce que pourraient devenir les zones subarctiques et arctiques dans un futur proche. Le fonctionnement de ces milieux (en puits ou en source de carbone) doit donc être étudié et modélisé pour mieux prédire le devenir des tourbières subarctiques et évaluer l'impact du dégel probable des pergélisols. Les données sont mises à disposition du public grâce à l'accès à la base de données via une interface web et serviront à calibrer et tester des modèles (à l'échelle locale et globale).

OSU responsable

Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre (OSUC)

Paramètres mesurés

- Cycles du carbone : *échanges sol-atmosphère de CO₂*, par eddy covariance et chambre d'accumulation, *émissions de CH₄* par chambre d'accumulation, *flux entrant et sortant de carbone organique dissous et particulaire* à l'échelle de l'écosystème.
- Hydrologie/hydrochimie : niveau de la nappe d'eau, débits à l'exutoire, précipitations, évapotranspiration, pH, conductivité, concentrations en ions et nutriments (N, P, K...), qualité de la matière organique dissoute.
- Météo-sol : température et teneur en eau du sol, température et humidité relative de l'air, rayonnements (global et photosynthétique), direction et vitesse du vent, flux de chaleur dans le sol.
- Végétation : diversité, biomasse.

Implantation des sites et observatoires associés

Le SNO Tourbières est un réseau de 4 sites instrumentés situés sur un gradient altitudinal et d'anthropisation : Bernadouze (BDZ, Pyrénées, 09) / OHM Haut-Vicdessos, Université de Toulouse,

Frasne (FRN, Massif du Jura, 25) / OSU THETA, Université de Bourgogne Franche-Comté, Landemarais (LDM, Bretagne, 35) / OSUR, Université Rennes 1 et La Guette (LGT, Sologne, 18) / OSUC, Université d'Orléans.

Base de données

La base de données est en cours de développement. Un Système d'Information Environnementale (SIE) qui bancariserait les données est en construction en lien avec la feuille de route européenne INSPIRE et sera disponible sur le site web :

<http://www.sno-tourbieres.cnrs.fr>

Appartenance des réseaux internationaux

- 2 projets Sibérie : ERA.NET RUS et INTERACT
- GDRI CARWETSIB (Coord. M. Viers, OMP, Toulouse et S. Kirpotin, Univ. de Tomsk)
- En projet : Réseau EU ICOS

ACBB

A ACBB a été conçu spécialement pour capter les évolutions à pas de temps long (>20 ans) du système sol-végétation, de son environnement et des différentes rétroactions qui les gouvernent. Une approche pluridisciplinaire intégrative basée sur l'observation, l'expérimentation et la modélisation a ainsi été adoptée au sein d'ACBB pour analyser les effets des modes d'occupation du sol et des pratiques anthropiques sur le fonctionnement biogéochimique des agroécosystèmes, les interactions avec la biodiversité et les impacts sur les flux environnementaux vers l'atmosphère et l'hydrosphère.

Structure responsable

INRA avec la participation du CNRS.

Implantation des sites

Le SOERE-ACBB est un dispositif national constitué de 4 plateformes expérimentales complémentaires en termes d'objet d'étude mais conçues et organisées selon une même approche expérimentale. Les variables mesurées et les méthodes sont communes. Lusignan (Poitou) est un système en rotation prairies-cultures, Theix et Laqueille (Massif Central) sont des systèmes de prairies permanentes et Mons en Chaussée (Picardie) représente un système de cultures intensives. Il est ainsi possible de comparer agroécosystèmes différents dans des contextes pédoclimatiques variés.

Paramètres mesurés

Les variables permettant de suivre les trajectoires d'évolutions et aider à comprendre la dynamique des cycles biogéochimiques sont :

- l'état hydrique du sol et la température qui conditionnent la dynamique des processus ;
- l'état et les bilans minéraux du sol P, K, Ca, Mg... ;
- les flux vers l'atmosphère (CO₂, H₂O, N₂O, CH₄...), et vers l'hydrosphère (nitrate, carbone et azote organique dissous, P, K, Ca, Mg et pesticides) ;
- la diversité floristique, microbienne et faunistique ;
- la productivité annuelle primaire aérienne et souterraine ;

Au total plus de 120 variables sont mesurées à des pas de temps allant de la minute au journalier et de la saison à l'année. Tous les instruments de mesures sont étalonnés selon des procédures répondant aux normes et méthodes ayant cours et publiées dans

des revues spécialisées (Anémomètres soniques et capteurs de CO₂ et H₂O, chambres statiques des mesures de N₂O, TDR, sondes de température, bougies poreuses...).

Bases de données

Le développement du système d'Information a été initié tardivement. Il est néanmoins aujourd'hui au même niveau (pré-production) que ceux des SOERE F-ORE-T et OLA (ex GLACPE) avec qui il partage la même solution informatique. L'ensemble est le fruit d'une mutualisation opérée par l'INRA pour le développement de systèmes d'information. Le SOERE ACBB dispose d'un Système d'Information dédié avec un accès *via* le nom de domaine suivant : <https://si-acbb.inra.fr>. Ce lien figure sur les sites WEB des SOERE ACBB qui lui-même est accessible *via* le portail ANAEE-F pour une lisibilité accrue entre les différents SOERE (porte d'entrée unique).

Autres organismes impliqués

Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement de Paris (IEES, CNRS, IRD, INRA, Univ. Paris VI, Paris Est Créteil, Ec. Normale Sup. Paris), UMR 5557 Ecologie microbienne des sols (CNRS, Univ. de Lyon I) ; UMR 6553 ECOBIO (CNRS, Univ de Rennes I) ; UMR 5126 CESBIO (Univ P. Sabatier - Toulouse, CNRS, IRD, CNES) ; CEA ; University de Bayreuth - Allemagne ; Lund University - Suède, Aarhus University - Danemark ; University College Dublin - Irlande ; Wageningen University - Pays Bas.

Appartenance à des réseaux internationaux

ACBB, fait partie du « Global Research Alliance on Agricultural Greenhouse Gases » (GRA), du « National Ecological Observatory Network » (NEON), du « Terrestrial Ecosystem Network Research » (TERN), du réseau « Analysis and Experimentation on Ecosystems » (AnaEE), et « Integrated Carbon Observation System » (ICOS) et du réseau des infrastructures de recherche européen ANAEE.

DYNALIT

Le Service National d'Observation (SNO) DYNALIT - Dynamique du Littoral et du Trait de Côte a pour but de constituer une base de données hydromorphologiques sur le long terme de 28 sites ateliers représentatifs des environnements littoraux français (Côtes Sableuses, Falaises et Embouchures) afin :

- De mesurer la cinématique de ces environnements et du trait de côte associé,
- De mieux comprendre les interactions entre les processus hydrodynamiques -transport sédimentaires-réponse morphologique associés à la dynamique du littoral
- D'utiliser les observations pour améliorer notre connaissance des réponses de la morphologie des littoraux dans différents contextes de forçages météo-marins,
- D'utiliser ces observations pour analyser l'importance relative des facteurs anthropiques et naturels sur la dynamique littorale
- De se positionner en interlocuteur pour les responsables de la définition et la mise en œuvre des politiques de gestion des risques littoraux.

Ce SNO utilise le lidar aéroporté qui était associé au GIS CLAREC (Contrôle par Laser Aéroporté des Risques Environnementaux Côtier).

OSU responsable

Institut Universitaire Européen de la Mer (Brest)

Paramètres mesurés

Morphologie (Trait de côte, topographie, bathymétrie), Flux sédimentaires, Forçages marins (Niveau et Etats de mer)

Implantation des sites :

28 sites ateliers ont été retenus : Embouchures (Rhône, Loire, Gironde, Seine), Falaises (Mesnil-Val, Vaches noires, Ailly/Puys, Socoa), Côtes Sableuses (Agon, Pointe de Gatseau, Pointe de La Coubre, Pointe d'Arçay, Espiguette, Maguelone-Aresquiers, Merville-Franceville, Mont St-Michel, Porsmilin, Pays de Monts, Bas-Champs, Hyères, Guissény, Suscinio, Dunkerque Est, Biscarosse, Truc Vert, Anglet, Ermitage (La Réunion), Schoelcher (Martinique))

Base de données

<http://www.dynalit.fr> (en cours de construction)

Autres organismes impliqués

CEREMA, SHOM, IRD, BRGM, IFREMER

Site web

<http://www.dynalit.fr>



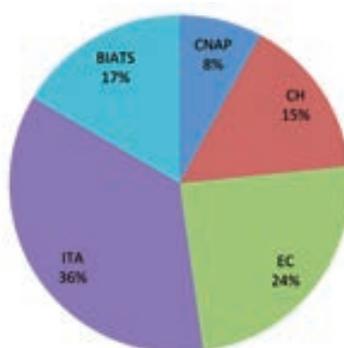
Moyens mis en œuvre dans les SNO SIC

Moyens mis en œuvre dans les SNO SIC

Les analyses ci-dessous sont établies sur une base déclarative des différents SNO.

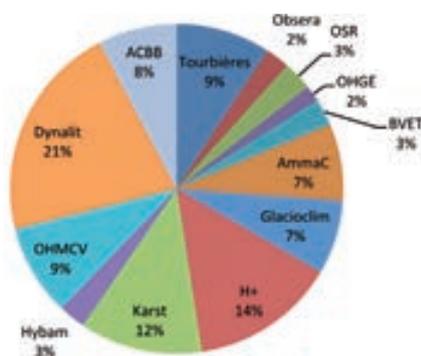
	Recherche										Appui recherche				Total CH		Total IT		Total RH	
	CNAP		CH		EC		DOC		POST DOC		ITA		BIATS		CDD		ETPT	ETPT	PPP	ETPT
	PPP	ETPT	PPP	ETPT	PPP	ETPT	PPP	ETPT	PPP	ETPT	PPP	ETPT	PPP	ETPT						
Tourbières	1	0.45	7	0.90	10	1.20	0	0.00	1	1.00	12	1.05	0	0.00	1	0.60	3.55	1.65	32	5.20
Obsera	2	0.80	0	0.00	3	0.10	0	0.00	0	0.00	4	0.90	3	0.10	0	0.00	0.90	1.00	12	1.90
OSR	1	0.30	2	0.30	3	0.50	0	0.00	0	0.00	8	1.50	3	2.00	0	0.00	1.10	3.50	17	4.60
OHGE	1	0.35	1	0.25	0	0.00	0	0.00	0	0.00	5	1.65	0	0.00	0	0.00	0.60	1.65	7	2.25
BVET	1	0.33	2	0.60	2	0.10	0	0.00	0	0.00	2	1.10	2	0.10	0	0.00	1.03	1.20	9	2.23
AmmaC	2	0.60	9	1.50	4	0.40	0	0.00	2	0.40	6	3.15	0	0.00	1	0.80	2.90	3.95	24	6.85
Glacioclim	3	1.10	3	0.50	0	0.00	0	0.00	2	1.20	5	1.15	0	0.00	1	1.00	2.80	2.15	14	4.95
H+	1	1.00	5	1.20	13	3.25	0	0.00	0	0.00	10	4.20	6	0.80	0	0.00	5.45	5.00	35	10.45
Karst	0	0.00	4	0.80	17	3.80	0	0.00	0	0.00	10	1.45	7	0.95	0	0.00	4.60	2.40	38	7.00
Hybam	0	0.00	2	1.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	8	5.10	0	0.00	0	0.00	1.00	5.10	10	6.10
OHMCV	2	0.45	10	2.40	4	0.50	0	0.00	1	0.10	2	0.60	3	2.20	0	0.00	3.45	2.80	22	6.25
Dynalit	0	0.00	8	1.10	46	6.80	0	0.00	3	0.30	16	2.49	18	5.10	13	4.14	8.20	11.73	104	19.93
ACBB	0	0.00	4	2.95	0	0.00	0	0.00	0	0.00	37	17.25	0	0.00	2	2.02	2.95	19.27	43	22.22
Total par corps	14	5.38	57	13.50	102	16.65	0	0.00	9	3.00	125	41.59	42	11.25	18	8.56	38.53	61.40	367	99.93

Total par corps



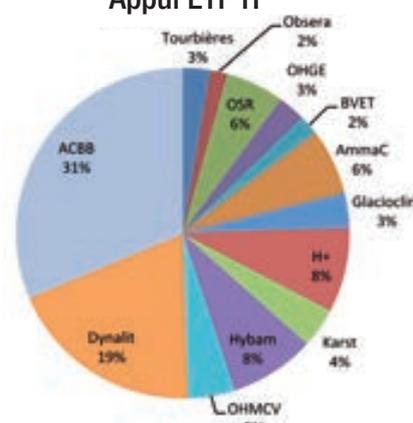
Répartition des corps dans les appuis ETPT permanents des SNO en SIC

Appui ETP personnels de recherche



Répartition par SNO des corps chercheurs et assimilés

Appui ETP IT



Répartition par SNO des corps IT et assimilés

Coordination éditoriale

Dominique Armand

Impression

Imprimé par TPI sur du papier issu de forêts gérées durablement.



Conception

Trait de caractère(s)

Maquette

Page B

Juillet 2016

■ Légendes de la mosaïque de couverture



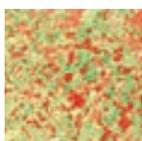
Relevés géophysiques effectués dans le cadre du SNO DYNALIT à l'aide d'un système géoradar.
© CNRS Photothèque, Thibaut Vergoz



Carottage de neige visant à mesurer le bilan hivernal du glacier du Tour Noir. Composante Alpes du SNO GLACIOCLIM. © LGGE/OSUG, Patrick Ginot



Station de recherche du SNO TOURBIÈRES installée dans la tourbière de Frasne (massif du Jura) et équipée de dispositifs simulant un réchauffement climatique modéré, d'une station météorologique et de sondes de température du sol et de niveau de nappe d'eau. © ISTO, Fatima Laggoun



Cartographie de l'indice de surface verte (du rouge pour les sols nus au vert) des couverts végétaux du Sud-Ouest de la France (SNO OSR) obtenue le 6 mai 2013 au moyen des données du satellite FORMOSAT. © CESBIO OSR, V Demarez, J. Cros

Services Nationaux d'Observation

Institut National des Sciences de l'Univers

The CNRS logo consists of the lowercase letters 'cnrs' in a white, sans-serif font, centered within a dark blue circle. This circle is itself centered within a larger white circle that overlaps the green footer area.

Centre National de la Recherche Scientifique
3, rue Michel-Ange
75794 Paris Cedex 16