

CRITEX: bilan du kick-off meeting de Paris

Selon les principes de gouvernance que nous avons entérinés lors du kickoff meeting, le comité de direction de CRITEX s'est réuni par visioconférence et propose le texte suivant. Il découle des notes du meeting et de l'exploitation des fiches rédigées par les porteurs de WP (80 % de retour) et les responsables de site (80 % de retour). Ce texte sera repris pour informer les tutelles (BRGM, CNRS, INRA, IRD, IRSTEA, Universités) en particulier.

CRITEX : un projet communautaire holistique

Le projet CRITEX vise l'acquisition d'un parc instrumental pour l'étude de la « zone critique » de la Terre, cette fine couche située entre le sommet des roches (la base des aquifères) et la basse atmosphère (*between the rocks and the sky*). Cette zone est critique à la fois parce que c'est fondamentalement un des réacteurs bio-physicochimique de la planète, mais aussi car c'est la fine pellicule sur laquelle l'humanité se développe. Sa dynamique est liée à celle du cycle de l'eau.

Le projet est porté par deux réseaux d'observatoires de recherche, de taille et d'état de maturité différents. Le réseau H+ existe depuis plus de 10 ans. Il est constitué de sites d'intérêt hydrogéologique et fédère une communauté pluridisciplinaire autour de la mesure et de la modélisation des systèmes aquifère. Son objectif est la caractérisation de la complexité de ces systèmes, autant physique, chimique que biologique, en vue de modéliser leur fonctionnement qu'il soit naturel ou forcé. L'expérimentation sur le milieu fait partie des méthodes d'investigation de H+. Le réseau RBV est à la fois plus jeune et plus divers dans ses thématiques. Il est constitué d'observatoires hydrologiques, agro-hydrologiques et biogéochimiques, construits sur le concept de bassin versant aux caractéristiques contrastées. Sa vocation d'observatoire, moins expérimentale que H+, est d'acquérir des séries temporelles longues afin de caractériser les mécanismes fondamentaux et les temporalités associées dans les bassins versants.

Avant tout, CRITEX est un programme d'équipement qui s'appuie sur les sites et les questionnements scientifiques de ces deux réseaux. Ces équipements sont de deux types : des prototypes, dont le programme prévoit le développement et le déploiement sur des sites tests ; des instruments existants, mûrs, dont l'utilisation croisée doit permettre d'améliorer notre connaissance de la zone critique. Au travers d'un parc instrumental, CRITEX vise une approche scientifique plus holistique et pluridisciplinaire. Elle exigera des diverses des communautés impliquées (hydrologique, géophysique, géochimie, pédologique, atmosphérique...) une démarche active pour faire naître les synergies autour de questions environnementales bien identifiées et dans le contexte des observatoires existants ou à créer. Elle nécessite aussi une démarche volontariste de tous pour partager techniques et sites. Pour ce faire, le projet CRITEX se déploiera selon deux orientations scientifiques :

- le développement de mesures de haute fréquence dans la Zone Critique, motivé par la question scientifique globale des bilans de matière et d'énergie
- la mise en œuvre de campagnes répétées, si possible pluridisciplinaires, sur des « hot spots » ou des « hot moments » de la zone critique.

A ces deux approches, s'ajoute une troisième, qui est la caractérisation « structurelle » des sites des réseaux H+ et RBV : topographie, végétation, imagerie géophysique, voire géochimique. Cette partie est un a priori essentiel pour une connaissance élémentaire du

milieu et l'interprétation des données temporelles. L'utilisation de méthodes éprouvées et le développement de nouvelles méthodes d'investigation seront rendus possibles par CRITEX.

Il est essentiel de rappeler que tous les sites observatoires auront accès au parc instrumental au cours du projet CRITEX à travers l'une ou l'autre des approches décrites précédemment, si tel est leur souhait.

Le développement des prototypes

Dès l'arrivée des fonds dans les unités de recherche concernées, la mise au point de prototypes pourra commencer. Cette mise au point est assez découplée du reste du projet avant le déploiement du prototype sur un site test. Les développements de prototypes dans CRITEX comprennent :

- La scintillométrie micro-onde
- La sonde d'humidité de sols. L'analyse des fiches issues du kick-off montre que des réserves sont formulées sur cette mise au point, jugée peu originale par rapport à ce qui existe dans le commerce ou à ce qui est développé dans des projets proches. Malgré tout, la question d'une « bonne » mesure représentative de teneur en eau est un défi à relever dans CRITEX et les progrès métrologiques sont toujours à encourager dans ce domaine.
- La plateforme de mesure hydro-sédimentaire et la maison chimique, qui ne sont pas des prototypes au sens des précédents (l'ensemble des éléments existent déjà) mais un assemblage d'outils de laboratoire destinés à être adaptés sur le terrain et qui nécessitera une période de test préalable à son déploiement in situ.
- L'unité mobile permettant les traçages inertes et réactifs (*chemical truck*).
- Le spectromètre de masse pour l'analyse des gaz sur site.
- Les capteurs chimiques innovants qui correspondent à de la recherche très amont sur le développement de nouveaux capteurs (nitrates, silice, calcium, magnésium, alcalinité, métaux).
- Les traceurs passifs isotopiques, permettant une cartographie isotopique.

Bilan des fiches remplies lors du kickoff meeting

Les fiches remplies par les porteurs de WP et par les responsables des observatoires permettent de distinguer des grandes tendances qui sont également apparues lors du meeting. Elles permettent de croiser les demandes et de se faire une idée des intérêts réciproques entre responsables d'instruments et responsables d'observatoires.

- Globalement, le programme instrumental de CRITEX suscite un fort intérêt pour le plus grand nombre d'observatoires. On devine une vraie volonté de travailler en commun pour une approche intégrée. Les observatoires peuvent être classés en trois grands groupes. Le premier groupe est constitué d'observatoires prêts à commencer, en particulier, à investir la haute fréquence. Nous citerons ici, dans le désordre, les sites d'Agrhys, d'ORACLE/BVRE Orgeval, de BVET, de l'OHGE, d'Omère, de MSEC, d'Auradé, le karst-Montpelliérain et le LSBB-FdV. Ces deux derniers projets développent une vue pluridisciplinaire et inter-réseaux particulièrement intéressante et innovante. Le second groupe est constitué d'observatoires ne couvrant pas l'ensemble des thématiques scientifiques de CRITEX mais dont les sites sont très prometteurs. On peut en particulier citer l'observatoire de DRAIX, les bassins cévenols (ou du karst) ainsi qu'Amma-Catch. Quelques observatoires sont plus en retrait, ce que nous interprétons comme

étant dû à des forces en présence insuffisantes. S'il existe une volonté communautaire de travailler sur des sites aujourd'hui insuffisamment préparés pour la pluridisciplinarité, nous devons être capable de le faire.

- Du point de vue des porteurs de WP, on note que ceux des WP impliqués dans la mesure de la haute fréquence (Chemical House, Gravimétrie, température, tours de flux) sont plus ouverts aux différents sites des réseaux RBV et H+ que ceux des instruments de caractérisation. Les spécialistes de la mesure sol-atmosphère se déclarent intéressés par Agrhys, Medycyss, et l'Orgeval mais pointent la difficulté du relief sur les autres sites. Les porteurs du WP sur la température soulignent l'intérêt d'Agrhys, de Ploemeur, de Draix, d'Amma, Omère et OHGE. Le porteur de WP Gravimétrie souligne l'intérêt pour OHGE, LSBB, Medycyss et insiste sur le fait que la plupart des sites pourraient bénéficier de campagnes gravimétriques. Les porteurs de WP de caractérisation ont faiblement manifesté leur intérêt pour les sites en dehors des réseaux de collaboration existants. Ceci montre que l'état du dialogue entre porteurs de WP et sites n'est pas assez avancé et que de ce point de vue, le kickoff n'a pas suffi. Cela montre aussi que nous n'avons pas trouvé encore le moyen de « mettre en musique » la caractérisation géophysique des sites.

Campagnes de mesures

Une des difficultés du projet est d'établir une feuille de route, de « guider » les études scientifiques ou l'exploration des observatoires qui devraient naître de CRITEX. Les communautés H+ et RBV ne sont de ce point de vue pas dans le même état d'avancement scientifique, RBV étant moins organisé autour de questions scientifiques structurantes (l'objet d'étude est plus simple, le réseau RBV est plus jeune et les partenaires se connaissent moins bien). CRITEX doit aussi encourager la collaboration entre ces deux réseaux et dans le même temps, le réseau RBV doit progresser dans sa propre démarche intégratrice.

La feuille de route de CRITEX peut être établie en prenant en compte la période d'utilisation des divers instruments.

- Les instruments permettant la caractérisation géométrique ou géophysique seront utilisés lors de campagnes ponctuelles qui doivent être programmées. Cette exploration pourrait faire l'objet de stage de terrain des formations dans les UFR des Universités partenaires de CRITEX. La caractérisation géométrique, géophysique mais aussi géochimique (même si cela est moins évident car la géochimie ne fournit pas de cartographie) est une approche indispensable à la réalisation d'expérience répétées ou du suivi de haute fréquence. Cette partie, systématique, ne conduira pas nécessairement à des articles scientifiques très novateurs. Les WP qui peuvent participer à cette caractérisation géophysique (s.l) des sites sont le drone, le WP de sismique, la cartographie EM, le profilage électrique (ERT), le sondage RMP, l'EM et l'AMT. Cette caractérisation pourrait faire l'objet d'une publication sous la forme d'un volume spécial et fera partie de la base de métadonnée des réseaux H+ et RBV. Des formations adaptées à l'utilisation de 4 techniques « state to the practice » sont prévues dans CRITEX. Il est sans doute utile de désigner au sein du projet CRITEX ou des réseaux un groupe de coordination pour cette exploration géométrique de sites.

- A l'opposé, la mesure en haute fréquence ne peut être organisée et déployée que sur un nombre limité d'observatoires choisis par l'ensemble de la communauté CRITEX. Ce

choix des sites pour la mesure en haute fréquence fait l'objet d'un paragraphe détaillé par la suite.

- Entre ces deux cas de figure extrêmes, le parc d'équipements mobile de CRITEX servira à organiser des campagnes de mesure ponctuelles, éventuellement répétées dans le temps pour comprendre le fonctionnement de la zone critique. L'organisation des ces campagnes de mesure doit être d'abord le résultat d'un questionnement scientifique bien posé, par exemple, liées à l'exploration multi-méthodes d'une crue dans le cas d'un bassin versant. CRITEX doit permettre l'émergence d'études originales sur la dynamique de la zone critique si possible pluridisciplinaires (chimie-physique, hydrologie-géophysique, chimie-hydrologie...) qui se concrétiseront pas des réponses à des appels d'offres ANR, CNRS ou autre. Les fiches remplies par les porteurs de WP et les responsables de site montrent qu'il existe une très forte demande de collaboration interdisciplinaire dans un grand nombre d'observatoires.

Le suivi haute fréquence

CRITEX prévoit l'installation « pérenne » d'une infrastructure pluridisciplinaire pour explorer la haute fréquence temporelle en un nombre limité d'observatoires bien choisis. Plusieurs observatoires se sont portés candidats.

Philosophie générale

CRITEX est fondé sur le concept global et intégrateur des bilans de matière et d'énergie à l'échelle des petits bassins versants, ce qui implique la mesure de la haute fréquence. Le comité de direction estime que l'exploration de la haute fréquence chimique du cours d'eau à l'exutoire est centrale (WP 4). Autour de la *chemical house* (WP4), on peut alors tenter de définir quelles sont les mesures complémentaires et nécessaires à la compréhension du signal de haute fréquence mesuré à l'exutoire et, dans les cas les plus favorables, à l'établissement de bilans. Seule, la *chemical house* risque de conduire à des résultats difficiles à interpréter si elle n'est pas accompagnée d'autres mesures complémentaires. Ainsi, le comité estime que la haute fréquence doit être complétée par :

- Des mesures de haute fréquence de la **température** dans le réseau.
- Des mesures sur les **flux profonds** (sous la surface).
- Des mesures à l'**interface sol-atmosphère** pour les bassins à faible topographie et relativement homogènes.
- Des mesures géophysiques (au sens large) de l'humidité du sol pour caractériser l'hétérogénéité des comportements à l'échelle du sous-bassin. Parmi celles-ci, il semble que la **gravimétrie** en haute fréquence soit la seule possible (dans le budget révisé). Des mesures en continu de la résistivité électrique peuvent aussi être envisagées en haute fréquence et conduire à des résultats.

Cet ensemble de mesures constitue donc les modules de mesures élémentaires sur les sites qui opteront pour l'installation longue (deux ans) d'instruments de mesure CRITEX sous la question, générale mais intégratrice, des bilans de matière et d'énergie.

Critères de sélection des observatoires cibles du suivi de haute fréquence

Sauf à dégrader l'esprit du programme CRITEX, nous devons commencer par un nombre limité de sites pilotes. Il faut donc effectuer un choix parmi les observatoires candidats. Le comité de direction propose les critères suivants pour la sélection des sites cibles pour la mesure de la haute fréquence.

- Ces sites doivent posséder des **chroniques de données physique et chimiques** et être relativement bien connus et décrits spatialement ou dans leur fonctionnement hydrologique.
- Le but premier de CRITEX étant de valider des développements instrumentaux, le **signal** attendu doit être **mesurable** et la dynamique du système hydrologique suffisante par rapport à l'incertitude de mesure. D'où l'importance d'une pré-exploration.
- Les sites choisis doivent être capables de générer de la **multidisciplinarité**. Cela suppose l'existence de plusieurs équipes de recherche de disciplines différentes gravitant autour de l'observatoire et intéressées par l'exploitation des résultats.
- Les sites sélectionnés doivent posséder les **ressources humaines** suffisantes à la mise en route de la haute fréquence, ce qui implique aussi de la disponibilité.
- Les sites doivent être **accessibles** facilement et posséder une **ressource énergétique** suffisante. En outre, il faut que le vandalisme humain ou animal ne soit pas un risque.
- Ces sites doivent être à même d'aller rechercher des **financements complémentaires** institutionnels, régionaux, nationaux et supranationaux.

Proposition pour le démarrage du projet CRITEX

Compte tenu des critères définis plus hauts, le comité de direction estime que plusieurs observatoires des réseaux H+ et RBV, qui sont portés candidats lors du kickoff meeting sont prêts pour l'exploration de la haute fréquence. Ainsi les observatoires Agrhys, BVET, OHGE, LSBB+Fnte Vaucluse, Medycyss et GEK, Omère, ORACLE, Ploemeur répondent aux critères. Nous ne pouvons pas déployer les modules haute fréquence sur tous les sites en même temps. Le comité suggère de mettre naturellement en avant les observatoires s'étant déjà positionnés dans cette démarche avant la signature de CRITEX pour que le projet puisse bénéficier d'un retour d'expérience le plus rapide, disons à deux ans. Cette étape permettra de faire évoluer, au besoin, le projet et explorer la haute fréquence dans des observatoires qui ne sont pas forcément aujourd'hui prêts mais qui évolueront pour le devenir. Le comité insiste sur l'importance de pouvoir suivre en haute fréquence des sites karstiques méditerranéens où des sites où la récurrence des événements extrêmes est importante.

Compte tenu,

- des critères ci-dessus
- des quelques allers-retours avec les sites candidats
- des retours du kick off meeting de Paris
- des préférences émises par les porteurs de WP concernés par la haute fréquence (opportunités, connaissance du terrain, relais locaux),

le comité de direction propose que la phase de développement instrumental de la haute fréquence démarre préférentiellement sur les sites suivants :

- L'observatoire ORACLE dans la Brie apparaît comme un site privilégié pour le développement de la *chemical house* car les entreprises concernées sont en région parisienne et la Région Ile de France apporte un complément financier important. L'observatoire est constitué de plusieurs sous-bassins et il conviendra de choisir lequel de ceux-ci sera intensément exploré en haute fréquence. Le comité suggère qu'un bassin d'extension la plus limitée possible soit choisi.

- L'observatoire AgrHys en Bretagne. Il répond aux critères énoncés. Compte tenu du fait qu'il s'agit d'un bassin agricole, nous ne pourrions faire un bilan entrée – sortie uniquement par des mesures physicochimiques sur le site. Les équipes sont prêtes et les porteurs de WP concernés sont d'accord pour associer leurs forces. Les responsables de cet observatoire pensent que des le bassin de Naizin est le plus adapté des deux bassins versants d'AgrHys pour le projet CRITEX.

- L'observatoire du Strengbach (OHGE) répond également aux critères. Le programme de gravimétrie a débuté avant CRITEX, ainsi que le programme de forage et d'équipement des aquifères profonds. Les équipes de l'EOST sont prêtes. Cet observatoire fait partie des sites les moins perturbés par l'activité humaine mais reste toujours dans la phase de réponse à l'acidification des années 70. La thématique des tours de flux nécessite encore quelques discussions au vu des fiches remplies lors du kick-off meeting.

Pour conclure sur les sites de CRITEX qui investiront l'exploration haute fréquence, le comité de direction envisage de proposer au comité des tutelles que les trois sites nommés précédemment inaugurent l'étape de démarrage du projet CRITEX. L'expérience acquise lors de cette période de 2-3 ans permettra de mettre en place la stratégie ultérieure. Le comité insiste très fortement sur trois points :

- ce choix nécessaire ne doit pas décourager les sites qui ne débiteront pas le programme de haute fréquence dès maintenant. L'expérience des sites qui démarreront permettra à ceux qui suivront d'être plus performants ;
- le projet CRITEX n'est pas que de la mesure en haute fréquence
- le parc instrumental de CRITEX doit innover tous les sites des réseaux RBV et H+
- les données acquises sur les sites choisis devront être partagées avec les autres sites des réseaux, être mises à disposition pour des discussions scientifiques communes et être valorisées via des publications inter-sites et WP.

Paris, 18 mai 2013.

Jérôme Gaillardet, Laurent Longuevergne

au nom du comité de direction (G. Nord, A. Probst, P. Mérot, P. Davy, L. Longuevergne, G. Tallec, C. Valentin).