

## IFR ILEE – Projet scientifique détaillé

### Le contexte

L'eau et la répartition de sa ressource disponible pour les sociétés humaines sont au centre des préoccupations environnementales planétaires. Le contexte actuel de changement climatique et de pression anthropique fait que l'accès à une eau en quantité suffisante et de bonne qualité constitue un enjeu majeur qui s'inscrit dans les positionnements stratégiques au cœur des débats internationaux. On parle de *géopolitique de l'eau*<sup>1</sup>. La disponibilité des ressources en eau a souvent été une source de conflits dans le passé ; elle l'est encore aujourd'hui et beaucoup de spécialistes de ces questions s'accordent à penser qu'elle le restera encore dans un futur qui risque de se prolonger. De grandes rencontres internationales ont été organisées (Mar del Plata, 1976 ; Dublin et Rio de Janeiro, 1992 ; La Haye, 2000 ; Kyoto, 2003). Des organisations ou des programmes internationaux ont vu le jour (*Global Water Partnership*, Conseil Mondial de l'Eau, *International Water Management Institute*, Programme Hydrologique Internationale<sup>2</sup>).

Les questions liées à la disponibilité de l'eau sont particulièrement délicates là où la ressource est faible ou mal distribuée (bassin méditerranéen, régions de mousson, zones arides et désertiques, etc.), là où les conditions climatiques engendrent des événements catastrophiques, là où les activités humaines (agriculture, industrie, urbanisme, mines, production énergétique, etc.) conduisent à une dégradation rapide et quelque fois irréversible de sa qualité, et, enfin, là où elle fait l'objet de la convoitise d'usagers potentiels aux intérêts contradictoires.

En 1986, dans un article resté célèbre<sup>3</sup>, V. Klemeš constatait que la *science de l'eau* n'existe pas en tant que telle : les questions posées par l'eau sont traitées par des spécialistes provenant des horizons les plus divers : physiciens, géologues, chimistes, hydrauliciens, agronomes, économistes, statisticiens, géographes, climatologues, historiens, sociologues, légistes, urbanistes, professionnels de santé, etc.. Chacun d'entre eux aborde la question qu'il souhaite traiter, ou qu'il lui a été demandé de traiter, avec la vision, les méthodes et le langage de sa discipline. Le résultat est immanquablement incomplet.

Dès le début des années 80, les principaux établissements de recherche français ont installé à Montpellier des équipes travaillant dans un grand nombre de thèmes centrés sur l'eau au voisinage des institutions universitaires dont la compétence dans ce domaine était déjà reconnue. Très vite des liens, au début personnels, puis rapidement institutionnels, se sont tissés et des manifestations communes se sont développées : participations des équipes de recherche comme *équipes d'accueil* pour les DEA et les Doctorats, constitution du groupement *Gerfeau*<sup>4</sup>, construction de la Maison des Sciences de l'Eau, création d'une première unité mixte (GBE<sup>5</sup>, devenue depuis HSM<sup>6</sup>), élaboration d'un *Programme de Coordination des recherches sur les Systèmes Irrigués (PCSI)*, etc.

La nécessité de répondre aux questions cruciales posées par la *société civile* en échappant à l'incohérence détaillée par Klemeš, entraîne nécessairement le regroupement des compétences pour un meilleur partage et l'élaboration de réponses pertinentes. La plupart de ces compétences sont présentes à Montpellier et dans sa région comme probablement nulle part ailleurs en France.

Dès 1998, l'idée d'un institut fédératif de recherche avait été évoquée par les partenaires montpelliérains des sciences de l'eau afin de rassembler les moyens et les compétences, tout en laissant à chaque institution le soin de répondre à ses missions particulières ; mais le cadre administratif pour un tel projet n'existait pas. Aujourd'hui, ces conditions sont réunies et la motivation de toutes les équipes concernées est particulièrement vive pour proposer un projet scientifique orienté vers des défis qu'elles souhaitent relever ensemble à moyen terme. Ancrée sur un réseau d'établissements d'enseignement supérieur (deux universités et trois écoles d'ingénieurs), la formation académique et professionnelle revêt une importance toute particulière dans le projet. La place de Montpellier au carrefour de l'Europe et des pays du sud – bassin méditerranéen et région tropicale – donne à ce projet une valeur particulièrement précieuse dans un

---

<sup>1</sup> Géopolitique de l'eau. Numéro 102 de la revue *Hérodote* (directeur Y. Lacoste), 3<sup>ème</sup> trimestre 2001, Ed. La Découverte, Paris.

<sup>2</sup> Le PHI est placé sous l'égide de l'UNESCO. Sa sixième phase (2002-2007) est centrée sur *L'eau – phénomènes d'interaction : systèmes menacés et grands problèmes sociaux*.

<sup>3</sup> V. KLEMEŠ, 1986. Dilettantism in Hydrology: Transition or Destiny. *Water Resources Research*. 22(9):177S-188S

<sup>4</sup> Groupe d'Etudes, de Recherches et de Formation sur l'Eau.

<sup>5</sup> Géofluides, Bassins, Eau

<sup>6</sup> Hydrosiences Montpellier

monde futur où le partage des ressources naturelles est une condition nécessaire de la survie, si possible harmonieuse, des sociétés humaines.

## Le projet scientifique

### Une grille de lecture selon trois points de vue

Onze unités scientifiques ont décidé d'unir leurs efforts. Le cadre de travail qu'elles se donnent doit être parfaitement défini autour de concepts admis et compris par tous.

Nous avons choisi de décrire notre projet selon trois points de vue différents : celui des *domaines cognitifs* qui se complètent, celui d'*approches structurantes* sur lesquelles les unités se retrouvent et, enfin, celui des *axes méthodologiques* partagés.

### Des domaines cognitifs complémentaires

Le *cycle hydrologique* se trouve au cœur de notre projet. Contraint par la variabilité climatique, par la dynamique environnementale naturelle et par les activités humaines, il est à l'origine de la *ressource en eau* intégrant de manière indissociable eaux de surface et souterraines, et sa distribution dans le temps et dans l'espace. *Aux flux d'eau sont associés* de nombreux autres flux dont certains sont utiles et d'autres sont plus problématiques pour les sociétés et leurs environnements. Il s'agit non seulement de matières dissoutes ou en suspension, mais aussi de flux immatériels comme les flux d'énergie ou les flux économiques.

La ressource en eau, généralement considérée comme renouvelable - même si ce n'est pas toujours le cas - est nécessaire à l'évolution naturelle de la planète, au maintien de la biodiversité et au fonctionnement des sociétés humaines. Les différents acteurs demandent pour cela un certain volume et une certaine qualité de l'eau. Lorsque cette demande est totalement ou partiellement satisfaite, elle conduit à différents *usages*. Certains la consomment ; d'autres la restituent au milieu, mais avec une qualité souvent altérée. Parmi les différentes consommations d'eau par l'homme, l'irrigation occupe une place à part, représentant à elle seule plus de 70% de tous les usages.

La ressource en eau, ses usages et les flux associés sont accompagnés de toutes sortes de *risques* pour les sociétés humaines et pour l'environnement qu'il faut tenter de prévoir et de maîtriser : crues et sécheresses, inondations, érosion, salinisation, pollutions et contaminations, conflits d'usages, ruptures ou détérioration d'ouvrages hydrauliques, choix économiques ou culturels, etc.

### Des approches structurantes

Les équipes participant au projet d'IFR partagent un certain nombre de questions qui s'articulent autour de concepts que nous qualifions d'*approches structurantes*. Elles constituent en effet le ciment de la construction qui consiste à associer des scientifiques dont les spécialités et les méthodes diffèrent.

La notion de *gestion* se trouve centrale à toutes les préoccupations de l'IFR : *gestion de la ressource* en eau et en environnement, *gestion de la demande* en l'eau, prenant en compte les interactions complexes entre les besoins et les usages, *gestion des risques* enfin qui peuvent être liés à des aléas naturels ou aussi aux usages, avec des conséquences physico-chimiques, sanitaires, mais aussi sociales et économiques.

Une autre notion fondamentale est celle de *territoire* qui donne l'échelle et les limites géographiques des approches communes aux équipes de l'IFR. Ces *territoires* correspondent généralement aux *bassins versants* pour les hydrologues ; mais ces derniers sont inadaptés pour traiter les questions associées aux activités humaines et ce sont plutôt *des systèmes géographiques limités* définis par des notions politiques, économiques, agronomiques, sociales, etc. qui seront les plus pertinents. Au sein de l'IFR, on s'intéressera plus particulièrement aux *régions méditerranéennes et tropicales*.

Enfin plusieurs approches structurantes se déclinent sous la forme de binômes indissociables :

- *Surface/souterrain* : le cycle hydrologique ne peut s'étudier qu'en prenant en compte tous les compartiments : atmosphère, eau de surface (y compris neige et glace), biosphère, zone non saturée du sol, eau souterraine.
- *Quantité/qualité* : plusieurs équipes de l'IFR possèdent une maîtrise des approches quantitatives ou qualitatives des flux hydriques et des flux associés. Cependant les recherches abordant les deux aspects simultanément sont encore rares. La réunion au sein de l'IFR de compétences tant dans le compartiment superficiel que dans le compartiment souterrain doit stimuler le développement de cette approche qui sera incontournable.

- Les binômes *dimension spatiale/dimension temporelle* et *échelles locales/échelles régionales* sont déjà au centre des réflexions de toutes les équipes de recherche de l'IFR. On note toutefois que l'association au projet d'une équipe, l'UMR 3S<sup>7</sup>, dont les activités sont entièrement consacrées à ces questions, est un atout considérable pour toute la fédération.
- *Ressource/demande et usage*: cette interaction entre la dynamique du milieu physique et la dynamique sociale est probablement la plus difficile à mettre en œuvre. Elle fera l'objet d'une attention soutenue de la part de plusieurs unités de l'IFR.

## Des axes méthodologiques

Une troisième lecture du projet scientifique est possible en détaillant les méthodes scientifiques communes aux équipes scientifiques qu'il fédère.

Il s'agit en premier lieu des techniques de *modélisation et de simulation numérique* avec des approches conceptuelles et stochastiques sur des objets physiques, environnementaux ou sociétaux. Ces modélisations supposent la mise au point et l'administration de *bases de données* fondées soit sur des observations faites par les équipes du projet, soit acquises dans le cadre de *partenariats* ou de *réseaux*. Plusieurs équipes de l'IFR possèdent une expérience reconnue dans ces domaines

La donnée d'observation est une denrée rare et chère qu'il convient de privilégier car elle est à la base de la démarche scientifique en sciences de l'environnement. Elle passe aujourd'hui par des *observatoires*, véritables laboratoires de terrain dont la principale caractéristique est de s'inscrire dans la durée. Les ORE<sup>8</sup>, récemment mis en place par le Ministère de la Recherche, sont un outil privilégié de cette démarche (mais pas le seul) et l'IFR devrait être acteur principal ou associé de plusieurs d'entre eux.

Pour représenter ces données dans l'espace et dans le temps, l'utilisation de *systèmes d'information environnementale* et le recours aux méthodes de la *géomatique* est un passage obligé en complétant les observations de terrain parfaitement identifiées dans l'espace-temps. L'imagerie satellitaire est un élément très important de cette approche. Les équipes de l'IFR devraient avoir accès aux meilleurs outils et aux meilleures méthodes disponibles pour traiter et intégrer l'information. Elle sera même capable de proposer de nouveaux outils et de développer de nouvelles méthodes. En complément indispensable une réflexion sera conduite sur la *mesure* des variables pertinentes sur le terrain avec la mise au point de nouveaux matériels de *métrologie* et en effectuant une *veille technologique* soutenue. Il faut noter qu'une partie de l'information repose sur la caractérisation par des approches économiques et sociologiques des usages et modes d'accès à la ressource, ainsi que sur les stratégies des acteurs individuels et collectifs.

Enfin, ces dispositions doivent être complétées par un ensemble d'outils d'analyse et de mesure en laboratoire en liaison avec les opérations de terrain. Pour faciliter cette alternance, une attention particulière sera portée sur l'optimisation des procédures d'observation de terrain et des prélèvements d'échantillons pour analyse, afin de garantir la *traçabilité* des résultats et de rendre exploitables et comparables des données de différentes natures (physique, physico-chimique et biologique). Plusieurs équipes de l'IFR possèdent l'expertise et une partie des moyens analytiques et humains pour répondre à ces exigences. L'échange d'expériences et l'intercommunication entre les méthodes et les personnels sur le terrain et au laboratoire seront ainsi valorisés au sein de l'IFR.

## Des défis à relever

Sans faire un inventaire exhaustif des activités qui seront menées conjointement par plusieurs unités de l'IFR, certaines d'entre elles apparaissent prioritaires et font l'objet de *défis à relever* pour l'Institut dès l'échéance des quatre années de son premier mandat, tout en essayant d'avoir une vision à plus long terme (dix ans). Ces défis sont au nombre de six et concernent : (i) l'impact de la variabilité climatique, (ii) l'organisation et l'évolution des versants cultivés, (iii) les milieux hydrologiques discontinus, (iv) la contamination des milieux aquatiques, (v) les hydrosystèmes aménagés, les territoires et les sociétés, (vi) les risques.

## L'impact de la variabilité climatique

Par son instabilité et la variabilité de ses impacts à différentes échelles spatiales et temporelles, le climat s'est imposé dans les dernières décennies comme une priorité de la recherche. L'incidence des variations climatiques sur les sociétés apparaît déterminante dans de nombreux secteurs de l'économie et conditionne le devenir même de ces sociétés. La prospective à moyen et long terme, propre au concept du développement durable, implique la prise en compte, dans les politiques de gestion de l'eau, des

<sup>7</sup> Structures et Systèmes Spatiaux

<sup>8</sup> Observatoires de Recherche en Environnement.

modifications du cycle hydrologique causées tant par les variabilités du climat que par les activités humaines<sup>9</sup>. Associés au réchauffement climatique global, les changements devraient aussi concerner la nature et la fréquence des événements météorologiques extrêmes.

La sensibilité particulière des régions méditerranéennes et tropicales à la variabilité climatique, et les contrastes climatiques régionaux très marqués qui en résultent, sont à l'origine de phénomènes extrêmes dont les manifestations les plus notables sont les inondations et les sécheresses. Elles constituent donc des régions privilégiées pour mener à bien ce type d'études, et ont déjà été investies par les équipes de l'IFR dans différents domaines scientifiques et autour de plusieurs chantiers (Tunisie, Liban, Arc Méditerranéen français, Afrique de l'Ouest, Amérique du Sud). Dans ce schéma, deux types de contexte sont particulièrement intéressants :

- les zones semi-arides, du fait de la vulnérabilité de leur environnement souvent soumis à une pression anthropique lourde (mises en culture, déforestation continue, sédentarisation, etc.) ;
- les milieux d'altitude, dont certains sous influence glaciaire ou nivale, très sensibles à la variabilité du cycle hydrologique et constituant souvent une ressource en eau unique pour les populations.

L'IFR se donne comme défi de caractériser les variations actuelles et passées du climat, et de mieux comprendre l'impact de ces variations sur la quantité et la qualité de l'eau dans les différents réservoirs continentaux (lacs, rivières, sols, aquifères, neiges et glaces) et sur les autres facteurs de l'environnement aux échelles locales et régionales. Cet objectif impose d'identifier et de modéliser les processus du cycle de l'eau (distribution des précipitations, transfert vers et accumulation dans les compartiments superficiels et internes, échanges hydriques et énergétiques continent / atmosphère) et dans des systèmes où la nature du *milieu récepteur* (sol, végétation, topographie) joue un rôle prépondérant. Aux approches locales, c'est une représentation physique des phénomènes qui permet le couplage entre variabilité climatique et impact hydrologique. Aux échelles régionales la relation entre précipitations et écoulements est abordée dans un cadre plus conceptuel, parfois aussi stochastique.

## Organisation et évolution des versants cultivés

La poursuite de la croissance démographique et l'intensification des modes d'utilisation des sols conduisent à des enjeux environnementaux et agronomiques essentiels dans les milieux cultivés : maîtriser les crues et l'érosion hydrique, préserver, restaurer et évaluer la qualité des ressources en eau et en sol, diagnostiquer les risques environnementaux liés aux utilisations actuelles et futures des sols, créer des réseaux de surveillance de la qualité des eaux et du milieu.

La communauté scientifique, fortement interrogée par la société pour prévoir et maîtriser les impacts hydrologiques à moyen et long terme des actions anthropiques, a développé de nombreux outils pour représenter l'hétérogénéité des hydrosystèmes, suivre leur évolution et modéliser leur fonctionnement : cartographie par télédétection, systèmes d'informations géographiques, modèles hydrologiques spatialisés permettant de simuler les écoulements, les transports solides et la qualité de l'eau. De nombreuses questions restent en suspens, parmi lesquelles on peut citer :

- Les problèmes de changement d'échelles : agrégation / désagrégation, invariant d'échelle<sup>10</sup> ;
- Les effets des discontinuités naturelles ou artificielles sur la production et le transfert d'eau, de sédiments et de solutés, sur la dégradation des polluants<sup>11</sup> ;
- La détermination des processus et temps caractéristiques de réponse des hydrosystèmes aux forçages conjugués du climat et de l'action de l'homme<sup>12</sup>.

Dans ce contexte, plusieurs équipes de l'IFR – et tout particulièrement les UMR LISAH<sup>13</sup> et HSM - ont choisi le modèle méditerranéen pour affiner les observations sur le milieu cultivé et développer une recherche sur les processus hydrologiques le caractérisant. En effet, ce milieu subit de fortes contraintes hydrologiques (crues extrêmes, sécheresses prolongées) avec des implications économiques significatives. De plus, l'accroissement rapide de la densité de population a des conséquences notables sur la gestion de l'espace cultivé et de sa productivité.

<sup>9</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, 2001. Summaries for policy makers and technical summaries of working groups I and II. Third assessment report (TAR). February 2001. UNEP/WMO

<sup>10</sup> BECKER, A., BRAUN, P., 1999. Disaggregation, aggregation and spatial scaling in hydrological modelling. *Journal of Hydrology*, 217, 239-252.

<sup>11</sup> TAKKEN, I., JETTEN, V., GOVERS, G., NACHTERGAELE, J., STEEGEN, A., 2001, The effect of tillage-induced roughness on runoff and erosion patterns. *Geomorphology*, 37: 1-14

<sup>12</sup> MOLENAT, J., DAVY, P., GASCUEL-ODOUX, C., DURAND, P., 2000. Analysis of the hydrological and hydrochemical of three catchments by spectral and cross-spectral methods. *Phys. Chem. Earth*, 25, 391-397.

<sup>13</sup> Laboratoire d'Etude des Interactions entre Sols, Agrosystèmes et Hydrosystèmes

Un dispositif conjoint sur les deux rives de la Méditerranée (ORE OMERE<sup>14</sup>) permettra à moyen et long termes des observations structurées (1) sur les régimes d'écoulements, les processus d'érosion physique et chimique des sols et l'évolution de la qualité des eaux superficielles et souterraines, et (2) sur l'évolution spatio-temporelle de l'état et des fonctions de forçage des hydrosystèmes soumis aux actions anthropiques (occupation du sol, aménagements hydroagricoles, pratiques agricoles et d'usage de l'eau, prélèvements d'eau). Ces observations incluent une gamme suffisante de conditions de fonctionnement des hydrosystèmes pour élaborer et évaluer des modèles génériques et des indicateurs d'une évolution à long terme de l'impact des actions anthropiques.

### Les milieux hydrologiques *discontinus*

Au cours des cinquante dernières années, on a bénéficié de la mise au point d'une large panoplie d'outils de gestion de la ressource en eau dont la transposition dans le domaine opérationnel a permis la mise en oeuvre des politiques de développement économique de vastes régions de par le monde, tant au sein des pays développés qu'en voie de développement. Grâce à ces méthodes et outils, les ressources en eau des régions où dominent les aquifères à porosité d'interstices (alluvions, sables, grès, calcaires, etc.) ont pu être largement mises en valeur et exploitées selon les règles du développement durable.

D'autres types de milieux hydrologiques, en raison de leur plus grande complexité apparente, ne disposent pas encore de ce type d'outils. Ils représentent néanmoins de très forts enjeux à moyen terme, aussi bien à l'échelle européenne que mondiale, tant par la surface et le contexte climatique des régions concernées et donc le caractère incontournable des ressources en eau qu'ils renferment, que par l'importance des volumes mobilisables :

- Les aquifères des régions karstiques<sup>15</sup> ne font encore et majoritairement l'objet que d'une économie de cueillette (exploitation du débit de débordement des sources), alors que les volumes d'eau stockés au sein de ces nappes sont souvent considérables, et que leur très bonne aptitude à la recharge par les précipitations autorise la mise en oeuvre de politiques très efficaces de "gestion active" de ces milieux (augmentation de la recharge des aquifères, donc des volumes exploitables, du fait même de leur exploitation), tout en préservant l'environnement (par exemple, maintien de débits réservés au sein des cours d'eau qu'ils alimentent). Ces ressources en eau constituent l'une des clés de la réponse à l'augmentation des besoins en eau, tout particulièrement sur le pourtour du bassin méditerranéen. Plusieurs équipes de l'IFR ont mis en oeuvre des travaux de recherche conjoints sur ce thème.
- Les aquifères de région de socle (roches de type granitique et métamorphique) concernent de très vastes régions de par le monde (la grande majorité des continents africain, sud et nord-américains, l'Inde, etc.)<sup>16</sup> qui expliquent le caractère dispersé de la répartition de la population et la sévérité des débits d'étiage des cours d'eau. Ils présentent des ressources en eau souterraine beaucoup plus modestes qui expliquent en général le caractère dispersé de la répartition de la population. Les dernières décennies ont néanmoins vu le développement de techniques efficaces d'exploitation des eaux souterraines qui ont permis ou vont permettre d'accompagner le développement économique des régions concernées. Ainsi, à titre d'exemple, l'autosuffisance alimentaire indienne est pour une part très significative basée sur l'irrigation à partir des eaux souterraines d'aquifères de socle. La forte augmentation de l'utilisation de ces "nouvelles" ressources en eau requiert la mise au point d'outils/méthodologies permettant d'en assurer une gestion durable à l'échelle du bassin versant, tant du point de vue économique qu'environnemental. Cette échelle d'approche semble accessible compte tenu des progrès récemment réalisés du point de vue de la régionalisation des propriétés de ces milieux.
- En valeur absolue, les régions volcaniques représentent des domaines relativement réduits à l'échelle du globe. Les ressources en eau qu'elles renferment peuvent néanmoins revêtir une importance cruciale, en particulier dans de nombreux milieux insulaires exclusivement volcaniques<sup>17</sup>. Même si leur spécificité requiert des approches très différentes, la problématique qui y est posée est assez similaire à celle des milieux karstiques et de socle : le passage d'une économie de cueillette à la gestion active de leurs ressources en eau et le développement de méthodes de gestion à l'échelle du bassin versant.

---

<sup>14</sup> OMERE : Observatoire Méditerranéen de l'Environnement Rural et de l'Eau

<sup>15</sup> FORD D.C., WILLIAMS P.W., 1989. Karst geomorphology and hydrology. London, Chapman & Hall (éd.)

<sup>16</sup> Par exemple : TAYLOR R., HOWARD K., 2000. A tectono-geomorphic model of the hydrogeology of deeply weathered crystalline rock: evidence from Uganda. *Hydrogeology Journal*, 8(3):279-294.

<sup>17</sup> PETERSON F.L., 1992. Hydrogeology of volcanic oceanic islands. *29th International Geological Congress (I.G.C.)*, Sakura-Yasuo, 163-171. Kyoto, Japan: Verlag Heinz Heise, Hanover, RFA

La mise au point d'outils permettant la mise en valeur et la gestion durable des ressources en eau de surface et souterraine de ces milieux "non conventionnels" constitue l'un des enjeux majeurs de l'IFR à l'échéance de quatre ans.

## La contamination des milieux aquatiques

La récente Directive Cadre Européenne sur l'Eau et sa transposition (en cours) en droit français, insiste sur la nécessité d'atteindre un bon état chimique et écologique de l'ensemble des ressources en eau (eaux de surface et souterraines notamment). Il est donc indispensable d'inclure le volet qualitatif de la ressource dans les projets scientifiques étudiés par l'IFR.

Que ce soit des substances dangereuses prioritaires au sens de la future réglementation (arsenic, par exemple) ou de « polluants » plus globaux d'origine naturelle ou anthropique (sels, fluors, nitrates, matière organique / carbone organique total, matières en suspension, etc.), leurs effets souvent croisés et appréciables notamment par la mise en oeuvre de tests écotoxicologiques adaptés, se doivent d'être appréhendés afin d'évaluer les impacts sur le milieu naturel et l'environnement, ainsi que le risque sur les écosystèmes et l'homme<sup>18</sup>.

L'expertise de certaines équipes de l'IFR dans ce domaine et plus particulièrement dans le développement et/ou la mise en oeuvre de systèmes simples de surveillance de la qualité des eaux et d'évaluation des effets écotoxiques, et dans l'étude des interactions interphases et multiparamétriques, permettra d'apporter aux différents projets la dimension de la *composition de l'eau continentale* indispensable dans le cadre d'un développement durable.

## Hydrosystèmes aménagés, territoires et sociétés

Dans plusieurs chantiers de l'IFR où la ressource en eau est limitée, la nécessaire gestion de la pénurie a favorisé la construction d'aménagements hydrauliques et l'émergence de sociétés fortement structurées. La maîtrise, l'exploitation et la répartition des ressources hydriques disponibles ont conduit à la mise en place d'hydrosystèmes complexes dans lesquels l'utilisation intensive de la ressource remet en cause les équilibres naturels<sup>19</sup>.

Pour pallier les déphasages entre ressource, demande et usage, on peut dans un premier temps, étudier des mesures techniques visant à intensifier et à généraliser les économies d'eau. Mais c'est une solution transitoire et il sera nécessaire soit de réorienter l'agriculture vers des ressources en eau marginales ou dégradées, soit de réduire volontairement les parts des ressources allouées à l'agriculture, malgré des demandes alimentaires croissantes et les désirs d'autosuffisance de nombreux pays.

Depuis trois ans, les chercheurs montpelliérains du Cemagref, du CIRAD et de l'IRD travaillant dans le domaine de l'eau et de l'agriculture ont mis en place un Programme de Coordination de leurs recherches sur les Systèmes Irrigués (PCSI) pour mieux répondre aux défis posés par la gestion de l'eau dans les bassins versants irrigués. Les compétences rassemblées permettent de rendre compte, d'une part, du déterminisme et du fonctionnement des usages, et, d'autre part, de leurs impacts environnementaux, depuis la parcelle jusqu'au territoire où ils peuvent servir les approches intégrées.

Dans cette perspective, il faut prendre en considération une demande « sociale » forte accentuée par la mise en application de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau qui établit la nécessité d'un état des lieux et d'une gestion intégrée des ressources en eau et des milieux aquatiques à l'échelle des districts hydrographiques, pour atteindre des objectifs de bonne qualité des milieux dès 2015. Au delà des frontières communautaires, les institutions nationales et régionales, ainsi que certaines ONG tentent de mettre en place des mécanismes de régulation ou de réhabilitation pour subvenir aux besoins des populations (alimentation en eau potable, irrigation, industrie) et faire face aux exigences des activités de tourisme et de loisir dont l'importance croît, y compris dans les pays du Sud.

L'IFR doit pouvoir répondre à cette demande en remettant en cause les connaissances et les méthodes aujourd'hui disponibles, mais encore insuffisantes compte tenu de la complexité des objectifs de gestion sur des territoires en évolution rapide. En effet, les opérateurs de gestion et les services techniques publics ou privés ont une capacité limitée pour élaborer eux-mêmes des solutions pertinentes et durables et doivent s'appuyer sur une recherche forte et capable de supporter les risques de l'innovation.

---

<sup>18</sup> Par exemple : KIRCHNER, J.W., FENG, X., NEAL, C., 2000. Fractal stream chemistry and its implications for contaminant transport in catchments. *Nature*, 403, 524-527

<sup>19</sup> GLEICK P.H. (Ed), 1993. Water in crisis. A guide to the World's fresh water resources. Oxford University Press. 473 p.

Les approches intégrées pour une gestion durable de l'eau à l'échelle des bassins versants sont encore balbutiantes. Il faut dépasser le simple couplage de modèles physiques incluant la biosphère et de représentations socio-économiques. Disposer de concepts et de méthodes validées pour une approche intégrée des territoires méditerranéens et tropicaux tout en apportant une critique scientifique des interventions envisagées, constitue ce défi important de l'IFR.

## Les risques

Les risques naturels définissent un domaine spécifique qui peut être structurant parce que ses enjeux comportent implicitement des notions multiples d'aménagement, de gestion, de caractérisation du territoire, d'aspects spatiaux et sociaux. Plusieurs équipes sont fortement impliquées dans les risques liés au cycle de l'eau sur les thèmes inondations, érosion, pollutions diffuses d'origine agricole, éco-toxicologie, impact de l'état hydrique sur les risques de feux de forêt.

La compréhension et la gestion des risques passent par les notions d'aléa et de vulnérabilité puis par des techniques de croisement d'information pour une meilleure aide à la décision. A travers l'aléa c'est le phénomène hydrologique complet qui doit être connu et modélisé sur le domaine concerné, avec une précision adéquate. Cette préoccupation rejoint toutes les questions de compréhension et de caractérisation des éléments du cycle de l'eau<sup>20</sup>. La vulnérabilité apporte les aspects anthropiques et les interrogations sociales. La prise en compte de la dimension spatiale des deux composantes du risque est indispensable. Les croisements nécessaires à la définition du risque font donc appel aux notions et techniques de spatialisation de l'information et d'analyse et de représentation spatiale. Ces méthodes d'analyse s'appuient sur la notion d'agrégation/désagrégation de l'information et nécessitent la mise en place de protocoles d'observations adaptés.

La problématique des risques naturels intègre aussi plusieurs composantes de recherche transversales qui relèvent de la géomatique :

- Les spécifications des systèmes d'observation de l'aléa et de la vulnérabilité, en particulier par télédétection, et les techniques de traitement de ces données d'observation, notamment comme entrées de modèles ;
- La structuration de ces données et de leurs indicateurs au sein de bases de données spatio-temporelles et l'interopérabilité entre les différents systèmes d'information (pour les aménagements, la gestion, l'alerte, le traitement de crises) ;
- La maîtrise des différentes représentations spatiales du risque (au niveau cognitif et au niveau du média) pour faciliter la communication entre les acteurs sociaux concernés<sup>21</sup>.

Ces problématiques sont donc au cœur des défis de l'IFR, en équilibre entre des aspects cognitifs de compréhension, analyse, suivi, et des aspects opérationnels de gestion, d'action pour réduire l'impact des phénomènes naturels. Elles peuvent servir de liant pour des travaux interdisciplinaires.

## Une stratégie pour la formation

L'IFR se développe dans un dispositif de formation complet à la fois académique et professionnel.

Il est prioritairement inscrit dans le cadre de l'*Ecole Doctorale des Sciences de la Terre et de l'Eau* (direction : Marc Daignières) basée à l'Université Montpellier 2 au travers de deux formations doctorales, l'une ancienne « *Sciences de l'Eau dans l'Environnement Continental (SEEC)* » (direction : Michel Desbordes), l'autre pour laquelle une demande d'habilitation a été déposée pour la contractualisation 2003-2006 « *Information Géographique pour l'Environnement (IGE)* » (direction : Christian Puech). Toutefois toutes les équipes de l'IFR ont des relations avec d'autres formations doctorales localement au sein des universités Montpellier 1 et 3, à l'ENSAM et à l'ENGREF, et aussi dans d'autres établissements d'enseignement supérieur nationaux et à l'Etranger, en particulier dans les régions méditerranéennes et tropicales (entre autres : Université de Tunis, Université de Marrakech, Université Saint-Joseph à Beyrouth, Université Cheick Anta Diop à Dakar, Université du Bénin à Cotonou, Université de São Paulo au Brésil, Université de Pretoria et du Natal en Afrique du Sud, etc.).

---

<sup>20</sup> The future of distributed hydrological modelling. Numéro spécial de *Hydrological Processes*, 16(2), 2002

<sup>21</sup> LARDON S., MAUREL P., PIVETEAU V., 2001. Représentations spatiales et développement territorial. Lardon S., Maurel P., Piveteau V. (Eds), Paris : Hermès, 2001, 437 p.

La formation en sciences de l'eau à l'Université Montpellier 2 a été conçue, dès le départ, au travers d'une approche transdisciplinaire, orientée en particulier vers la formation d'ingénieurs. Le département *Sciences et Technologie de l'Eau* (STE), composante de l'*Institut des Sciences de l'Ingénieur de Montpellier (ISIM)*, propose, ainsi un cursus original unique en Europe s'appuyant sur six secteurs scientifiques et techniques en sciences de l'eau (hydrologie, hydraulique, hydrogéologie, hydrobiologie, chimie de l'eau et génie des procédés). Cette formation a été à l'origine de développements d'axes de recherche au sein de l'université de la part des enseignants-chercheurs, axes qui se sont renforcés et diversifiés au fil des ans avec la collaboration des autres acteurs de recherche dans la région au grès de leur implantation en Languedoc-Roussillon (IRD, Cemagref, CIRAD, BRGM, etc.). Par ailleurs, le centre de Montpellier de l'ENGREF conduit la formation des ingénieurs du GREF qui se spécialisent dans les eaux continentales et une formation en maîtrise de la même spécialité.

L'évolution annoncée de la structuration de l'enseignement supérieur français vers le schéma 3-5-8 (Licence – Mastère – Doctorat) aura sans doute des conséquences profondes sur le fonctionnement de l'IFR. En effet, l'intervention actuelle des équipes de recherche se situe majoritairement au niveau du 3<sup>ème</sup> Cycle (DEA, DESS, Doctorat). La nouvelle configuration amènera ces équipes à travailler plus activement au niveau intermédiaire (celui du Mastère) et par conséquent à s'intéresser beaucoup plus aux filières professionnelles qu'elle ne le fait aujourd'hui où elles se consacrent quasiment exclusivement à la formation à la recherche par la recherche.

Enfin certaines unités de l'IFR, ont parmi leurs tâches spécifiques, celle de l'organisation de sessions de formation :

- Stages de terrain en hydrométrie pour les étudiants de DEA ;
- Stages de formation continue dans le domaine de l'ingénierie de l'eau destinées à des professionnels nationaux (par exemple, les techniciens des DRIRE<sup>22</sup> ou DIREN<sup>23</sup> ou les ingénieurs du ministère de l'agriculture ou de collectivités territoriales) ou internationaux avec la proposition de stages programmés, dont certains sont en langue anglaise. Ces actions commencent à être déclinées sous forme de dispositifs ouverts, s'appuyant sur les nouvelles technologies de l'information et de la communication, autorisant la réalisation de formations à distance pour des publics diversifiés.

L'IFR devrait être l'occasion de renforcer ce potentiel.

## **Un enjeu régional, national et international**

La première dimension de l'IFR concerne naturellement l'espace méditerranéen où certaines des équipes associées ont déjà, souvent depuis longtemps, constitués des programmes de recherche régionaux ou des réseaux avec des partenaires méditerranéens. Cet espace méditerranéen s'étend implicitement au domaine tropical dans lequel l'expérience des équipes *spécialisées* de l'IRD et du CIRAD, mais aussi du Cemagref, du BRGM et de l'ENGREF, ont acquis une connaissance probablement sans équivalent dans la communauté scientifique nationale s'intéressant à l'eau dans l'environnement continental. Plusieurs équipes sont acteurs de réseaux ou de partenariats scientifiques internationaux dans ces régions.

Un ensemble complémentaire de structures fédératives est en train de se construire à Montpellier, dont les champs d'intervention se recoupent tous sur les régions méditerranéennes et tropicales. Il s'agit avec notre projet d'IFR, de l'IFR « biodiversité » (dir. : Nicole Pasteur), des projets d'IFR « ressources vivantes et écosystèmes aquatiques » (dir. : Marc Trousselier), ainsi qu'« agrosystèmes et écosystèmes » (dir. : Christian Feller) et, enfin, du projet d'« Observatoire des Sciences de l'Univers de Montpellier », (dir. : Philippe Machetel). L'IFR ILEE trouve naturellement sa place dans cet ensemble qui donne au pôle montpellierain de recherche en environnement une solide cohérence.

La capacité des sociétés méditerranéennes et de certaines sociétés tropicales à s'adapter rapidement aux conséquences des modifications climatiques et environnementales peut en faire un exemple pour les futures adaptations de bien d'autres sociétés. La dimension internationale des grands problèmes liés à la ressource en eau et à sa disponibilité pour les sociétés en quantité et en qualité suffisante fait que les activités de l'IFR ne doivent pas se limiter au strict domaine méditerranéen et tropical. Un enjeu aussi fort que l'étude de la gestion et de l'impact des changements climatiques a des répercussions planétaires et se trouvera forcément parmi les préoccupations principales dans la démarche commune des équipes fédérées. Il s'agira donc pour l'IFR de rechercher, de valoriser et d'organiser des partenariats scientifiques dans les communautés nationales et internationales, tout en renforçant et en développant ceux qui préexistaient déjà.

---

<sup>22</sup> Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement.

<sup>23</sup> Direction Régionale de l'Environnement

La constitution de l'IFR est aussi l'occasion de la création d'un pôle scientifique centré à Montpellier, mais avec une très large ouverture partenariale, tout en restant dans un domaine d'intervention parfaitement identifié, celui de l'eau dans l'environnement. Ce pôle de recherche développera des synergies scientifiques et techniques sur des projets concrets, notamment dans le cadre des actions du 6<sup>ème</sup> PCRD et des programmes nationaux. A titre d'exemple, les partenaires de l'IFR se sont fortement impliqués dans les réponses aux manifestations d'intérêt soit comme coordinateurs potentiels soit comme membres dans le cadre de futurs PI/REX<sup>24</sup> européens. Les enjeux de ces projets doivent répondre aux exigences de qualité et d'innovation, tant dans le domaine de la recherche, que dans ceux de la formation et de l'expertise.

On note enfin que plusieurs chercheurs seniors dans les équipes de l'IFR ont une compétence d'expertise reconnue par les organisations internationales (par exemple : OMM, OMS, OTAN, UNESCO, Union Européenne, etc.) ou par des compagnies de portée internationale (par exemple : BCEOM, BRL, EDF, Ondeo, Vivendi Environnement, etc.).

---

<sup>24</sup> Projets Intégrés / Réseaux d'Excellence. Voir en annexe 2, les réponses des équipes de l'IFR à l'occasion de l'Appel à Manifestations d'Intérêt du 6<sup>ème</sup> PCRD (7 juin 2002)