

# ***Orientations scientifiques du programme GICC***

## **Vulnérabilité au changement climatique des systèmes complexes, mécanismes et stratégies de régulation et de gouvernance.**

### **1- Changement global (multifactoriel) ou changement climatique : un faux problème ?**

Le changement climatique (CC) fait partie des changements globaux (Cg) qui aujourd'hui affectent nos sociétés à différentes échelles du local au géopolitique. Avec des hiérarchies différentes suivant les lieux et les échelles, ces changements interfèrent entre eux soit immédiatement, soit avec délai dans le temps (on peut penser par exemple à une politique d'aménagement du territoire qui modifiera l'usage des sols et donc in fine les puits et les sources de CO<sub>2</sub>) ; les **questions de changement d'échelle** tant spatiale que temporelle ont une importance souvent négligée alors qu'elles conditionnent la **gouvernance** des différents systèmes d'acteurs.

La prise en compte par l'Homme et par la société des conséquences du changement climatique s'est d'abord exprimée par des politiques sectorielles en matière **d'atténuation** par la maîtrise des flux et des stocks de gaz à effet de serre (GES). **L'attribution** des effets dus au CC est une question difficile du fait de l'impossibilité de réaliser des expériences (sauf pour des situations très simplifiées) pour les séparer des effets des autres changements ou variabilités ; ceci concerne aussi bien les processus naturels que sociaux (modèles de consommation, ...). La recherche sur l'atténuation, devenue assez secondaire dans les 3 derniers appels à propositions de recherche (APR) GICC, reste une priorité qui justifie une mobilisation de très nombreuses disciplines des Sciences de l'Univers et de la Vie, mais aussi de disciplines des Sciences de l'Homme et de la Société, exigées par la négociation aux différentes échelles des stratégies d'atténuation (dominante de l'Economie, des Sciences Juridiques et Politiques).

Une caractéristique de l'évolution des sociétés réside dans leur **adaptation au changement** ; les voies de ce changement pour les sociétés humaines sont encore plus diversifiées ; l'adaptation fait donc partie du cœur des capacités de ces sociétés à survivre, se reproduire et se développer. Cette adaptation porte parfois sur un effet possible du changement climatique (par exemple l'adaptation à une canicule) mais plus généralement sur un effet résultant de plusieurs changements globaux (l'adaptation à la canicule pour des personnes du troisième âge). L'optimisation de l'adaptation est d'autant plus efficace qu'il est possible d'attribuer les effets propres du CC, mais c'est toutefois dans un souci d'« optimisation » globale que réagit en s'adaptant l'Homme ou la collectivité.

Dès le moment où l'origine anthropique du changement climatique est reconnue et où l'adaptation suit des signaux auxquels contribue le CC, il apparaît vain d'essayer d'opposer des programmes Cg et CC ; ce qui fait la spécificité du programme de recherche GICC, c'est **l'entrée par le climat**, c'est à dire la prise en compte des caractéristiques du CC (voir plus loin : incertitudes , importance des extrêmes , ... ) et donc de ses projections dans le futur et c'est la volonté d'attribuer.

## 2- Les caractéristiques de la recherche sur les impacts du CC

En premier lieu, toutes les actions entreprises ou à entreprendre face aux impacts constatés ou à venir du changement climatique reposent sur des **connaissances relatives à l'évolution du climat**. Porter un effort de structuration ou d'intensification autour de ces connaissances semble aujourd'hui nécessaire pour les faire évoluer rapidement, comme le préconise la Stratégie européenne d'adaptation au changement climatique.

### ATTENUATION ET ADAPTATION.

La recherche sur la gestion et les impacts du changement climatique telle qu'envisagée au MEDDE a pour finalité d'apporter des éléments de réflexion et d'aide à la décision publique afin d'orienter l'action. Elle répond à deux types d'actions, comme déjà indiqué, qui ont des interconnexions entre elles mais aussi des particularités notamment d'échelle et de gouvernance. D'un côté, les recherches qui portent sur la compréhension des mécanismes du système climatique et sur la qualification des flux peuvent déboucher sur la validation de propositions pour **réduire les causes et atténuer les effets** du changement climatique. De l'autre côté, les recherches qui en anticipant le changement climatique, précisent et analysent les impacts sur l'environnement et sur la société et favorisent ainsi le développement de propositions pour **réduire les conséquences**. Bien que dans le programme GICC ces sujets aient été finalement traités de façon séquentielle en cherchant à répondre aux questions du politique et de la société, il semble que les recherches d'aujourd'hui doivent appréhender ou tenir compte des deux dimensions et servir aussi bien les actions d'atténuation ou d'adaptation dans une approche plus intégrée.

### VULNERABILITE ET RESILIENCE.

Réduire les conséquences c'est d'abord à la lumière des changements, des informations collectées, des évolutions observées et à venir, chercher à discerner en quoi le climat interagit ou affecte les milieux (eaux, montagne, forêts, biodiversité,...), les secteurs (transports, énergies,...) et les activités (foresterie, agriculture, industrie) et analyser les risques auxquels ils sont exposés avec des approches qui peuvent s'avérer complexes tant l'adaptation des espèces (par exemple à travers le réseau trophique), des milieux, des secteurs et des activités peuvent être interdépendants. L'adaptation mais aussi, par certains côtés, l'atténuation ne peuvent que s'appuyer sur la recherche et la connaissance de la vulnérabilité et de la résilience des systèmes, le mot système étant pris dans un sens général.

### EVENEMENTS EXTREMES.

La compréhension des équilibres climatiques, les changements de régimes et de type de temps, l'évolution des phénomènes extrêmes, en fréquence et en amplitude sont encore des sujets de recherche spécifiques du changement climatique.

De nombreuses questions tournent autour des événements extrêmes et de leurs évolutions dans le cadre d'un climat changeant. Cela constitue un sujet de recherche prioritaire. En effet, ce sont des phénomènes qui ont des durées de retour de 50, 100 ans voire plus et qu'il est difficile de caractériser, les échantillonnages étant faibles, nécessitant de remonter à des chroniques historiques. Leurs liens (attribution) ou leurs évolutions dans le cadre du CC sont difficiles à établir et l'étude de leurs impacts, de la résilience des écosystèmes et des sociétés en fonction de leurs caractéristiques est peu documentée. Par exemple quel est l'impact d'une sécheresse peu importante mais qui revient régulièrement ou qui se prolonge sur plusieurs mois par rapport à un phénomène comme celui de la canicule de 2003 en Europe de l'Ouest ? Quelles adaptations envisager ?

### **SPECTRE ETENDU DES ECHELLES.**

On avance souvent que l'atténuation relève d'une approche mondiale alors que l'adaptation est à définir plus localement, l'augmentation anthropogénique des gaz à effet de serre ayant des conséquences variées selon l'endroit du globe concerné. Mais, lorsqu'il s'agit de transformer des connaissances en actions, il n'est pas toujours aisé de catégoriser ces actions en atténuation ou adaptation et pour cette raison la recherche peut être amenée à explorer l'ensemble des échelles spatiales avec toutes les réserves scientifiques (voir plus loin) qui peuvent être faites pour les résolutions les plus fines. De même, s'il est aujourd'hui assez bien établi que l'effet de serre additionnel entrainera sur un siècle un changement climatique dont l'ampleur dépendra de l'évolution de nos sociétés, la variabilité des différents compartiments du système climatique est moins bien appréhendée. La recherche sur l'impact du changement climatique s'intéresse donc à tous les niveaux des échelles spatio-temporelles.

### **INCERTITUDES.**

Les Incertitudes constituent un sujet de recherche important concernant le changement climatique et ses impacts. Celles-ci sont multiples : Incertitudes sur la **connaissance du système climatique** lui-même, sur le rôle de l'océan et des nuages à toutes les altitudes et latitudes, sur le cycle du carbone en particulier aux interfaces océan-atmosphère, surfaces continentales-atmosphère et pour la gestion des sols. Incertitudes en ce qui concerne la variabilité du système et les aspects « chaotiques » des composantes du climat, ses limites et ses ruptures, sa prédictibilité intrinsèque. Rentrent dans ce périmètre la prévision décennale pour laquelle le programme GICC a contribué avec le projet EPIDOM. À titre d'exemple le « plateau de température » observé ces dernières années sur la température de surface et a contrario le réchauffement plus rapide de l'océan profond et l'accélération de la fonte des glaces suscitent de nombreux questionnements et stimulent la recherche sur la compréhension des phénomènes. Quelle part attribuer à la variabilité naturelle, que peut-on imputer au changement climatique et éventuellement à un « changement » de ce changement ?

Il existe aussi des incertitudes liées à la **limite des outils et de la représentation simplifiée** de la dynamique du climat et des phénomènes que l'on peut représenter à l'aide des modèles, en particulier lorsque l'on descend en échelle.

Enfin, reste la grande inconnue qui concerne le **devenir de nos sociétés** et tous les possibles qui relèvent du comportement et de l'activité humaine. Quels que soient les scénarios socio-économiques que l'on peut élaborer, ils ne pourront refléter que partiellement la réalité à venir qui résultera d'une combinaison d'événements subis et de choix voulus.

Quelle que soit l'origine des incertitudes, se pose à la recherche, en général, et à la recherche conduite dans le cadre du programme GICC en particulier, la question de la prise en compte de ces incertitudes et de la façon de produire un savoir robuste avec. Cet aspect de la recherche est important si l'on a pour objectif de produire une recherche dite « appliquée », dont les résultats peuvent en partie être transférables ou constituer une aide à la décision. Cette démarche n'est pas propre à la recherche sur le changement climatique et ses impacts et il y a certainement matière à croiser, tester et utiliser des méthodes qui sont employées dans d'autres domaines (économie, mathématiques,...).

#### **INTER-DISCIPLINARITE ETENDUES.**

La recherche sur l'impact du changement climatique porte sur l'étude de systèmes complexes, des mécanismes et des interactions entre les différentes composantes du climat, et également des interactions, rétroactions, entre ce climat et les systèmes, écosystèmes ou sociétaux, qui en dépendent. Que ce soit pour des études ponctuelles très disciplinaires ou pour des travaux plus globaux abordant des représentations systémiques, cette recherche est donc forcément pluridisciplinaire. Elle peut même avoir un fort caractère **transversal** menant des milieux vulnérables impactés par le CC aux secteurs et à son application à des régions ou des territoires faisant intervenir différentes communautés scientifiques et acteurs. Le programme GICC s'est essayé, avec plus ou moins de succès et souvent en précurseur, à des actions de recherches en ce sens, menées par des partenariats entre scientifiques de divers horizons des sciences, Sciences de la nature, Sciences sociales et économiques, et également avec des acteurs terrains, parties prenantes du projet. Cette démarche reste une méthode de travail essentielle pour le programme.

### **3- Des savoirs à l'innovation dans les recherches sur les impacts du CC**

Le but de tout programme de recherches est d'accroître les **SAVOIRS** régis d'abord par les règles des communautés scientifiques qui les produisent ; le souci de se centrer sur l'action (d'atténuation, d'adaptation) et sur les politiques publiques qui les soutiennent vise à donner une importance au recueil et à la production de **SAVOIR FAIRE**. L'excellence scientifique des résultats est donc essentielle pour légitimer le programme et les équipes qui y répondent ; ces savoirs constituent la base ensuite de progrès concrets à travers une recherche appliquée produisant des savoir-faire puis des **INNOVATIONS**; on est là dans un processus normal qui ne justifie pas à lui seul la constitution d'un programme finalisé.

Il est naturel comme cela été dit précédemment que la situation découlant de l'étude d'effets multifactoriels (complexité des systèmes biophysiques, combinaison avec des changements

strictement sociétaux) engendre des projets faisant intervenir différentes disciplines scientifiques (parfois proches : pédologie, hydrologie, parfois lointaines : biodiversité, droit) dont la qualité dépend non seulement de l'excellence dans chaque champ disciplinaire mais aussi de la création de synergie interdisciplinaire. Ces savoirs et savoir-faire sont, de fait, difficiles à qualifier mais très importants à produire et à faire reconnaître dans un programme finalisé comme GICC. De fait, excellence et pertinence constituent un ensemble complexe qui doit rentrer en combinaison avec les critères scientifiques issus de la confrontation disciplinaire ; on peut toutefois parler de savoirs et savoir-faire à l'interface des disciplines.

L'innovation s'est imposée depuis la Stratégie de Lisbonne décidée au Conseil européen de mars 2000 comme un point de passage obligé des différentes politiques de recherches des États. Souvent considérée comme essentiellement industrielle et privée, elle peut prendre d'autres formes : à notre niveau, un règlement officiel encadrant des pratiques, de nouveaux modes de gestion combinant initiatives et responsabilités individuelles avec des actions planifiées sont des innovations dont les processus d'émergence, de construction et de diffusion ont bien des points communs avec l'innovation technologique.

La **perception** de ces recommandations issues du savoir et des savoir-faire, les innovations proposées et peut être nécessaires, l'adhésion à ces solutions, leur **appropriation** plutôt que leur acceptabilité et in-fine leur **transfert** s'intègrent obligatoirement dans la démarche de recherche dont la finalité est l'aide aux politiques publiques.

Créer un savoir-faire et participer à son implantation est une innovation; toutefois dans notre domaine (l'environnement et le CC), ce type d'innovation peu « matérielle » est souvent préexistante chez certains acteurs (voir par exemple en termes d'adaptation de l'agriculture, des opérations de recherches dont le cœur est de recenser les techniques déjà mises en œuvre) ou mérite d'être co-construites avec eux (ou tout au moins les acteurs interviennent à différents moments de la recherche). On réservera pour simplifier dans la suite le terme de recherche et innovation à ce type de recherche finalisée.

Bien sûr, le programme GICC ne peut couvrir tous les champs : par exemple dans notre pratique, nous avons pu dans le domaine forestier examiner comment l'aménagement de la forêt peut s'adapter au CC (choix d'espèces, techniques de gestion) mais nous n'avons pas aidé au financement d'arbres génétiquement modifiés pour résister à la sécheresse : tout est affaire d'une analyse stratégique des besoins mais aussi des compétences réunies dans la collectivité GICC du CO et du CS aux chercheurs ; on évitera de tracer une frontière de toutes façons discutable sachant en tous cas que notre programme ne peut pas attaquer les grands objets technologiques (surtout dans le domaine de l'atténuation : gaz de schistes, piles électriques, etc.).

En essayant d'éviter de faire nos propres louanges, le programme de manière empirique et en tous cas pas assez de façon explicite a réellement tenté des opérations originales : réflexion sur les sciences de l'éducation comme moyen de renforcer les capacités d'adaptation, projets avec designers et de façon méthodique, politique de valorisation intensive.

Ces opérations inter ou transdisciplinaires sont longues à mettre en place : dans une première phase (tous les participants le disent !), il faut apprendre à se connaître, à construire des espaces de communication et de création. On peut l'envisager sur des projets relativement longs (36 mois ?) ou

bien l'imaginer pour des financements à deux étages : appel à idées permettant de souder les équipes et de bien formuler les projets suivis d'appels à projet proprement dits ; dans tous les cas, on arrive à des projets assez conséquents.

#### **4- L'intégration sous différentes formes**

Une des questions posées à la recherche est d'interconnecter les multiples causes et les multiples effets du changement climatique pour atteindre une vision systémique qui, en plus de résultats analytiques, devrait dégager des propriétés globales des écosystèmes ou anthropo-systèmes considérés.

Ce type de questions peut mobiliser des dispositifs d'observation particuliers ou des systèmes de modélisation intégrés; il sollicite même des sciences de l'intégration particulières comme la prospective ou les sciences régionales :

- a) La concentration des observations dans un même chantier possède une qualité évidente, celle de permettre, sans mettre en œuvre des procédures compliquées, la confrontation « directe » de différentes séries d'information afin de faciliter leur intégration. Le choix de telles zones (proches des zones atelier, ZA, et des Observatoires Hommes-Milieus du CNRS) est évidemment très stratégique : on ne pourra pas multiplier ce type de chantier et il faut être assuré que la séquence d'observation sera suffisamment longue.

Le partage des financements avec d'autres sources sur des bases de relations saines devrait être la règle; jusqu'à présent nous avons évité ce genre de travail dont les coûts de transaction sont évidemment élevés; à noter que le programme GICC a très peu investi sur des réseaux d'observatoires qui permettent de limiter les risques de mauvais choix et de couvrir de façon représentative des territoires importants.

- b) Le pendant numérique à ces dispositifs d'observation est la constitution de plates-formes logicielles accueillant des modèles « unitaires » connectés pour faire système; on peut élaborer à partir de là des expérimentations numériques, les seules possibles si on veut utiliser les prédictions des modèles de base (climatiques, démographiques, technologiques, économiques). Déjà bien développées pour tester des scénarios socio-économiques, ces plates-formes sont envisagées pour d'autres classes de problèmes (modèles d'impact, ...).

Le programme GICC a financé de tels efforts de manière assez dispersée dans le sens où ces plates-formes qui n'étaient pas au cœur de la recherche n'ont pas été suffisamment renforcées en vue de l'avenir; la mise en place des nouveaux scénarios du GIEC devrait être l'occasion de progresser dans ce domaine.

Le statut du savoir qui découle de ces modèles intégrés est encore assez basique et discuté et cela peut expliquer la relative désaffection ou le manque d'implication des diverses communautés scientifiques alors qu'ils répondent aux besoins (théoriques) de synthèse des « stakeholders ». Le rôle de GICC doit être de renforcer ce secteur en favorisant les fédérations d'intérêt, en éliminant autant que faire se peut les redondances.

- c) Ces approches très quantitatives (même si leurs résultats sont essentiellement discursifs) sont nécessaires : elles justifient d'ailleurs une meilleure pénétration des Sciences pour l'Ingénieur et des Mathématiques sensu largo dans le programme GICC.

Néanmoins certaines sciences prennent cette complexité d'une autre manière en raisonnant de manière plus conceptuelle, dépassant une construction du système à partir de processus unitaires et permettant de mieux gérer les relations entre les hommes et leurs territoires et aussi les relations des hommes entre eux et refusant des couplages trop mécanistes.

Au niveau du temps, la recherche prospective représente une voie peu utilisée bien que le changement climatique nous encourage à raisonner dans le temps long.

Au niveau de l'espace, les sciences régionales (géographie mais aussi certaines approches sociologiques) permettent de bien examiner les adaptations aux différentes échelles des territoires en intégrant d'une manière spécifique les effets des différents changements.

Au niveau des filières. On peut penser, notamment, à l'intégration par secteur d'activité. Cette approche, en effet, est complémentaire des approches globales et territoriales. Elle est souvent empreinte de notions économiques qui sous-tendent la viabilité d'un secteur à l'échelle globale en général mais elle est également ouverte aux autres sciences puisqu'elle met en jeu différents types d'acteurs concernés par un même objet. En outre, l'approche sectorielle peut permettre de mobiliser plus facilement les acteurs du secteur pour entreprendre des actions d'atténuation ou d'adaptation.

## 5. Conclusions

Ce document prospectif, s'appuyant sur plus de dix ans d'existence du programme GICC et le financement de près d'une centaine de projets de recherche sur la gestion et les impacts du changement climatique, a cherché dans un premier temps à approfondir de façon plus ou moins exhaustive, son expérience sur cette recherche.

Partant de cette analyse et de la connaissance du milieu et des activités scientifiques en cours, ce document propose un certain nombre d'orientations qui définit le cadre que pourrait suivre le programme dans les années à venir et de fait en justifie la poursuite.

On notera donc :

- l'entrée par l'étude des impacts du changement climatique même si les systèmes qu'ils soient naturels ou humains sont confrontés à des changements plurifactoriels,
- les différents thèmes énumérés au chapitre 2 qui pourront ou devront être abordés et qui font la spécificité du sujet de recherche et du programme,
- que ce qui semble important ou nécessaire, c'est de poursuivre et d'améliorer la pluri-, inter-, trans- disciplinarité (ce qui veut dire que la collectivité GICC doit s'ouvrir à d'autres

communautés) des recherches pouvant être ancrées sur des problèmes ponctuels ou de terrain ou au contraire en cherchant à construire une démarche plus intégrative,

- enfin l'objectif de répondre, par des recommandations, des propositions ou des « innovations », au besoin des parties prenantes et aux enjeux de société dont le MEDDE est en charge.

Dans un environnement et une organisation de la recherche en évolution à tous les niveaux, le programme de par ses objectifs et son positionnement garde toute sa pertinence, il n'en reste pas moins qu'en fonction des thèmes qu'il abordera, il pourra explorer d'autres modes de fonctionnement.

Ce rassemblement d'une communauté ouverte autour des spécificités d'une entrée par le changement climatique et tendue vers l'innovation d'atténuation et d'adaptation doit être considéré comme une pierre de base permettant aux chercheurs et aux parties prenantes français de se positionner correctement par rapport aux programmes internationaux européens et mondiaux (ERA-Nets, JPIs, H2020, appels Belmont-Forum, Future Earth, autres organisations internationales). Cette structuration a déjà progressé dans le cadre des différents appels mais elle doit se renforcer et s'étendre dans l'avenir.