

Paris, le

PROGRAMME "GESTION ET IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE"

APPEL A PROPOSITIONS DE RECHERCHE 2001

Introduction

Le programme "Gestion et impacts du changement climatique" (GICC), piloté par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) en étroite liaison avec la Mission Interministérielle de l'Effet de Serre (MIES), propose ici son second appel à propositions de recherche qui fait suite à l'appel de 1999. L'objectif général reste de développer les connaissances qui permettront aux décideurs d'optimiser les stratégies de prévention de l'augmentation de l'effet de serre et d'adaptation au changement climatique, dans la double perspective de la poursuite des négociations internationales suite au "Protocole de Kyoto" et de la mise en place des mesures d'application du "Programme national de lutte contre l'effet de serre". L'appel à propositions de recherche (APR) reste structuré, comme les années précédentes, en trois grands chapitres:

- *la scène des négociations internationales ;*
 - *les stratégies de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES);*
 - *l'évaluation, les impacts et les stratégies d'adaptation au risque climatique,*
- sachant que par ailleurs un certain nombre de *mesures d'accompagnement* (décrites sous le thème 4) sont mises en place, afin de compléter et faciliter le bon déroulement de ces recherches, de même que certains *développements méthodologiques*.

Les équipes sont invitées à répondre à l'APR en recherchant la plus grande association possible entre les différents thèmes proposés, entre autres en constituant des regroupements multidisciplinaires, ou en permettant une extension au plan géographique (intégration spatiale à l'échelle du territoire). *Ce caractère intégré et multidisciplinaire sera un critère de sélection des projets*. De telles propositions, permettant de parvenir à des projets intégrés et multidisciplinaires, pourront recevoir un financement important.

Sur certains thèmes jugés plus prospectifs par le Conseil Scientifique, l'APR est de fait pour 2001 un appel à déclarations d'intention (thèmes 3.1. et 3.7.). A partir de celles-ci le programme GICC organisera des rencontres et séminaires au cours de l'année 2001, de façon à permettre l'émergence de propositions fortes en réponse à l'APR de l'année 2002.

Les proposant sont invités à préciser dans la lettre accompagnant leur dossier quel type de projet (projet de recherche complet ou déclaration d'intention) est concerné par leur demande (les modalités de soumission figurent en page 15).

Thème 1 - La scène des négociations internationales

1.1 La mise en œuvre du Protocole de Kyoto

1.1.1. Objectifs de Kyoto et séquestration du carbone

Le Protocole de Kyoto laisse ouvertes de nombreuses questions quant à sa mise en œuvre pour les Parties de l'Annexe I et ses implications pour les pays en développement. Les pays de l'Annexe I ont la possibilité de recourir aux puits de carbone pour réduire les émissions nettes de CO₂ mais aussi l'obligation de rendre compte de leurs émissions provenant des changements dans l'utilisation des sols et des pratiques agricoles et forestières. Or de très grandes incertitudes pèsent sur la contribution de ces activités. Les propositions (qui seront coordonnées avec des approches spatiales éventuellement mises en place dans le cadre du programme GMES, Global Monitoring of Environmental Security) devraient permettre :

- i) d'évaluer l'impact de différents scénarios de gestion des sols et des forêts (activités couvertes par les articles 3.3 et 3.4 du Protocole de Kyoto) sur l'inventaire national de la France, en prenant en compte le caractère durable des réductions obtenues ;
- ii) d'estimer la marge d'incertitude des règles de comptabilisation retenues par la Conférence des Parties sur cet inventaire, et le cas échéant, de proposer des méthodes d'évaluation différentes ;
- iii) d'évaluer les implications de ces différentes estimations pour les politiques de réduction de gaz à effet de serre envisagées dans les autres secteurs.

1.1.2. Ratification du Protocole

La question plus générale de la ratification du Protocole par les pays de l'Annexe I et de son entrée en vigueur sera abordée selon les thèmes suivants :

- i) quelles analyses faudrait-il développer pour amener les Etats-Unis, et/ou les pays de l'ombrelle, à ratifier le protocole ?
- ii) *a contrario*, quel serait l'impact environnemental du Protocole sans participation des Etats-Unis ?
- iii) quels en seraient les effets économiques, en particulier du point de vue de la compétitivité pour l'Union Européenne et, si possible, d'autres pays dont la ratification est essentielle pour l'entrée en vigueur du Protocole (Russie, Japon, Canada, Australie) ?
- iv) que pourrait-on attendre d'un marché de permis d'émissions sans les Etats-Unis ?

1.1.3. Indicateurs de performance

In fine, les inventaires d'émissions nettes des années 2008-2012 et les échanges de permis détermineront la conformité des Parties avec leurs objectifs d'émissions. Cependant, les Parties sont tenues de démontrer leurs efforts pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2005. Les propositions porteront

- i) sur les indicateurs disponibles pour évaluer les efforts de réductions et en vérifier la réalisation (les travaux soutenus par le GICC seront sur ce dernier point complémentaires des approches spatiales qui pourront être mises en place dans le cadre du programme GMES, cf. *supra*),
- ii) sur les méthodes disponibles pour comparer les performances des politiques de réduction.

1.1.4. Les pays en développement (cf. aussi 2.5)

Deux thèmes centraux dans les discussions actuelles seront abordés : le mécanisme de développement propre (MDP) et la question de la compensation des pays exportateurs d'hydrocarbures. Les thèmes proposés sont les suivants :

- i) le MDP, tel qu'envisagé par les Parties, peut-il contribuer au développement durable des pays émergents ? Le MDP ne risque-t-il pas de pérenniser des pratiques peu efficaces qui accroissent le scénario de référence des projets MDP ?
- ii) quelle articulation peut-on envisager entre MDP et autres formes d'aides et de financements internationaux / bilatéraux ?
- iii) quels seraient les effets du Protocole sur les pays producteurs/exportateurs d'hydrocarbures (pétrole mais aussi gaz naturel) ou de charbon ? On tiendra compte de la contribution des autres gaz à effet de serre et des puits aux objectifs de réduction.

1.2 L'après KYOTO : Convergence et contractions des émissions à l'horizon 2030

La stabilisation ultérieure des concentrations de gaz à effet de serre est l'objectif ultime de la convention de Rio (1992), dans laquelle s'inscrit le protocole de Kyoto (1997). Cet horizon devrait déterminer les discussions internationales sur les suites à donner au protocole, lesquelles pourraient s'engager dès que le processus de ratification serait suffisamment avancé.

Les enjeux de recherche sont de contribuer à la définition de scénarios pour que s'engage, après 2012, un processus de contraction globale des émissions et un élargissement de la coalition des pays qui partagent l'effort de prévention des émissions :

- i) peut-on penser un cadre d'ensemble qui combinerait les principes d'efficacité, d'équité et de durabilité avec un réalisme différenciant des pas de temps (2013- 2017 ; 2017-2030) et prenant en compte des options larges et des cheminements différenciés ?
- ii) peut-on, en tenant compte des exercices réalisés dans le cadre du GIEC, construire des scénarios autour de dimensions économiques (prix du pétrole, marché mondial de l'énergie, décarbonisation de la croissance, innovations économisant l'énergie, dématérialisation de l'économie, degré d'utilisation des instruments de dissuasion des émissions, ...), techniques (CO2 et retombées de la R et D, flexibilité multi-gaz, extension de la séquestration par la géo-ingénierie, ...) et politiques (approches hybrides en combinant plusieurs principes d'équité ou des critères pragmatiques, ...) ?
- iii) peut-on "scénariser" la réduction des marges d'incertitudes des inventaires (multi-gaz, séquestration) ?
- iv) peut-on progresser dans l'analyse d'une dynamique positive de la négociation globale faisant triompher le principe de coopération ? Peut-on identifier les instruments et les cadres institutionnels les plus aptes à rendre la coopération durable ? Peut-on anticiper les politiques nationales des pays signataires qui pourraient produire des rétro-effets sur la négociation ? Peut-on approfondir les options, les obstacles des politiques de prévention qui pourraient être engagées par des groupes de pays non signataires de l'annexe du protocole de Kyoto ?
- v) quelles conséquences en tirer pour la France ?

1.3 La stabilisation des concentrations à l'horizon 2100

Les enjeux de recherche sont d'encadrer, par des scénarios menant à la stabilisation des concentrations d'ici 2100, les travaux sur "la convergence et la contraction des émissions" à l'horizon 2030 :

- i) peut-on disposer d'images du futur avec des scénarios intégrés (climatico-économiques) prenant en compte les hypothèses basses et hautes de l'IPCC (un réchauffement global de 2° et 5°, une élévation du niveau des océans entre 0,2 et 1 m) ? Peut-on décliner ces scénarios avec des hypothèses de croissance démographique globale ?
- ii) quelles hypothèses inclure quant aux innovations en matière d'énergie "propre" ?
- iii) peut-on construire des scénarios politiques de généralisation des engagements à tous les états du globe selon différents niveaux de concentration des gaz (450 ppm, 550 ppm et 750 ppm) ?

Thème 2 – Les stratégies de réduction des émissions

2.1. Le processus de décision politique et de mise en œuvre des engagements de Kyoto : l'Union Européenne, la France, les collectivités territoriales

Afin d'atteindre les objectifs de limitation des GES pris par les pays européens, une réflexion s'impose sur la mise en œuvre de politiques qui s'inscrivent dans un ensemble intégré complexe, englobant plusieurs niveaux de décision. On pense tout naturellement aux "principes de subsidiarité", ce principe pouvant s'appliquer aux règles ou aux objectifs.

En ce qui concerne "les règles", la question est de savoir si celles-ci doivent être particulières à une région (collectivité territoriale, région administrative, pays, ...) ou être comprises dans des ensembles plus vastes au sein de l'Europe. Les règles recouvrent les instruments habituels (fiscalité, permis à polluer, accords volontaires). Quel partage, par exemple, peut-on envisager entre différentes règles (association de la fiscalité au niveau d'une collectivité territoriale et de permis au niveau d'une nation, ...) ?

Dans le cas "des objectifs", se posent trois questions relatives aux entités concernées, questions liées à la répartition des efforts : qui prend la décision ? Qui la finance ? Qui la réalise ou la met en œuvre ?

Trois critères devront être retenus pour définir les niveaux optimaux de décision et de mise en œuvre :

- l'efficacité globale ou la minimisation des coûts pour l'Europe ;
- l'équité intra-générationnelle, la répartition des efforts (ce qui suppose une bonne mesure des efforts) entre pays, régions collectivités, entreprises, groupes sociaux, individus... ;
- l'équité inter-générationnelle, ce qui suppose que l'on se donne de bons instruments de comparaison inter-générationnelle.

De même seront encouragées des recherches sur l'analyse du processus amont de décision politique et, en aval, sur l'adhésion des acteurs, entreprises ou individus, à des décisions à prendre dans un contexte d'incertitude.

2.2. Les évolutions techniques et les changements de comportements

2.2.1. Usages, économies d'énergie, pollution et climat

Quel est l'état de la perception par l'opinion publique de la politique des économies d'énergie ? Existe-t-il des rémanences, et si oui lesquelles, des grandes mesures prises depuis 1974 ? Comment ont-elles été vécues, y compris par ceux qui ont bénéficié de dispositifs d'aide ? Comment l'opinion publique apprécie-t-elle les évolutions actuelles et futures du prix des énergies ? Quelles conséquences en tire-t-elle pour l'avenir et avec quelles préconisations ? En prenant en compte les modes de vie, quelles évolutions des pratiques peut-on envisager ? Quelle place peut tenir dans le débat public la prévention des émissions des GES ? Quel dispositif permettrait une meilleure participation du public à des mesures engageant le long terme ? Quelles leçons en tirer pour une meilleure information et éducation aux usages de l'énergie et aux politiques de régulation ?

Rétrospectivement, depuis 1974, quels enseignements peut-on tirer de la variabilité du cours du pétrole vis à vis de la consommation et des plans d'économie d'énergie ? Les plans d'économie d'énergie assurent-ils une baisse de la consommation énergétique ? Peut-on tirer des enseignements du "mini-choc" pétrolier de 2000 ? Y a-t-il eu une évolution de la consommation des carburants ? Peut-on en déduire des données nouvelles sur l'élasticité de la demande par rapport aux prix ?

Au-delà de ces questions relatives au domaine de l'énergie, il est souhaité que des propositions soient faites relativement à l'étude de la sensibilité et des réactions du public et de la société face aux questions de la pollution atmosphérique et de l'évolution du climat futur *per se*.

2.2.2. Croissance et nouvelles théories du progrès technique

On tentera de tenir compte dans l'analyse des modifications de comportements des apports récents des nouvelles théories de la croissance et du progrès technique : externalités de connaissance, liens entre R&D et innovations de qualité, de productivité et de variété. Ces analyses passent entre autres par l'étude des modifications de comportement de R&D et d'innovations qui suivent la mise en œuvre d'instruments de lutte contre les émissions de G.E.S. (fiscalité, ...)

De même, les développements récents sur l'économie des nouvelles technologies de l'information et de la communication devraient être utilisés pour analyser les modifications d'émissions de GES. qui résultent du développement de la nouvelle économie : progrès de productivité et donc diminution des émissions, extension de la dématérialisation, croissance en qualité et non en quantité, effets sur le transport du commerce électronique, ...

2.3. La flexibilité multi-gaz et multi-énergies

2.3.1. Les émissions de GES autres que CO₂

L'impact climatique des émissions anthropiques de GES est souvent présenté comme le problème des émissions de CO₂. En réalité, la contribution des GES, autres que le CO₂, comptabilisés dans le Protocole de Kyoto (CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆) représente

actuellement au niveau mondial environ 40% de l'effet de serre anthropique. Le contrôle des émissions de CO₂ étant difficile et coûteux, une réduction en parallèle des autres GES peut s'avérer une stratégie complémentaire à la fois efficace et rentable. En France, les sources de ces différents gaz sont relativement bien connues et comptabilisées (CITEPA, 2000). Par contre, les gisements de réduction, leur coût et leur potentiel en terme de réduction globale de l'effet de serre au niveau national nécessitent une analyse plus précise (en complément de l'analyse sur HFC, PFC et SF₆ déjà réalisée en 2000 par le CITEPA) :

- i) quelle évaluation détaillée des gisements de réduction des gaz à effet de serre autres que le CO₂ en métropole et dans les DOM-TOM, et des coûts associés (en FF/tonne de carbone équivalent), permettant une comparaison directe avec les coûts d'évitement du CO₂ ?
- ii) quelles analyses de scénarios possibles de réduction de ces gaz en fonction des contraintes techniques et économiques des différents secteurs concernés (agriculture, déchets, industrie, ...) ?
- iii) quelles méthodologies à mettre en place, débouchant sur des outils de modélisation à vocation prédictive ?

2.3.2. Les composés à effet de serre indirect

L'ozone troposphérique (O₃), bien que non comptabilisé actuellement par le Protocole de Kyoto, contribue de manière significative à l'effet de serre, à hauteur de 10% environ. A la différence des GES du "panier" de Kyoto, l'ozone est également un polluant atmosphérique, au même titre que ses précurseurs (CO, COVNM, NO_x,...), avec des conséquences notables en matière de santé publique. La réduction des niveaux d'ozone présente donc un double intérêt sur le plan de la lutte contre l'effet de serre et de l'amélioration de la qualité de l'air, particulièrement en milieu urbain.

Le CS encourage les propositions visant:

- à évaluer le potentiel national de réduction de ces composés (O₃ et précurseurs) et les bénéfices à en attendre en terme de réduction de l'effet de serre et de la pollution atmosphérique ;
- à analyser la question spécifique des zones fortement urbanisées, pour lesquelles le transport est un contributeur majeur à la pollution de l'air et à l'effet de serre direct (CO₂) et indirect (O₃), et mettre en oeuvre, par une approche multidisciplinaire, des méthodologies permettant d'analyser les coûts et bénéfices de stratégies menant à une décarbonisation de la mobilité urbaine (cf. aussi 2.4).

Ces propositions pourront s'appuyer, entre autres, sur des informations pertinentes tirées des travaux effectués dans le cadre des programmes PNCA, PRIMEQUAL et PREDIT.

2.4. Capacité préventive et développement durable

Il faut approfondir l'analyse des co-bénéfices des politiques et mesures visant la réduction des émissions de GES, en inscrivant le programme national de lutte contre l'effet de serre (2000) dans le cadre du développement durable. L'articulation entre les trois dimensions du développement durable, économique (développement), environnementale (durabilité) et sociale (équité), reste plus généralement un enjeu de recherche qui prend une acuité particulière avec la préparation de la conférence "Rio + 10" sur le développement durable.

Cet enjeu se traduit par nombre de questions :

- i) peut-on globalement, et par grands secteurs d'activité, mieux fonder le scénario d'évolution des émissions françaises jusqu'en 2012 ? Peut-on, au regard de ce scénario de référence, apprécier les mesures du Programme national de lutte contre l'effet de serre ? Peut-on mieux évaluer les co-bénéfices à attendre des mesures préconisées par le programme national de lutte contre l'effet de serre au regard des trois dimensions du développement durable?
- ii) peut-on, dans le cadre d'une approche prospective de la durabilité des activités agricoles (élargissement de l'Union Européenne, négociations dans le cadre de l'OMC), élaborer des scénarios permettant une meilleure mobilisation des acteurs socio-économiques ? Peut-on élargir cette démarche et l'inscrire dans un projet de durabilité des zones rurales ?
- iii) peut-on développer des approches comparables sur les politiques mises en œuvre dans le domaine des transports? Peut-on développer des approches intégrées pour définir la valeur et le coût total des transports, avec un chiffrage de toutes les externalités ? Peut-on comparer les politiques mises en oeuvre, dans le domaine des transports en Europe (par exemple, multi-modalité de la traversée de l'arc alpin, limitation de vitesse, règles sociales) et mieux éclairer les recommandations du programme national ? Peut-on faire un bilan de la prise en compte de la prévention des émissions de GES, et plus généralement des contraintes environnementales, dans l'élaboration des schémas de service ?
- iv) peut-on mieux définir les leviers d'action pertinents aux niveaux national, régional et local (énergie/transport, logement/urbanisme/transport) et évaluer leur efficacité ? Peut-on reprendre et approfondir, par secteur, l'utilisation la plus pertinente des instruments économiques, en distinguant les échelles spatiales nationale, régionale et locale ?

2.5 Changement d'utilisation des terres, forêts et agriculture

Les stratégies de réduction des émissions basées sur le fonctionnement des couverts végétaux et des sols doivent s'appuyer sur des bilans fiables de GES et proposer des alternatives économiquement et socialement acceptables, d'où la nécessité de rapprocher les recherches techniques sur les termes des bilans avec les recherches à caractère socio-économique destinées à élaborer les stratégies de réduction des émissions.

Les propositions doivent permettre de répondre aux questions concernant

- i) l'évaluation des flux des différents GES à l'échelle du territoire et leur niveau de précision ;
- ii) la définition des potentiels nationaux de séquestration du carbone et de réduction des émissions de N₂O et CH₄, l'évaluation de la pertinence et de la faisabilité des scénarios proposés ;
- iii) l'évaluation des conséquences économiques, sociales et environnementales des différentes stratégies qui peuvent être proposées.

L'intensification des plantations forestières et l'adaptation des modes de gestion peuvent être une réponse à des politiques d'accroissement du stockage terrestre du carbone (cf. 1.1). Cette problématique induit bien évidemment des recherches sur la dynamique des écosystèmes à moyen et long terme (cf. 3.5). Les axes prioritaires concernent donc les espaces forestiers et agricoles ainsi que les autres espaces naturels. Le champ des propositions peut être élargi aux

PED et aux pays en émergence, et à l'évaluation de l'impact des changements d'usage des sols dans ces pays, tout en demeurant dans des perspectives de maîtrise des émissions et de promotion de MDP durables.

2.5.1. Les espaces forestiers

- i) bilans de carbone sous les principaux couverts forestiers, intégrant le stockage dans les produits durables. Variation historique de ces bilans et perspectives d'évolution (climat et pratiques sylvicoles, en lien avec 3.5). Prise en compte du stockage de carbone par le sol : évaluation expérimentale et modélisation à moyen terme ;
- ii) évaluation des potentiels nationaux de limitation des émissions ou de séquestration du carbone prenant en compte les différents modes de gestion de la production forestière (plantation et récolte, bois-énergie, bois-matériau...) et les coûts associés. Evaluation de la pertinence d'incitations, fiscales ou autres, envisageables pour le développement de ces différentes options.

2.5.2. Les espaces agricoles (zones cultivées et prairies)

- i) évaluation de l'évolution des stocks de carbone des sols sous l'impact des pratiques agricoles actuelles et de leur évolution ; développement de modèles permettant cette évaluation à moyen et long terme. Evaluation des capacités de séquestration du carbone par des pratiques agricoles modifiées (techniques simplifiées de travail du sol, couvert végétal...) ou par des changements d'usage des sols (mise ou remise en prairie, ...). Influence des modifications du climat sur ces évolutions ;
- ii) évaluation des possibilités de réduction de l'usage des fertilisants azotés minéraux, consommateurs de carburants fossiles, par le développement des cultures de légumineuses, notamment dans des systèmes soumis à une intensification modérée ;
- iii) réévaluation des bilans environnementaux des cultures énergétiques en intégrant la valeur des émissions de carbone évitées ;
- iv) bilan des émissions/absorption de N₂O au niveau de zones représentatives et extrapolation à l'échelle du territoire national. Définition et évaluation de stratégies de réduction de ces émissions ;
- v) bilan des émissions/absorption de CH₄ au niveau des sols et de la gestion des effluents d'élevage. Extrapolation à l'échelle du territoire national. Définition et évaluation de stratégies de réduction de ces émissions par les sols, par les ruminants et par la gestion des effluents ;
- vi) bilan des GES au niveau de systèmes agricoles représentatifs en vue d'analyser les possibilités et les risques de compensation, positive ou négative, entre GES.

2.5.3. Les autres espaces naturels

- i) évaluation de la contribution des autres zones naturelles aux émissions/absorptions de CO₂, N₂O et CH₄ ;
- ii) définition et évaluation des stratégies de réduction de ces émissions. Une attention particulière sera portée aux zones humides (marécages, ripisylves, bandes enherbées,...)

Thème 3 – Evaluation, impacts et stratégies d'adaptation au risque climatique

L'enjeu général des recherches, sous ce thème, est de compléter les stratégies et mesures de prévention de l'augmentation anthropique de l'effet de serre par la prise en compte des impacts du changement climatique dans la planification régionale (à moyen et long termes) de la gestion des écosystèmes, des ressources naturelles, des infrastructures et des activités socio-économiques les plus vulnérables.

Ceci implique de disposer de scénarios climatiques régionalisés plausibles en maîtrisant leur niveau d'incertitude, d'estimer la sensibilité de la réponse des systèmes naturels, sociaux et économiques aux variations climatiques en tenant compte des incertitudes, de prévoir la capacité et les moyens d'adaptation des systèmes étudiés (avec une estimation des coûts et de l'efficacité de ces moyens qui tiennent aussi compte des co-bénéfices attendus pour le développement durable et l'équité), de monétariser les dommages redoutés dans les entités vulnérables (sans, et même avec, des mesures d'adaptation planifiées).

Peut-on progresser dans cette démarche, en développant une maîtrise de la prise de décision dans un contexte incertain ? Quelle influence aura l'arrivée des premiers signaux liés à une détection incontestée de l'effet de serre additionnel ?

Peut-on commencer l'étude du comportement d'un couple "socio-écosystèmes/régions" pour illustrer les aléas d'un système vulnérable ?

3.1 La régionalisation du changement climatique et la prévention des risques liés aux événements extrêmes (Déclarations d'intention)

En parallèle à l'effort de modélisation climatique à grande échelle engagé dans le cadre du PNEDC, il est nécessaire de disposer, en amont des études applicatives, d'un ensemble de scénarios plausibles de l'évolution du climat au 21^{ème} siècle à l'échelle régionale et locale en France (métropole et DOM-TOM) et, si nécessaire, en Europe et dans les zones où la France a des accords de coopération (Afrique) ou des activités économiques importantes (par exemple, exploitation des ressources alimentaires, notamment pélagiques, dans l'océan hauturier). Les scénarios d'échelle régionale et locale doivent s'appuyer sur cet ensemble de scénarios à grande échelle (cf. 4.1.), permettant de cerner quantitativement tant l'évolution du climat moyen que les incertitudes liées à la nature intrinsèque des modèles et des niveaux d'émission des GES.

Les travaux de régionalisation à l'échelle locale et régionale demandent une réflexion approfondie pour déterminer le niveau d'expertise atteint dans ce domaine au niveau international et dans la communauté nationale, pour évaluer les compétences respectives de différentes approches (méthodes statistiques versus modèles dynamiques), pour développer et sélectionner des bases de données de vérification qui permettront la qualification d'une méthodologie, pour approfondir la pertinence de la modélisation dynamique d'échelle régionale/locale quand on s'intéresse au problème du changement des conditions moyennes climatiques.

Il faut par ailleurs dégager des méthodologies pour évaluer, à partir des ensembles de scénarios, les risques d'occurrence (par exemple par rapports aux seuils décennal, cinquantenaire, centenaire, ...) des événements extrêmes (ouragans, cyclones, pluies diluviennes, surcôtes, sécheresse...), ainsi que les modifications possibles de ces événements, en fréquence et en amplitude, et la vulnérabilité des régions où ils sont susceptibles d'agir. Différentes échéances (10 ans, 50 ans, 100 ans) pourront être prises en considération, en tenant compte d'une évaluation des méthodologies proposées sur les cent dernières années. Pourra-t-on identifier et cartographier des zones où les événements de fréquence rare verraient leur intensité augmenter sensiblement, qui seront des zones à surveiller plus particulièrement à l'avenir ? Peut-on estimer les coûts associés au "réajustement" des PPR (et au "redimensionnement" éventuel des ouvrages de génie civil et de protection) en regard de l'estimation des dommages susceptibles d'être évités ?

En plus de la modélisation il faut aussi porter toute attention à l'étude des séries climatiques, afin d'y détecter tout signal ou tendance qui se manifesteraient dès aujourd'hui.

Sur ces grands types de questions, les réflexions seront organisées au cours de l'année 2001 avec les équipes qui auront fait connaître leur souhait d'y être associées en envoyant une déclaration d'intention indiquant le type de questions qu'elles souhaitent aborder, ainsi que la méthodologie qu'elles proposent d'utiliser. Ces réflexions prendront par exemple la forme de séminaires organisés régulièrement au cours de l'année, et elles devront déboucher sur la définition d'un ou plusieurs programmes spécifiques de recherche à réaliser à partir de 2002, programmes faisant alors l'objet d'une répartition des soutiens entre l'INSU pour les parties les plus amonts et le GICC pour les parties les plus appliquées.

3.2. Les hydrosystèmes

En l'état actuel des connaissances, on s'attend à une "intensification" des contrastes du cycle hydrologique en Europe sous l'effet du changement climatique (zones géographiques humides plus humides, zones sèches plus sèches), avec des risques accrus d'inondations en hiver et de sécheresses en été. En France, il conviendrait d'évaluer la nature de ces risques et leurs conséquences sur l'évolution des hydrosystèmes et des ressources en eau, en associant les aspects quantitatifs et qualitatifs. Ce travail pourrait être entrepris à l'échelle du bassin versant, dont la taille devra être adaptée aux plans de prévention des risques (PPR, cf. 3.1), aux schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE), aux contrats territoriaux d'exploitation (CTE), et aux schémas de services collectifs...

Une méthodologie est actuellement expérimentée sur le bassin versant du Rhône, qui associe des modélisations couplées des phénomènes atmosphériques et hydrologiques. Cette méthodologie est adaptée à l'étude de l'évolution des variables physiques associées aux hydrosystèmes (débit des cours d'eau, contenu hydrique du sol, état des aquifères,...). Elle permet, par exemple, d'envisager la prévision des répercussions sur le fonctionnement des installations hydroélectriques, sur les mécanismes hydrobiologiques en rivière, sur la fréquence et l'intensité de l'enneigement ou encore sur la production agricole.

Les efforts devront à présent porter sur:

- l'évaluation du bien-fondé et la validation de la transposabilité d'une telle méthodologie à d'autres bassins versants français et européens;

- l'identification des conséquences de la modification de l'accessibilité des ressources en eau sur l'aménagement du territoire;
- les prévisions de modification des pratiques agricoles et de leurs conséquences sur l'hydrosystème, notamment en ce qui concerne l'irrigation et la charge en polluants diffus (nitrates, pesticides, ...);
- l'opportunité de revoir le dimensionnement des réseaux d'évacuation et des installations d'épuration.

Ces études sont destinées à étayer les diagnostics et les stratégies d'adaptation en prenant en compte les facteurs économiques et sociaux.

3.3. L'agriculture (y compris les prairies)

L'accentuation de l'effet de serre devrait induire des changements climatiques aux conséquences difficilement prévisibles, notamment sur le fonctionnement des couverts végétaux et des sols. L'augmentation de la concentration atmosphérique en CO₂ et les modifications de température et de pluviométrie ont un impact sur la photosynthèse et la production de biomasse végétale variable selon les espèces, avec des répercussions sur les besoins en eau et en éléments minéraux. Les modifications du climat auront aussi un impact sur le fonctionnement des cycles géochimiques et la disponibilité des éléments nutritifs. Au niveau des plantes cultivées ces modifications pourraient avoir des répercussions importantes sur le comportement des espèces sélectionnées sur des critères de qualité alimentaire plutôt que sur des critères de robustesse. Ces effets devraient conduire à des modifications de stratégie d'occupation de l'espace rural afin d'adapter la gestion du milieu et les pratiques agricoles aux besoins de production des espèces cultivées, dans une perspective de gestion durable des systèmes de production.

Les questions posées concernent d'une part l'évaluation de l'impact de ces changements sur le fonctionnement des sols, des couverts végétaux et des systèmes de culture, et d'autre part l'adéquation des besoins et des ressources disponibles en eau et éléments nutritifs dans cet environnement modifié. Les études sur les couverts végétaux devraient reposer sur les principaux scénarios d'évolution des teneurs en CO₂ et des températures retenus par le GIEC ; elles devraient notamment s'intéresser aux critères de production et de qualité des principales espèces cultivées (ou cultivables) sous nos climats, et aux critères de gestion des systèmes de culture. Les études sur les besoins en eau devraient reposer sur différents scénarios d'évolution de la ressource en eau (quantités reçues et distribution sur l'année), et se situer sur une gamme d'échelles allant de 100 km à 1000 km ou plus et devraient reposer sur des modèles intégrés de bilan hydrique et énergétique et/ou de production basés sur un fonctionnement bien étayé du continuum sol-plante-atmosphère. L'intégration à des modèles fournissant des scénarios de changements climatiques est fortement encouragée, afin de mieux prendre en compte les rétroactions possibles des modifications induites à l'interface sol-végétation-atmosphère sur les flux de masse et d'énergie vers l'atmosphère et sur l'évolution des flux de GES eux mêmes (cf. 2.5), sous l'influence des modifications du climat.

Ces modélisations doivent permettre de gérer les bilans hydriques et les besoins éventuels en irrigation des systèmes de culture actuels et futurs sur de longues périodes (30 à 50 ans) et d'éclairer les possibles transitions entre le défrichement en vue d'une mise en culture et l'aridification. Elles doivent aussi permettre d'analyser le risque pour ces systèmes (en terme

de production, d'efficacité hydrique) de fluctuations extrêmes de température et de précipitation ou de conditions défavorables trop fréquentes et/ou persistantes. Elles doivent enfin contribuer à la définition et à l'analyse de nouvelles pratiques agricoles, voire de nouveaux systèmes de cultures, adaptées à ces changements (conditions de mise en oeuvre) et des coûts socio-économiques qu'elles peuvent entraîner.

3.4. La conservation de la biodiversité et la gestion des espaces protégés

La question de la conservation de la biodiversité et la gestion des espaces protégés soulèvent un certain nombre de questions qui doivent nécessairement être abordées dans un contexte de dynamique spatiale et temporelle, et d'adaptation des écosystèmes aux modifications de l'environnement :

- i) comment mesurer les effets des changements climatiques sur la biodiversité par rapport aux modifications de l'environnement dues aux activités humaines ? Existe-t-il des espèces indicatrices, ou bien peut-on utiliser d'autres critères ?
- ii) quel sens donner à une politique d'aires protégées et de conservation des ressources génétiques dans un environnement qui est appelé à se modifier sous l'effet des changements globaux ? Faut-il donner la priorité aux zones refuges potentielles ou à certains types de systèmes écologiques dont on sait qu'ils vont nécessairement évoluer ? Quelles relations entre la conservation et l'aménagement du territoire dans la perspective des changements climatiques ?
- iii) quelles vont être les conséquences des espèces introduites sur la dynamique des espèces indigènes, et plus généralement sur le fonctionnement des écosystèmes ?
- iv) quelles sont les conséquences sociales et économiques prévisibles en fonction des modifications attendues de la biodiversité et des écosystèmes en général ?

3.5. Les forêts

Les conséquences prévisibles du changement climatique sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers (modification des cycles de végétation, risques de fragilisation par carences minérales,...), sur son évolution à moyen terme et sur leur gestion sont multiples :

- positives par l'élévation de la productivité ligneuse et par le rôle de stockage de carbone de l'écosystème forestier;
- négatives par la vulnérabilité directe accrue de certaines régions biogéographiques (landes, zones méditerranéennes, écosystèmes forestiers d'altitude, ...) et par des bilans négatifs concernant les éléments biogéochimiques mettant en cause à moyen terme la durabilité de ces écosystèmes.

L'enjeu des recherches est donc d'explorer pour les 30 à 50 prochaines années les mérites et inconvénients respectifs (du point de vue technique, socio-économique et écologique) de différentes politiques d'aménagement forestier et de conduites sylvicoles, relativement à la durabilité des forêts françaises face aux changements climatiques prévisibles, à la séquestration du carbone dans la forêt et les produits du bois (cf.2.5) et à l'évolution de la biodiversité (optimiser les stratégies d'adaptation possibles).

A cette fin, sont encouragées les propositions :

- i) d'évaluation des risques encourus par les principales essences forestières françaises, relativement aux principaux stress climatiques (moyens et extrêmes), afin de déboucher sur une hiérarchisation des risques en fonction des régions (climatiques) et

- des grands types de stations et sur des recommandations d'essences appropriées pour le XXI^{ème} siècle;
- ii) d'analyse de scénarios sylvicoles permettant de limiter les effets des stress climatiques;
 - iii) d'analyse exploratoire visant à déterminer les ravageurs potentiellement les plus dangereux sous le futur climat (modélisation du comportement des grands ravageurs forestiers sous des climats différents);
 - iv) de modélisation du risque d'incendies en fonction des contraintes climatiques (stress hydrique,...), de l'évolution de la végétation et de l'occupation des sols (urbanisation).

3.6. Les zones littorales

Comme tout hydrosystème, le littoral (zones humides, frange côtière, lagunes, récifs...) est un système sensible et vulnérable. Soumis à la double influence du continent et de la mer, voire de l'atmosphère, il sera opportun, dans la plupart des cas, d'intégrer le bassin-versant. L'impact climatique potentiel a trait à l'élévation du niveau marin et à l'occurrence et aux caractéristiques des événements extrêmes (tempêtes, crues). Il y a lieu de considérer aussi, à travers les changements physiques et chimiques, l'incidence de l'effet de serre sur le fonctionnement même de l'écosystème et en particulier sur les ressources. Des indicateurs de sensibilité devront être recherchés, mais on tentera, également, de quantifier la vulnérabilité. Un aspect, encore peu pris en compte, est l'évaluation du rôle (source et/ou puits) que pourrait jouer le système littoral, et en particulier les estuaires et les deltas, vis-à-vis des GES.

Les études relatives à l'évaluation de l'impact climatique ne peuvent être dissociées de celles liées à la composante sociale et économique de ces milieux où se concentrent diverses activités, usages et aménagements, en particulier au moment où l'on prévoit un accroissement démographique continu. Il paraît indispensable, dans ce contexte, de tenir compte des usages en amont tels que les captures hydriques, l'extraction de matériaux ou les rejets. Seront donc privilégiées les études des couples socio-écosystèmes et l'élaboration de modèles multi-agents susceptibles d'aider à la gestion des conflits d'usages. Il est admis, aujourd'hui, que l'analyse de risque en matière de changement climatique est plus abordable aux échelles régionales et locales. Les scénarios climatiques régionalisés seront utilisés pour estimer la sensibilité de la réponse des systèmes, prévoir la capacité et les moyens d'adaptation, orienter les politiques de prévention, de planification des aménagements et d'exploitation.

3.7. La santé (Déclarations d'intention)

L'influence sur la santé du changement climatique lié à l'effet de serre fait l'objet de débats. Face à un alarmisme systématique ou au contraire une minoration des risques, déterminer les conséquences possibles du changement climatique sur la santé publique constitue un enjeu majeur.

De façon "directe" on peut en effet escompter des répercussions sur certaines pathologies, notamment en tenant compte du vieillissement de la population française et des changements de mortalité et morbidité liés aux changements de température ou à la modification de la fréquence et de l'intensité des épisodes de pollution.

Au-delà il est important de se préoccuper des impacts potentiels du changement climatique sur les maladies à vecteurs. Une consultation de spécialistes des problèmes de santé devrait donc être organisée sur ce point en 2001 pour cerner les orientations de recherches à développer dans le cadre du programme.

Enfin, l'impact indirect du changement climatique sur la santé paraît, à l'heure actuelle, le plus important, notamment pour ce qui concerne l'effet sur les ressources renouvelables à la base de l'alimentation humaine. Des recherches sur les conséquences des changements climatiques sur les ressources marines dans les DOM-TOM et en Afrique devraient en particulier faire l'objet d'une programmation rapide.

Les réflexions relatives à ces grands types de questions seront organisées au cours de l'année 2001 avec les équipes qui auront fait connaître leur souhait d'y être associées en envoyant une déclaration d'intention indiquant le type de questions qu'elles souhaitent aborder, ainsi que la méthodologie qu'elles proposent d'utiliser. Ces réflexions prendront par exemple la forme de séminaires organisés régulièrement au cours de l'année, et elles devront déboucher sur la définition d'un ou plusieurs programmes spécifiques de recherche à réaliser à partir de 2002.

Thème 4 – Mesures d'accompagnement

4.1. Simulations numériques

4.1.1. Il pourra être fait appel aux équipes de modélisation climatique à grande échelle pour la réalisation de certaines simulations correspondant à des scénarios du GIEC dans le cas de demande particulière des tutelles du GICC. Dans ce cas une consultation sera organisée directement par le MATE auprès des pôles parisien et toulousain de modélisation climatique.

4.1.2. Sur justification détaillée, le programme pourra apporter une aide spécifique dans le domaine de la modélisation et de la simulation numériques en cas de difficulté particulière d'une équipe participante.

4.2. Autres études (pour information)

4.2.1. Une étude sera commandée directement par le MATE au GIP MEDIAS-France, coordinateur du programme GICC, afin de réaliser un site Web pour la gestion du programme et la mise en ligne d'informations relatives à ses principaux résultats. Ce site sera conçu de façon à pouvoir être facilement accessible par les chercheurs et les utilisateurs de la recherche.

4.2.2. Des études spécifiques pourront être commandées directement, entre autres dans le cadre du Comité d'Expertise de la MIES (Mission Interministérielle de Lutte contre l'Effet de Serre)

Modalités de soumission

Les dossiers devront parvenir avant le 31 mars 2001 à :

Maurice MULLER
Chef de projet du programme GICC
Ministère de l'Aménagement
du Territoire et de l'Environnement D4E/SRP
20 avenue de Ségur
75302 PARIS 07 SP
maurice.muller@environnement.gouv.fr

et

Jean-Pierre LACAUX
Coordinateur du programme GICC
GIP MEDIAS-FRANCE
18 avenue Edouard Belin, Bpi 2102
31401 TOULOUSE Cedex 4
lacaux@medias.cnes.fr

en **3** exemplaires papier (dont 1 original) **et**
une version électronique-format RTF

en **30** exemplaires papier **et**
une version électronique-format RTF

Un dossier de réponse à l'APR doit comprendre :

a) pour un projet de recherche complet :

- la proposition de recherche proprement dite, présentée sur pages agrafées (sauf l'original sur pages libres) selon le modèle ci-joint (pièce 1);
- une fiche de renseignements administratifs, établie selon le modèle ci-joint (pièce 2);
- une annexe financière détaillée remplie, établie sur les tableaux ci-joints (pièce 3, documents A et B) qui peuvent être téléchargés sur les sites :
 - du M.A.T.E. : *www.environnement.gouv.fr/actualités/appels à propositions de recherche*
 - ou
 - de MEDIAS-FRANCE : *http://medias.meteo.fr*

b) pour une déclaration d'intention :

il suffit de la présenter selon le modèle ci-joint (pièce 1').

N.B. : Le texte de l'APR GICC 2001 et les pièces annexes 1, 1' et 2 sont également disponibles sur les sites du MATE et de MEDIAS-France (*cf. supra*).

L'enjeu de recherche est donc de proposer pour les 30 à 50 prochaines années des politiques d'aménagement forestier et des modes de conduite sylvicole permettant de concilier les objectifs de séquestration du carbone dans la filière "forêt-bois" (cf. 2.5), de maintien de la diversité et de la durabilité des forêts françaises face aux changements climatiques prévisibles, et d'équilibre agro-sylvicole en matière d'aménagement du territoire et de préservation de la fonctionnalité du réseau écologique :

- i) peut-on conforter les résultats existants par de nouvelles recherches sur l'identification des effets propres aux conditions climatiques (moyennes et extrêmes) et sur les incitations et moyens à mettre en œuvre (choix des essences, des modes de régénération et d'exploitation,...) pour minimiser les risques futur dus aux tempêtes, au stress hydrique, aux incendies, à la prolifération des insectes et champignons pathogènes, ...?
- ii) ces stratégies d'adaptation peuvent-elles être optimisées du point de vue technique, socio-économique et écologique, compte tenu de la diversité spatiale des peuplements

