

ET MAINTENANT...

Les réflexions d'ADAGE sur les enjeux de la recherche dans ce domaine ont été intégrées à la démarche de programmation de l'ANR et cet ARP est par exemple cité dans l'appel à projets 2010 du programme ANR 'Changements Environnementaux Planétaires et Sociétés'.

Cet atelier a également alimenté la réflexion scientifique de l'INRA et facilité le lancement du méta-programme ACCAF. La réflexion initiée par l'atelier ADAGE a également contribué aux propositions faites par l'INRA et le CIRAD en vue d'une initiative de programmation conjointe sur l'agriculture, la sécurité alimentaire et le changement climatique.

Enfin l'atelier ADAGE a été présenté lors de réunions du groupe de travail «Agriculture et forêt» de la concertation nationale du Plan Adaptation Climat.

www.developpement-durable.gouv.fr/
www.agence-nationale-recherche.fr

POUR EN SAVOIR PLUS :

L'ensemble des livrables de l'atelier de réflexion prospective (ARP) de l'ANR ADAGE, ainsi que les résumés correspondant aux 15 tâches, est disponible sur le site du projet :
www.clermont.inra.fr/adage.

Les vidéos des conclusions de l'Atelier tenu le 15 décembre 2009 sont disponibles en ligne :
http://www.inra.fr/audiovisuel/web_tv/adage

Directeur de la publication

Jean-François Soussana

Rédacteurs

Jean-François Soussana,
Marc-Antoine Caillaud,
Sophie Lebonvallet

Coordination éditoriale : Délégation à l'Expertise scientifique collective, à la Prospective et aux Etudes (DEPE)

Photos

© INRA

Illustration couverture

© Réunion des Musées nationaux

LE MÉTA-PROGRAMME INRA : ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORÊT (ACCAF)

Ce programme qui a été développé à partir des conclusions d'ADAGE débutera fin 2010. Il a pour objectifs :

- D'évaluer les risques associés aux événements climatiques extrêmes et de définir des stratégies visant à anticiper et pallier les impacts de crises climatiques ;
- De prévoir (avec une quantification des incertitudes associées) les impacts régionaux du changement climatique sur l'agriculture et les écosystèmes diversement anthropisés ;
- De comprendre et de maîtriser les principaux effets du changement climatique sur les dynamiques de la biodiversité (aires de répartition des espèces, ressources génétiques) et de la santé (espèces invasives, bioagresseurs, maladies) des écosystèmes ;
- D'adapter des espèces cultivées ou domestiquées aux modifications du climat et de la composition de l'atmosphère (CO₂) et de renforcer la capacité d'adaptation des systèmes de production et des filières ;
- De développer des technologies innovantes de l'adaptation compatibles avec la réduction des émissions et le renforcement des puits de gaz à effet de serre ;
- D'identifier les coûts et les bénéfices de mesures d'adaptation acceptables au regard d'autres enjeux (compétitivité économique, biodiversité, ressources en eau et en sols, critères de qualité fixés par l'aval) ;
- De définir des modes d'organisation collective (gouvernance des territoires, assurances, formation, innovation, valorisation) susceptibles de renforcer la capacité d'adaptation de l'agriculture et de la forêt au changement climatique.

L'ACTION DE PROGRAMMATION CONJOINTE : AGRICULTURE, SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE (FACCE JPI)

Dans le cadre de la construction de l'espace Européen de la recherche, la programmation conjointe vise à coordonner des programmes nationaux de recherche, avec l'aide de la Commission Européenne. Une initiative de programmation conjointe, initiée par la France et le Royaume-Uni, a été approuvée par le Conseil de compétitivité en décembre 2009. Cette initiative rassemble maintenant vingt pays membres ou associés. Elle porte sur l'agriculture, la sécurité alimentaire et le changement climatique. Les objectifs sont définis pour le long terme, au moins dix ans. Une vision se dégage : pour renforcer à l'avenir le rôle de l'Europe dans la sécurité alimentaire, il faut combiner différents types d'approche, comme la modélisation de scénarios futurs, la conception de nouveaux systèmes de culture, d'élevage et de forêt adaptés aux changements planétaires et leur évaluation coûts/bénéfices, ainsi que la cartographie des régions d'Europe les plus vulnérables. Il y a aussi convergence sur le concept d'intensification écologique, pour éviter la destruction des écosystèmes et sur le rôle de l'innovation dans tous les domaines. Cette vision commune permet d'établir un agenda de recherche stratégique. Puis, à partir d'une cartographie des forces existantes chez les différents partenaires, des actions conjointes répondant aux objectifs fixés seront conçues. Ces actions peuvent prendre différentes formes : appel d'offres, mobilité de chercheurs, infrastructures de recherche...

Agence Nationale de la Recherche
ANR



INRA

L'ATELIER DE RÉFLEXION PROSPECTIVE ADAGE DE L'ANR

Quelles recherches pour adapter l'agriculture et les écosystèmes anthropisés au changement climatique ?



Le changement climatique est en cours. Pour la fin du siècle, les différents scénarios évaluent les conséquences de concentrations atmosphériques en CO₂ situées entre 540 et 950 ppm. L'accroissement moyen de la température de surface est estimé, d'après les simulations réalisées pour le 4^e rapport du GIEC, devoir être de 1,8 à 4° C entre 1980-1999 et 2090-2099. Les prédictions sur la pluviométrie sont plus incertaines, mais elles font état d'une légère augmentation de la moyenne annuelle, avec une tendance à la diminution en période estivale dans les zones tempérées de moyenne latitude, qui serait nettement plus marquée autour du pourtour méditerranéen. En plus de ces variations de climat moyen, il est vraisemblable que le changement climatique s'accompagne d'un accroissement de la variabilité temporelle et spatiale et des extrêmes.

Même si tout doit être mis en œuvre pour les éviter (notamment par le contrôle des émissions de gaz à effet de serre), les dérèglements climatiques projetés sont probables en raison de l'inertie du système climatique. Une adaptation sera donc nécessaire. Celle-ci doit être envisagée comme un complément désormais indispensable aux actions d'atténuation (réduction des émissions).

L'adaptation au changement climatique peut se définir comme l'ensemble des actions contribuant à ajuster les systèmes naturels ou humains en réponse à des phénomènes climatiques, afin d'atténuer leurs effets néfastes ou d'exploiter leurs effets bénéfiques. Car si le réchauffement climatique induira des coûts pour la société, il entrainera également des opportunités qu'il s'agira de saisir.

www.clermont.inra.fr/adage
www.agence-nationale-recherche.fr
www.inra.fr

ORGANISATION DE L'ATELIER

L'atelier de réflexion prospective de l'ANR ADAGE, coordonné par l'INRA, a eu pour objectifs d'identifier les besoins en recherche et en développement sur l'adaptation au changement climatique de l'agriculture et des écosystèmes anthropisés. Le but était, d'une part, de faire émerger des priorités de recherche, en s'appuyant sur un diagnostic pluridisciplinaire et, d'autre part, d'informer les acteurs publics et privés sur l'opportunité d'investissements dans des réseaux de suivi, dans des infrastructures ou dans des dispositifs de formation favorisant l'adaptation.

ADAGE a bénéficié de la contribution de 150 experts, issus de 43 institutions différentes et a abouti à des propositions concrètes, destinées à l'ANR, aux ministères, aux acteurs publics et privés et aux porteurs d'enjeux. Il a été organisé en trois sous-ateliers concernant :

- Les enjeux génériques de l'adaptation,
- Les enjeux par biome, par filière et par zone géographique,
- Les conséquences sociales, économiques et environnementales de l'adaptation.

LES EXPERTS

150 experts mobilisés en météorologie et climatologie, sciences agronomiques (agronomie, élevage, sylviculture, pêche), sciences de l'environnement (biogéochimie, hydrologie, télédétection, pédologie), sciences de la biodiversité (écologie, écophysiologie, évolution), génétique et amélioration végétale et animale, santé (pathologie animale et végétale, épidémiologie, écologie des vecteurs), sciences de l'homme et de la société (économie, sociologie, politologie, anthropologie, ethnologie), sciences de l'information (modélisation, biostatistique, bioinformatique, écoinformatique).

LA CELLULE DE COORDINATION

L'atelier a été coordonné par Jean-François Soussana (INRA), avec l'aide de Sophie Lebonvallet et de l'ensemble des responsables de tâches.

LES PARTENAIRES

Établissements publics de recherche : INRA, CIRAD, CNRS, MNHN, CEMAGREF, IRD, BRGM, CIRED, IFREMER, GIS « Climat – Environnement et Sociétés » et CERFACS.

Établissements d'enseignement supérieur : AgroParisTech, Sup-Agro et AgroCampusOuest.

Instituts et centres techniques agricoles : ACTA tête de réseau, ARVALIS – Institut du Végétal, Institut de l'Élevage, INAO.

Pouvoirs publics : MAAP, MEEDAT et ONERC.

Offices de gestion des milieux et ressources naturelles : ONEMA, ONCFS et ONF.

Agences publiques : ADEME (adaptation-mitigation) et AFSSA (adaptation et santé).

Structures professionnelles : APCA (tête de réseau), CNPPF.

Leaders de secteurs : Météo-France, Limagrain, GROUPEAMA.

Gestionnaires d'espaces protégés : Fédération des Conservatoires d'Espace Naturels, Pôle relais tourbières.

Fondation : IDDRI.

Associations environnement : Réseau Action Climat – France, France Nature Environnement et le WWF.

COUVERTURE GÉOGRAPHIQUE

Le projet ADAGE a une couverture géographique limitée à l'Europe, l'Afrique sauf partie australe, les régions Caraïbes et Amazonie en Amérique. Les régions couvertes incluent des territoires et collectivités d'Outre-mer (Antilles françaises, Guyane, île de la Réunion). Cependant, Tahiti, la Nouvelle-Calédonie et les Terres Australes françaises ne sont pas dans ce champ géographique. La matrice utilisée ne permet donc pas d'aborder plusieurs enjeux qui peuvent néanmoins sembler prioritaires, tels que les récifs coralliens de la zone Pacifique ou encore les écosystèmes arctiques ou boréaux.



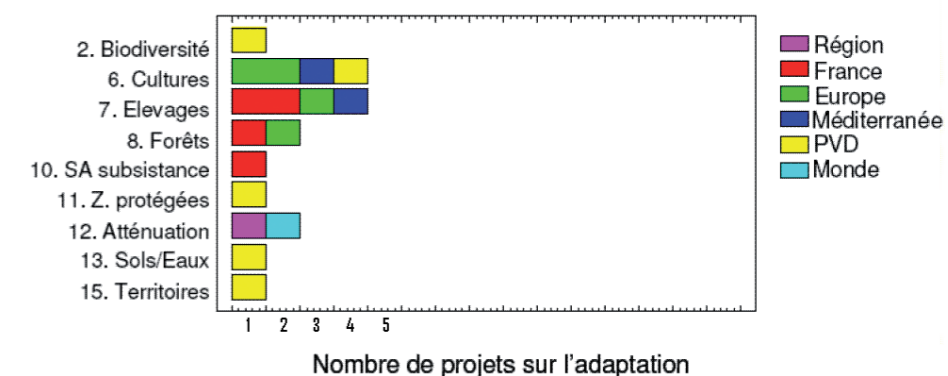
Zones géographiques et projections climatiques étudiées.

Pour chaque zone, ADAGE a disposé de projections climatiques saisonnières pour un ensemble de modèles climatiques (GIEC, 2007). NEU, Europe du Nord, SEU, Europe du Sud, SAH, Sahel, WAF, Afrique de l'Ouest, EAF, Afrique de l'Est, CAR, Antilles - caraïbes, AMZ, Amazonie, MED, Mer Méditerranée, TNE, Atlantique Nord-Est.

QUELLES RECHERCHES NATIONALES ?

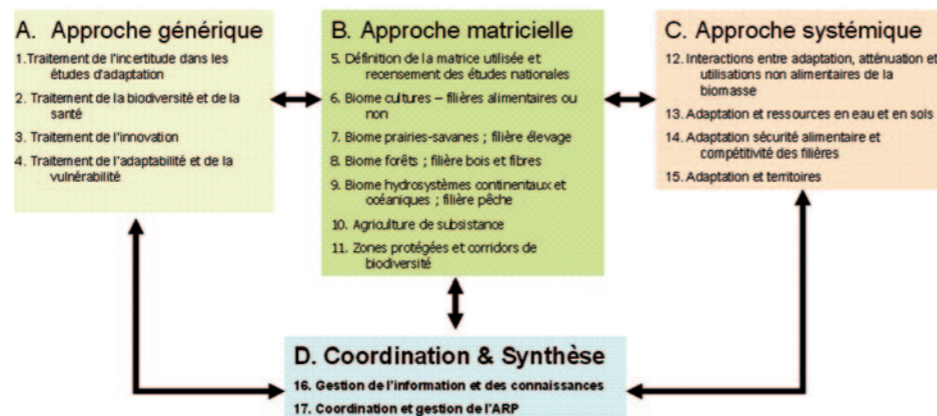
Un panorama des projets de recherche nationaux ayant été financés entre 1999 et 2008 a été réalisé en identifiant leurs liens avec la thématique de l'ARP ADAGE. L'analyse de 250 projets des programmes de l'ANR (ADD, SYSTERRA, Biodiversité, VMCS) du MEEDM (DIVA1, GICC), de l'INRA (PSDR) et du GIS Climat a montré qu'environ 70 s'avèrent liés à la thématique d'ADAGE. Plus de la moitié de ces projets sont centrés sur les impacts du changement climatique sur l'agriculture, une vingtaine concernent l'atténuation, et seulement une dizaine, issus des appels à propositions les plus récents, abordent de manière explicite l'adaptation au changement climatique. Certaines thématiques (comme la génétique et l'amélioration végétale et animale) n'ont pas été abordées au cours de cette période par des projets nationaux sur le changement climatique. De même, peu de projets ont été consacrés aux territoires, aux sociétés à agriculture de subsistance ainsi qu'aux zones protégées et corridors de biodiversité. Les projets plus directement centrés sur l'adaptation au changement climatique ont traité en priorité les cultures et l'élevage. En termes de couverture géographique, il n'y a que très peu de projets à dimension mondiale. La région méditerranéenne constitue un cas particulier d'investissement des chercheurs français. Les pays en voie de développement sont mal représentés dans certains domaines (forêt et élevage).

Projets sur l'adaptation au changement climatique



Projets nationaux traitant explicitement de l'adaptation au changement climatique. Distribution par thème et par zone d'étude.

Cette analyse souligne que les recherches nationales sur l'adaptation au changement climatique dans les domaines étudiés par ADAGE ont tout juste débuté. En effet, la plupart de ces projets ont été financés au cours des trois dernières années. Il s'agit donc bien d'une thématique émergente qui, pour l'instant, a surtout été abordée sous l'angle de quelques grandes filières de production. Au plan international, l'émergence de la thématique d'ADAGE apparaît dans la littérature indexée par 'Web of Science'™. Le nombre total de citations consacrées au domaine thématique d'ADAGE a en effet été multiplié par 10 au cours des 10 dernières années (pour atteindre 1 800 citations en 2008).



Structure de l'Atelier de Réflexion Prospective ADAGE.

LES ENJEUX

Deux composantes du changement climatique doivent être distinguées : d'une part, les perturbations ponctuelles liées à la variabilité du climat et aux événements extrêmes qui en découlent ; d'autre part, la tendance d'évolution à moyen et long terme des paramètres climatiques.

S'ADAPTER À LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE

Avec des températures dépassant de 6°C les normales saisonnières et des déficits de pluviométrie atteignant 300 mm, la sécheresse et la canicule de l'été 2003 ont entraîné en France métropolitaine une réduction des productions végétales de 30% pour le maïs grain et les fourrages, de 25% pour l'arboriculture fruitière et de 20% environ pour le blé et pour d'autres productions. Les dommages non assurés pour le secteur agricole ont été estimés à 4 milliards d'Euros pour la France et à 13 milliards d'Euros pour l'Europe. La productivité primaire des écosystèmes Européens a été réduite entraînant un déstockage de carbone. Cet épisode récent, ainsi que d'autres (tempête de décembre 1999, pluies automnales intenses, sécheresses au cours de la décennie), démontrent le besoin d'adaptation de l'agriculture française et des écosystèmes anthropisés à la variabilité climatique actuelle. Cette vulnérabilité est encore plus importante pour l'agriculture de subsistance. Ainsi dans les régions arides de l'Afrique subsaharienne, la mortalité des cheptels nationaux a varié de 20 à 60% au cours des sécheresses des dernières décennies. Les aléas climatiques entraînent également dans ces régions des tensions sur la sécurité alimentaire avec des conséquences négatives majeures pour les populations et pour le développement durable.

Les agriculteurs, les éleveurs ou les forestiers disposent déjà de nombreuses options techniques d'adaptation des systèmes existants en cas de changements climatiques de faible ampleur. Ces adaptations autonomes des pratiques s'inscrivent dans le prolongement de stratégies de maîtrise du risque climatique, qui demandent encore des efforts de recherche. Elles peuvent permettre de 'gagner du temps' pour un changement climatique modéré. Par exemple, pour les cultures annuelles, l'adaptation des pratiques agricoles permettrait d'augmenter de 10 à 20% les rendements du blé, ce qui permettrait de retarder de plusieurs décennies les impacts du changement climatique sur la production.

Cependant, l'efficacité de cette adaptation autonome est probablement insuffisante. La mise au point d'une stratégie d'adaptation compatible avec les objectifs du développement durable est donc incontournable pour limiter la vulnérabilité face à des changements sévères.

S'ADAPTER AU CHANGEMENT CLIMATIQUE FUTUR

Une cascade de répercussions du changement climatique, sur les besoins et les disponibilités en eau, sur la qualité des sols, sur la biodiversité, sur la pression de bio-agresseurs, sur les besoins en intrants, sur la qualité et la typicité des produits ainsi que sur les modes d'utilisation des terres est à considérer. Le changement climatique interagit avec d'autres changements et d'autres pressions sur les écosystèmes (augmentation de la concentration atmosphérique en CO₂, ozone, dépôts atmosphériques d'azote, introductions d'espèces, changement d'usage des sols et de pratiques agricoles, etc.). Il faut donc s'intéresser aux effets conjoints de ces différentes modifications dans le cadre des changements globaux. De plus, les stratégies d'adaptation généreront des externalités positives ou négatives (notamment en termes de gaz à effet de serre, de biodiversité, de ressources en eau et en sols) qu'il convient de mieux appréhender dans un contexte de tensions sur la sécurité alimentaire mondiale et de raréfaction des énergies fossiles.

Certaines formes d'adaptation nécessiteront un effort de recherche qui pourrait demander plusieurs années, voire plusieurs décennies : par exemple, la création d'un matériel génétique adapté, la mise au point d'un système d'alerte et d'aide à la décision en réponse à une variabilité climatique accrue, ou la mise au point d'observatoires permettant de capitaliser les adaptations en cours. C'est pourquoi il est important d'engager des recherches dès maintenant sur l'adaptation au changement climatique de l'agriculture et des écosystèmes.

SCÉNARIOS ET INCERTITUDES

DES SCÉNARIOS POUR L'ADAPTATION

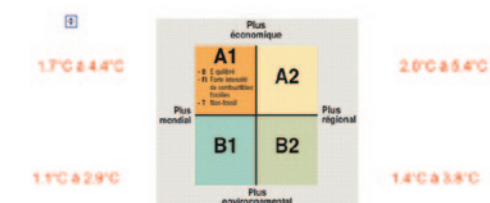
La construction et l'analyse de scénarios permettent d'envisager des futurs possibles en s'appuyant sur les principales forces motrices à l'œuvre. Ils procurent un cadre de réflexion systémique qui resitue les questions et les incertitudes scientifiques dans des contextes socio-économiques variés ; ils permettent aussi de discuter des leviers de changement à disposition des différents acteurs concernés et de susciter le débat, voire la mobilisation, autour de projets d'avenir.

Dans cet esprit, le GIEC a proposé en 2000 une gamme de scénarios socio-économiques contrastés aboutissant à des niveaux différenciés d'émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, ces scénarios n'ont pas détaillé le devenir des écosystèmes et les transitions agricoles et alimentaires. La prospective INRA-CIRAD «Agrimonde» a exploré les modes de consommation alimentaire, l'occupation des sols et les modèles d'intensification des productions végétales et animales d'ici à 2050. Des scénarios d'évolution de la biodiversité au cours de ce siècle ont également été proposés par le Millennium Ecosystem Assessment et, plus récemment, par l'étude 'Global Biodiversity Outlook 3'.

L'atelier ADAGE a souligné la nécessité de renforcer la cohérence entre ces différents scénarios et de réduire les délais liés à leur production, à leur traduction en émissions nettes de gaz à effet de serre et à leur couplage aux modèles climatiques. Sur le plan international, la communauté scientifique va renforcer pour le cinquième rapport du GIEC la modélisation intégrée des interactions sociétés-climat-écosystèmes. De nouvelles familles de scénarios, contrastant des trajectoires de concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre (GES) seront ainsi créées.

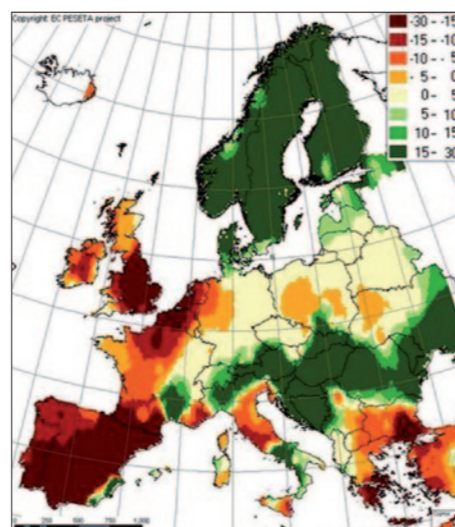
INCERTITUDES ET ADAPTATIONS

Pour anticiper les adaptations nécessaires de l'agriculture et des écosystèmes anthropisés, il faut disposer de projections régionales du changement climatique. Or, ces projections sont incertaines. Aux incertitudes intrinsèques aux scénarios socio-économiques s'ajoutent celles liées aux imperfections des modèles climatiques et à la nature stochastique du climat. En particulier, les projections des précipitations diffèrent nettement entre modèles climatiques dans certaines régions (Sahel, Afrique de l'Ouest...). De plus, la prédiction d'impacts régionaux nécessite une étape de régionalisation (statistique ou dynamique), car la résolution spatiale des modèles climatiques est encore insuffisante (110 km pour la plupart des modèles du 4^e rapport du GIEC en 2007). D'ici à 2014, de nouvelles projections seront disponibles à une échelle spatiale plus fine.

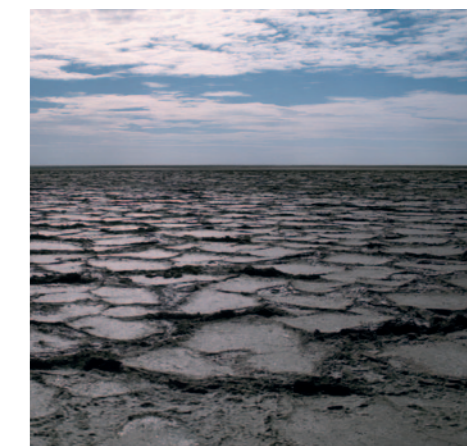


Groupes de scénarios du GIEC. Ces scénarios socio-économiques contrastés sont à l'origine de niveaux différenciés d'émissions de gaz à effet de serre et de forçage radiatif de l'atmosphère.

Les différents groupes A1, A2, B1 et B2 se répartissent suivant deux axes de développement d'ici à 2100 : développement mondial versus régional, développement économique versus environnemental.



Simulation de la variation (%) du rendement des cultures en 2080 par rapport à 1961-1990
Scénario GIEC : A2 ; modèle climatique HadCM3/ HIRHAM ; modèle d'impact : DSSAT (Projet EC PESETA, Livre Blanc sur l'Adaptation de la Commission Européenne).



QUELLES ACTIONS...

ANTICIPER

Les incertitudes actuelles sur les impacts du changement climatique constituent un frein pour engager des mesures concrètes d'adaptation. Comment les réduire à l'avenir ?

L'atelier a permis d'analyser les causes de ces incertitudes. D'ici à 2050, la trajectoire du réchauffement climatique mondial dépend relativement peu des émissions de GES. Toutefois, à l'échelle régionale, cette trajectoire diffère selon les scénarios d'émissions, selon les modèles climatiques et selon les méthodes de régionalisation. Le climat moyen d'une petite région agricole ne pourra donc jamais être prédit avec certitude dans 50 ou 100 ans. L'incertitude augmente encore si l'on considère que le climat deviendra probablement plus variable, avec un renforcement en France des sécheresses et des canicules en été, mais aussi des précipitations intenses et des tempêtes en hiver. L'objectif est donc de réduire les incertitudes pour savoir anticiper le risque climatique et le traduire en indices agro-climatiques utilisables par les praticiens.

Mais il y a loin de la connaissance du risque à l'anticipation des dommages. Pour réduire les incertitudes sur les impacts régionaux du changement climatique, les modèles agronomiques et zootechniques doivent être améliorés, comparés à des séries longues de données obtenues dans des sites climatiques contrastés, ainsi qu'à des expériences manipulant pour un ensemble de cultures les facteurs du micro-climat et de la composition de l'atmosphère (CO₂, ozone). Des progrès considérables sont nécessaires dans ce domaine, non seulement pour réduire les incertitudes des modèles, mais aussi pour compléter les références expérimentales. Par exemple, très peu de travaux, en France comme à l'étranger, ont analysé les interactions entre stress thermiques et hydriques aux concentrations atmosphériques en CO₂ attendues dans les prochaines décennies.

La mise en réseau d'infrastructures de recherche combinant scénarios, observations, expérimentations et modélisations permettrait de réactualiser en permanence les projections des impacts agronomiques et de quantifier les incertitudes associées. Cette connaissance du « risque agronomique » permettrait ainsi de préciser les trajectoires locales d'adaptation, d'éclairer la décision publique, les stratégies des filières et les décisions d'investissement ou de désinvestissement. L'amélioration progressive de la prévision des tendances climatiques saisonnières devrait également favoriser l'anticipation des risques climatiques.

Dans ce contexte, ADAGE a fait plusieurs recommandations méthodologiques concernant :

- l'adéquation entre les données climatiques et le forçage des modèles d'impact ;
- l'utilisation d'un ensemble de modèles climatiques régionalisés (ou, à l'avenir, de modèles climatiques à forte résolution spatiale) ;
- l'utilisation d'un ensemble de modèles d'impact ;
- l'intercomparaison et l'évaluation (particulièrement pour les situations climatiques extrêmes et pour des concentrations atmosphériques en CO₂ élevées) de modèles d'impact répondant à un cahier des charges de qualité ;
- la mise à jour des résultats anciens d'impacts avec les nouveaux scénarios climatiques ;
- le développement d'études statistiques permettant de mieux quantifier la combinaison des incertitudes ;
- des recherches ciblées sur les défauts de connaissances agronomiques et écophysologiques, avec la mise en place de dispositifs expérimentaux ad-hoc.

INNOVER

Au regard de l'innovation le changement climatique ne doit pas seulement être considéré comme une contrainte, mais également comme une opportunité permettant la mise au point de nouvelles pratiques (passage d'un semis de printemps à un semis d'automne, élevage en plein-air intégral...). A l'horizon 2020-2030, les innovations pourraient surtout viser une maîtrise accrue des risques dans le cadre de systèmes de production dont il faudra renforcer la flexibilité et la résilience face aux aléas climatiques. A plus long terme, il sera également important de considérer les possibilités de transformation de ces systèmes en réponse à un changement climatique plus marqué (changements d'espèces et d'usages des terres, reconversion de groupes d'acteurs...). **Trois questions complémentaires se posent donc dans ce domaine :**

- comment diffuser et capitaliser les innovations dans les pratiques et dans l'organisation de la production agricole ?
- comment susciter des innovations qui correspondent à des marchés ?
- comment, en particulier, tirer parti des ressources génétiques, de la diversité des espèces et de la sélection de nouveaux idéotypes ?

Ces questions sont complémentaires puisque les stratégies de sélection conduisant à des innovations génétiques doivent être réfléchies au regard des systèmes de production qui valoriseront ces innovations. L'utilisation de la diversité génétique doit être conçue de manière étendue, qu'il s'agisse de la diversité intra-espèce (végétale ou animale), de l'utilisation de mélanges d'espèces, voire de remplacements d'espèces qui s'avéreraient nécessaires pour accompagner la transformation des systèmes de production.

En réponse à l'augmentation probable de la variabilité climatique, la plasticité des génotypes, des populations, ou des mélanges constitue un atout. L'adaptation concerne en effet selon la saison une gamme étendue de stress : d'une forte limitation en eau durant l'été à un engorgement des sols durant l'hiver. Des recherches en amont sont nécessaires, aussi bien pour raccourcir la durée du cycle de sélection et accélérer ainsi l'innovation génétique, que pour comprendre le fonctionnement des végétaux dans les conditions atmosphériques et climatiques inédites auxquelles ils seront exposés. Des démarches de phénotypage reproduisant au mieux les conditions du climat futur seront nécessaires. Ainsi, l'augmentation de la teneur atmosphérique en CO₂ pourrait probablement être mieux valorisée en termes de photosynthèse et d'économie d'eau par des génotypes sélectionnés dans ce but. Les démarches de sélection nécessiteront enfin d'être conçues en étroite interaction avec des spécialistes de la santé des plantes et des animaux puisqu'elles constituent un maillon essentiel des stratégies de lutte contre les bioagresseurs.

GÉRER LA BIODIVERSITÉ, LA SANTÉ ANIMALE ET VÉGÉTALE

De façon générale, la biodiversité est à l'origine de nombreux services rendus par les écosystèmes, notamment les fonctions de production, de support et de régulation. Pour l'agriculture et les écosystèmes anthropisés, la biodiversité est à la fois un facteur de résilience et d'évolution des systèmes. En particulier, les liens entre changement climatique et maladies ou dommages causés par les bio-agresseurs passent par des effets sur la biodiversité. Des changements de biodiversité directement liés au changement climatique commencent à être documentés : modifications de dynamique des populations locales, changements de répartition spatiale des espèces, évolutions sanitaires.

Pour élaborer des stratégies d'adaptation, il sera utile de découpler les différentes échelles de temps auxquelles opèrent les facteurs de changement et la réponse de la biodiversité : impact immédiat des perturbations

ponctuelles du climat versus impact à moyen ou long terme de la tendance climatique, impact à moyen terme des changements d'usages des terres et des milieux aquatiques et des politiques publiques, évolutions à moyen ou long terme des organismes et des communautés. Ces échelles varient également selon les groupes considérés (par exemple, les dynamiques sont plus rapides pour les micro-organismes que pour les forêts).

Dans un contexte d'incertitudes, on cherchera moins à prédire l'état futur des systèmes mais plutôt leurs trajectoires, intégrant pour cela leurs propriétés dynamiques (plasticité, résilience, évolutivité...). Des modèles hiérarchisés permettant le couplage de processus intervenant à diverses échelles spatiales ou temporelles seront nécessaires. Ces modèles nécessitent de nouveaux développements méthodologiques et conceptuels. Des approches interdisciplinaires seront indispensables, d'une part pour intégrer les multiples processus écologiques et anthropiques qui gouvernent les services rendus par les écosystèmes et, d'autre part, pour aider la prise de décision face à des effets d'interaction complexes entre processus écologiques et processus anthropiques. Pour alimenter les modèles, il faudra développer rapidement les outils permettant l'acquisition et le partage de données de suivi à moyen et long terme, observations et données expérimentales, sur les changements de la biodiversité et de la santé.

Quatre axes de recherches prioritaires ont été identifiés par ADAGE dans ce domaine :

- l'élaboration de modèles intégrant l'effet des paramètres climatiques sur la dynamique temporelle des écosystèmes anthropisés en termes de biodiversité et de santé ;
- la caractérisation des capacités de résilience et d'adaptation des systèmes concernés ;
- la modélisation des dynamiques spatiales à l'échelle du paysage et au-delà ;
- la gestion de l'évolution du risque sanitaire : cas des agents transmissibles et des pathogènes.

L'atelier a également défini des priorités en termes d'organismes cibles pour ces recherches : organismes ayant des fonctions de vecteur (pollinisateurs, vecteurs de propagules, vecteurs d'agents transmissibles) ; pathogènes et bio-agresseurs (risques d'émergence et de ré-émergence) ; espèces introduites ou invasives (y compris celles issues de stratégies de remédiation ou d'adaptation).

INTÉGRER ADAPTATION ET GESTION DES RESSOURCES NATURELLES

Le changement climatique entraînera souvent une baisse de la pluviométrie durant la saison de végétation accompagnée d'une augmentation de la demande climatique partiellement compensée par la fermeture stomatique induite par l'augmentation du CO₂ atmosphérique. Il en résultera, d'une part, une accentuation du stress hydrique des végétations naturelles et des cultures et, d'autre part, une baisse de la recharge des aquifères. La disponibilité des ressources hydriques sera réduite alors que la demande en eau d'irrigation augmentera. Conjuguée à l'augmentation prévisible de la demande en eau pour d'autres usages et, parfois, à une baisse de fourniture d'eau par les réservoirs montagneux en raison de la diminution du manteau neigeux et des glaciers, cette réduction des apports conduira à de fortes tensions dans des régions structurellement déficitaires en eau (aquifères profonds fortement sollicités, aquifères superficiels, absence ou faiblesse d'apports exogènes au bassin versant...). Les systèmes de culture irriguée actuellement en place pourraient être mis en cause, mais également certains systèmes pluviaux (cultures de printemps, voire certaines cultures pérennes) et certaines végétations pérennes (prairies à faible résilience, dépérissement et incendies forestiers, fragilisation

des zones humides). D'un autre côté, dans la moitié Nord de l'Europe, l'excès hivernal d'eau et l'anoxie pourraient mettre en péril les cultures d'hiver et rendre plus difficiles les travaux de printemps.

La qualité des sols sera affectée par le changement climatique qui peut entraîner une aggravation du risque érosif avec des impacts sur la qualité de l'eau. **Ces enjeux amèneront à revisiter l'ensemble des systèmes de culture et des pratiques, agronomiques comme hydrauliques, de l'échelle du champ à celle du bassin versant, dans une vision intégrée agri-environnementale :**

- systèmes de cultures et de production plus économes en eau d'irrigation, voire, en travail du sol ;
- systèmes de cultures pluviaux à même de faire face à des situations de stress hydrique ;
- pratiques de conservation de sols fragilisés par la sécheresse et l'occurrence d'évènements extrêmes.

Les enjeux de l'adaptation sont liés à ceux de l'atténuation des émissions nettes de gaz à effet de serre (GES) du secteur agriculture, forêt et utilisation des terres. **Il conviendra :**

- d'identifier les mécanismes d'interaction entre adaptation et atténuation dans l'usage des terres,
- de quantifier les effets climatiques directs et indirects de l'adaptation et de l'atténuation,
- d'estimer le coût économique et scénariser les arbitrages futurs entre mesures d'adaptation et d'atténuation,
- d'évaluer les risques, inerties et flexibilités de l'adaptation et de l'atténuation.

Les priorités de recherche dans ce domaine concernent :

- le développement de modèles couplés écologie – biophysique – agronomie – économie intégrant les changements d'usage des terres (dont ceux liés aux agro-carburants),
- les réseaux de mesure et d'expériences manipulatives de la réponse des agro-écosystèmes et des flux de GES au changement climatique,
- l'élaboration de scénarios 'de seconde génération' intégrant pleinement les interactions atténuation – adaptation,
- l'évaluation des politiques et de leurs impacts dans le contexte des interactions atténuation-adaptation.

CONCILIER ADAPTATION ET SÉCURITÉ ALIMENTAIRE.

Dans une perspective du changement climatique, le problème de la sécurité alimentaire et de la compétitivité des filières se pose à la fois au niveau mondial (avec l'objectif de nourrir la population mondiale à long terme) et au niveau local (avec pour objectif de maintenir une population rurale dans les pays développés). Si des modèles économiques fournissent déjà des prédictions d'échanges de produits agricoles (et donc des prix d'équilibre) à un horizon pertinent pour le changement climatique, il existe peu de travaux ayant une portée d'ensemble sur l'organisation des filières de transformation et de distribution agricoles dans les pays développés. **Trois types de filières peuvent être considérés :**

- a) filières compétitives à l'international avec produits de masse relativement homogènes, dont la production ne dépend pas d'appellation d'origine ;
- b) filières localisées exportant mais dépendant de conditions locales ;
- c) filières vivrières sans concurrence avec des produits étrangers sur les marchés mondiaux, mais étant en concurrence avec des produits importés (en fonction de la proximité et de l'accès aux marchés locaux).

Concernant les populations des pays les plus impactés, la solvabilité de la demande est prise en compte dans des modèles économiques décrivant le choix de consommation alimentaire et les politiques de soutien de cette dernière (consommation subventionnée et/ou rationnement dans certains pays en développement). L'adaptation à la variabilité climatique accrue passera en partie par la modification des outils de régulation des marchés et de leur mode de fonctionnement. Des analyses complémentaires sont nécessaires sur le rôle des marchés et des politiques publiques (y compris celles de promotion des agro-carburants) dans la transmission des chocs dus au changement climatique. Les marchés et le système alimentaire mondial pouvant amplifier les déséquilibres causés par le changement climatique, des politiques publiques pourraient être envisagées, qui définiraient leurs objectifs en fonction de la variabilité des revenus des populations ou en fonction des prix agricoles sur les marchés mondiaux.

Un effort important porte actuellement sur l'évaluation des coûts économiques liés à l'adaptation (rapport de l'ONERC, 2009). Cette évaluation étant également nécessaire au niveau des filières ou des systèmes de culture ou d'élevage, afin de pouvoir hiérarchiser les différentes options « techniques » de transformation ou de rupture envisageables.

Concernant les filières vivrières, le déficit d'informations et de conseils techniques est encore plus dommageable que dans d'autres orientations de production, la recherche étant plus intéressée aux productions pour l'exportation. Le cas des filières vivrières dans les pays du Sud est particulièrement préoccupant, avec la nécessité de s'adapter à des risques accrus de catastrophes naturelles et de crises phytosanitaires dans un contexte d'infrastructures publiques déjà fortement insuffisantes. Dans ce contexte, des transformations marginales des systèmes actuels peuvent se révéler insuffisantes, alors que des stratégies de rupture risquent d'être très coûteuses socialement.

Concernant les principales priorités de recherche, il conviendra d'abord de privilégier des analyses micro-économiques et éventuellement sociologiques sur les filières vivrières et l'adaptation au changement climatique des pays impactés (politiques alimentaires nationales de soutien à la consommation). Le couplage des modèles de marchés agricoles et ceux assurant l'évaluation des impacts du changement climatique au niveau des filières et des régions doit être affiné. Enfin, il faudra étudier les évolutions probables des relations au sein des filières agro-alimentaires (formes les plus efficaces de contractualisation en termes de gestion des risques). Les nouvelles économies d'agrégation (relocalisation des industries de transformation) devront être évaluées en intégrant notamment l'incidence de politiques « extérieures à l'agriculture » d'adaptation ou d'atténuation (taxe carbone, etc.). Le caractère régulateur ou amplificateur des marchés et des politiques agricoles sur les chocs climatiques est une priorité de recherche importante, avec la possibilité d'une analyse rétrospective sur le rôle des marchés et des mesures de politique agricole.

Les situations à étudier prioritairement sont : l'Afrique sub-saharienne et le sous-continent indien pour les filières vivrières ; l'Afrique du Nord pour le lien avec les ressources naturelles ; les territoires français d'Outre-mer et les cultures vivrières ou d'exportation, en relation avec les bio-agresseurs (et éventuellement, les invasions biologiques).

RENFORCER LES MÉDIATIONS AU SEIN DES TERRITOIRES



À l'échelle d'un territoire, les déterminants du soutien de la société à une démarche d'adaptation de l'agriculture et de la forêt peuvent dépendre de la place qu'occupent ces activités dans son patrimoine, dans son économie, dans son histoire, mais aussi de ses capacités intrinsèques liées à sa richesse économique, à ses infrastructures et à ses compétences humaines. La mise en place de mesures d'adaptation au changement climatique conduit à s'interroger sur les modes de gouvernance au sein de territoires diversifiés et sur de nouvelles compétitions ou de nouvelles solidarités entre territoires.

Quatre approches permettent d'appréhender le rôle des acteurs et de médiations dans la gestion des risques et dans l'adaptation au changement climatique :

- Approches de gestion adaptative et de gestion collaborative (« Adaptive Co-Management ») : Comment évaluer les capacités d'adaptation ? Comment favoriser l'apprentissage collectif ?
- Approches par les « capacités » (principe de liberté des individus de choisir entre différentes conditions et qualités de vie) : Comment définir le rôle de l'état et des collectivités pour diminuer la vulnérabilité ? Quelles sont les liaisons entre vulnérabilité, pauvreté, partage des risques ?
- Approches par la vulnérabilité : comment la comparer entre différents systèmes de production (spécialisés ou diversifiés, annuels ou pérennes...) ? Comment identifier des systèmes dans l'impasse et déterminer des seuils de basculement ?
- Approches par la gestion des risques, axées sur la prévention, de l'épargne, l'assurance mutualisée et l'intervention directe de l'état pour les risques non couverts par l'assurance.

...POUR QUELS BIOMES ET QUELLES FILIÈRES ?

CULTURES TEMPÉRÉES ET TROPICALES

Depuis la fin des années 1980, des conséquences manifestes du changement climatique sur la phénologie et la production ont été constatées sur de grandes cultures annuelles comme les céréales, mais également sur des cultures pérennes comme la vigne et les arbres fruitiers. L'atelier ADAGE a mis en évidence un manque d'études prédictives aux différents niveaux d'échelle (plante, exploitation, bassin et région de production). On perçoit encore mal les évolutions futures par filière et par aire géographique, notamment sur le plan quantitatif (estimation des risques, des coûts et bénéfices associés). **Des recherches d'envergure basées sur l'expérimentation et la modélisation doivent donc être rapidement mises en œuvre :**

- sur les processus mis en jeu par l'adaptation des cultures au changement climatique : phénologie, enracinement, interactions avec l'environnement biotique, compensation entre effets du CO₂, de la température et du stress hydrique ;
- sur les méthodes d'adaptation du matériel végétal : idéotypes, phénotypage (plateformes haut débit, expérimentations au champ pouvant notamment reproduire les conditions environnementales probables du futur), modélisation (paramétrage génétique), traitement de données (outils bioinformatiques), contribution des biotechnologies ;
- méthodes d'exploration de scénarios d'adaptation des systèmes de culture dans un cadre régional : changement et redistribution spatiale des activités de production (choix des assolements, de leur répartition, stratégie de rupture), prise en compte de scénarios économiques et démographiques, gestion des risques, interactions avec les bio-agresseurs, les espaces naturels...

En termes de priorité, il faudrait cibler les efforts de recherche et d'actions opérationnelles sur les régions (méditerranéennes, sahéniennes et DOM) et les systèmes de culture (cultures horticoles pérennes, cultures en limite d'aire climatique) les plus vulnérables. Des projets de recherche interdisciplinaires et regroupant des filières différentes peuvent favoriser la transversalité sur des territoires 'ateliers'.

PRAIRIES ET ÉLEVAGE

Les principaux impacts du changement climatique sur l'élevage concernent :

- les ressources alimentaires (disponibilité, valeur alimentaire, dynamique de végétation) et les modifications des fonctions des surfaces agricoles,
- les performances animales (production, reproduction, travail),
- la santé animale,
- les services sociaux et environnementaux rendus par l'élevage.

Ces différents impacts se conjuguent à l'échelle des systèmes d'élevage. Les filières (marchés, consommation, organisation des producteurs, industries de transformation, impact sur les cahiers des charges) sont également concernées.

L'adaptation au changement climatique se décline différemment selon les situations géographiques et les espèces considérées (ruminants versus monogastriques notamment). Les voies d'adaptation possibles relèvent de différents niveaux (ressource alimentaire, animal, troupeau, système d'élevage) et mettent en jeu des leviers différents : génétique, conduite d'élevage, gestion de la santé, technologie alimentaire...

Les priorités de recherche identifiées portent principalement sur la disponibilité des ressources alimentaires (prairies, cultures) ; sur leur évolution avec les nouveaux aliments et la concurrence avec l'alimentation humaine ; sur la maîtrise de la santé animale dans des situations où le changement climatique conduira à un développement de maladies vectorielles et du parasitisme ; sur la conception et l'évaluation de systèmes innovants, en particulier dans les pays du Sud qui connaissent une forte augmentation de la demande en produits animaux. Une meilleure connaissance des ressources génétiques, des ressources alimentaires et des interactions entre génétique et milieu permettra d'envisager le développement de systèmes d'élevage mieux adaptés au changement climatique. Une attention particulière devra être portée aux interactions avec l'atténuation des émissions de GES des élevages.



FORÊTS TEMPÉRÉES ET TROPICALES

L'adaptation des forêts et de leur gestion au changement climatique constitue un enjeu majeur dans un contexte économique et environnemental où la demande en produits bois pour les marchés de la construction et de l'énergie est de plus en plus forte. Cette adaptation doit permettre de préserver le rôle des forêts pour la biodiversité, les services écologiques (régulations hydriques, protection contre l'érosion, réduction de l'effet de serre ...) et les aménités (récréation, tourisme...).

Les impacts directs du changement climatique concernent la durabilité de la forêt : régénération, biodiversité, santé et stock de carbone, production. Des lacunes de connaissances ont été identifiées sur les couplages entre processus végétaux clés (allocation, reproduction, compétition, mortalité) et leur modulation, sous contraintes (eau, température, CO₂, ozone, azote), sur les interactions biologiques (arbre, champignons, insectes et ennemis naturels), et ceci à différentes échelles spatiales. Sur le plan génétique, des lacunes ont été mises en évidence en particulier sur les traits fonctionnels à caractères adaptatifs.



Les voies d'adaptation possibles des forêts tempérées relèvent de différents niveaux - sylviculture, essences, biens et services produits, politiques publiques - et mettent en jeu des leviers différents : génétique, biodiversité, gestion de la santé, technologies de transformation, organisation des filières. Des outils d'évaluation économique devront également accompagner les stratégies d'adaptation, en distinguant les chocs mous (déperissements, réduction de productivité) ou durs (tempêtes, incendies). **L'acceptabilité des options d'adaptation de la gestion devra également être évaluée. Les priorités de recherches concernent :**

- la caractérisation et la cartographie de la vulnérabilité des peuplements et des massifs forestiers,
- l'amélioration des capacités de prédiction à long terme dans les modèles à bases fonctionnelles ou génériques de dynamique de peuplements,
- l'adaptation de la gestion et de la filière en développant des outils d'aide à la décision,
- la transformation des peuplements, par substitution ou introduction d'essences.

Ces recherches seront à conduire de manière prioritaire dans les fronts d'expansion ou de régressions d'aires d'espèces et dans les zones tampons avec l'agriculture et les cours d'eau.

Les forêts tropicales et les populations qui en dépendent sont exposées aux modifications potentielles des aléas climatiques (sécheresse, cyclones) et aux pressions anthropiques induisant des impacts contradictoires (déforestation, plantations, usages locaux). Les principaux verrous pour l'adaptation des forêts tropicales ont été évalués, en particulier ceux portant sur la connaissance des traits des espèces forestières et de leurs capacités d'adaptation dans des contextes changeants, sur les options de diversification d'espèces en plantation, sur la surveillance et la modélisation des risques pathogènes émergents, sur la consommation en eau des plantations, sur les déterminants de la biodiversité (végétale, fongique, bactérienne, animale) et les conditions de son maintien ... Les évolutions possibles des capacités de ces écosystèmes en termes de puits de carbone, sous évolutions climatiques, demeurent incertaines

en raison de méconnaissance sur les forçages environnementaux de la respiration de l'écosystème, sur les effets du CO₂ sur le fonctionnement des écosystèmes en situation de carence minérale, sur la croissance des arbres et son analyse rétrospective (dendroécologie).

Le bassin amazonien, dont la Guyane française, ainsi que l'Afrique humide et sèche constituent des zones d'intervention prioritaires. Au-delà des forêts, la question de l'adaptation des sociétés qui leur sont liées, directement ou indirectement est posée. De telles recherches seront importantes pour appuyer les décisions en termes de concurrence pour l'usage des terres et dans des perspectives d'accompagnement des politiques d'aménagement du territoire.

HYDROSYSTÈMES CONTINENTAUX, CÔTIERS ET OCÉANIQUES ; PÊCHE ET AQUACULTURE

Les écosystèmes d'eau douce sont d'importants réservoirs de biodiversité très sensibles au changement global. Les mesures du retour au bon état écologique (maintien des régimes hydrologiques, renaturation des cours d'eau, réhabilitation et conservation des zones humides) devraient leur permettre d'en supporter mieux les impacts. **La capacité adaptative des espèces et la résilience des hydrosystèmes au réchauffement sont encore mal connues. Les recherches prioritaires identifiées concernent :**

- l'amélioration de la précision des modèles reliant températures eau/air et hydrologie/thermie dans différents contextes géographiques,
- le lien entre hydrologie et hydroécologie actuellement restreint à quelques espèces et milieux emblématiques doit être étendu,
- le développement des connaissances en écophysologie par un couplage d'approches terrain/expérimentation intégrant le contexte génétique,
- l'amélioration des modèles d'évolution d'aire de répartition des espèces en tenant compte de leurs réponses aux forçages environnementaux,

L'étude du fonctionnement des zones humides, milieux très sensibles à l'impact du changement climatique et essentiels dans la continuité écologique des hydrosystèmes, apparaît comme une priorité.

Dans le milieu marin, l'impact du changement climatique, avec des températures plus chaudes et une acidification des eaux, vient multiplier les déséquilibres et les dysfonctionnements déjà présents : surexploitation et dégradation des milieux, entraînant une baisse de sa productivité globale. Aussi, l'enjeu majeur pour la filière pêche océanique est d'évaluer ses potentialités d'adaptation compte tenu des conditions de pressions anthropiques excessives et de la nécessité de baisser de 3 à 4 fois la pression de pêche actuelle. Les impacts climatiques sont plus souvent étudiés sous l'angle diagnostic que sous celui de la réponse évolutive des ressources marines et des pêcheries. Pour comprendre et prévoir les conditions d'adaptation des pêcheries, il faudrait analyser les impacts du changement climatique sur l'abondance des espèces cibles, la productivité des écosystèmes et leur environnement physique et biologique. **Quatre priorités de recherche ont été identifiées :**

- Minimiser les impacts écologiques en répondant aux objectifs finaux des deux directives Européennes : Directive cadre sur l'eau 2000/60/CE et Directive cadre Stratégie pour le milieu marin 2008/56/CE ;
- Améliorer la viabilité économique des pêcheries dans un contexte de forte variabilité des quantités et des produits ;



- Répondre à la demande de produits aquatiques qui deviendront de plus en plus rares ;
- Améliorer la gouvernance en la rendant adaptative et en impliquant les acteurs.

L'aquaculture permet de répondre à la demande croissante en produits aquatiques que la pêche ne peut pas couvrir. Près de la moitié des produits offerts sur le marché mondial proviennent de l'élevage pratiqué principalement en Asie. La majorité de la production aquacole française est réalisée en systèmes ouverts, vulnérables aux intempéries et aux variations des niveaux d'eau. Les organismes aquatiques sont particulièrement sensibles aux facteurs du milieu, température, pH, disponibilité en oxygène et en nourriture...

Les priorités de recherches nécessitent de mobiliser des connaissances en biologie, en socio-économie, en droit ; elles doivent permettre des mutations technologiques des systèmes de production, le choix raisonné de nouvelles espèces ou l'adaptation de souches plus résistantes aux changements du milieu et aux bioagresseurs ainsi que l'évolution de la législation pour accompagner les nouveaux modes de production et en limiter les risques sanitaires, environnementaux et économiques.

SOCIÉTÉS À AGRICULTURE DE SUBSISTANCE

Ces populations rurales (pasteurs, petits agriculteurs, pêcheurs, chasseurs, cueilleurs...) consomment directement une part significative de leur production avec peu, voire aucune activité commerciale liée à des filières. Leur dépendance vis-à-vis de leur système écologique est quasi-exclusive. Leur résilience repose autant sur la durabilité de la ressource que sur celle du système social gestionnaire. Outre le changement climatique, la pression démographique et la compétition sur l'espace peuvent conduire à une réduction drastique des territoires, des terres agricoles, des aires de pâturage, des stocks halieutiques et donc du potentiel de ressources exploitables par les sociétés à agriculture de subsistance. En outre, compte tenu des facteurs d'adaptation et de vulnérabilité déjà identifiés pour ces groupes sociaux, plusieurs questions peuvent se poser :

- **quelles seront les conséquences du changement climatique sur la vulnérabilité de ces sociétés ?**
- **quels en seront les impacts sur leurs réponses adaptatives ?**
- **quelles perspectives de développement sont envisageables ?**

Les réponses à ces questions se heurtent au manque de connaissances sur les effets du changement climatique (les précipitations par exemple), sur la difficulté d'appréhender sa part effective par rapport aux autres facteurs de pression, sur l'absence d'indicateurs permettant de mesurer l'impact de ces sociétés sur leur propre système écologique ainsi que sur le déficit de connaissances sur les services des écosystèmes. Les priorités de recherche s'organisent selon trois échelles de temps :

- Le présent pour lequel il s'agit de comprendre les mécanismes d'adaptation mobilisés par le système social pour restituer la fonctionnalité déjà compromise par ailleurs de son système écologique ;
- Le futur proche, où se pose la question de l'adaptation de ces mécanismes et de ces sociétés aux changements ;
- Le futur plus lointain avec un exercice de prospective sur le devenir de ces groupes sociaux en cas de défaillance des mécanismes de résilience et de transformation.

ZONES PROTÉGÉES ET CORRIDORS DE BIODIVERSITÉ

Plus de 12% du territoire français (Outre-mer inclus) sont aujourd'hui protégés, selon des statuts variés. De grands pans de biodiversité dépendent des activités humaines en zone rurale (pâturage extensif, haies...). Le changement climatique est encore peu considéré dans les actions de protection des espaces. Pourtant, il est déjà évident qu'il provoque des déplacements d'aire de distribution des individus à la recherche de conditions écologiques qui leur conviennent. Pour les espèces qui ne peuvent pas se déplacer (ou pour lesquelles l'offre en matière d'habitat est insuffisante), la gestion des espaces ou la restauration de conditions écologiques favorables est prioritaire. Les principales questions concernent :

- Le comportement des écosystèmes rares ou fragiles et des espèces endémiques. Les connaissances dans ce domaine doivent être développées pour aménager et gérer les agro-écosystèmes et pour implanter des zones protégées et des corridors de biodiversité.
- Les mécanismes socio-économiques de décision afin de concilier espaces protégés et zones de production, mesures agro-environnementales et mise en pratique des Trames Vertes et Bleues.

Les principales priorités de recherche concernent :

- l'effet du réchauffement climatique sur les performances d'organismes indicateurs ;
- l'élaboration de modèles visant à comparer différentes stratégies d'adaptation ;
- le comportement des communautés, invasives en particulier ;
- l'harmonisation entre des objectifs de conservation de la biodiversité et de développement des activités humaines ;
- l'information sur l'état réel des connaissances en matière de prédiction de la dynamique spatiale de la biodiversité.

Les études prioritaires doivent porter sur les écosystèmes fragiles, les espèces patrimoniales, les espèces à forts services écologiques et les espèces modèles. A court terme, il s'agit de voir comment maintenir le patrimoine actuel en l'état et, à long terme, comment harmoniser les activités humaines et la dynamique spatiale de la biodiversité.

