

## Atelier de Réflexion Prospective ADAGE

ADaptation de l'AGriculture et des Ecosystèmes  
anthropisés au changement climatique



Synthèse du sous-atelier B  
« Approche matricielle, croisement biomes, filières et zones  
géographiques »  
Décembre 2009



## **ADAGE - Sous-atelier B**

### **« Approche matricielle, croisement biomes, filières et zones géographiques »**

Tâche 5. Définition de la matrice utilisée et recensement des études nationales  
D9. Définition de la matrice utilisée et recensement des études nationales

Tâche 6. Biome cultures, filières alimentaires et valorisation non alimentaire  
D10. Biome cultures, filière cultures annuelles tempérées et méditerranéennes  
D11. Biome cultures, filière cultures tropicales  
D12. Biome cultures, filière utilisations non alimentaires de la biomasse cultivée  
D13. Biome cultures, filière arboriculture, viticulture et horticulture

Tâche 7. Biome prairies, savanes et filière élevage  
D14. Biome prairies tempérées et méditerranéennes, filière élevage  
D15. Biome prairies tropicales et savanes, filière élevage  
D16. Monogastriques

Tâche 8. Biome forêts, filière bois et fibre  
D17. Biome forêt tempérée et méditerranéenne, filière bois et fibre  
D18. Biome forêt tropicale, filière bois et fibre

Tâche 9. Biome hydrosystèmes continentaux, côtiers et océaniques, filière pêche et aquaculture  
D19. Biome hydrosystèmes continentaux, filière pêche lacs et cours d'eau  
D20. Biome hydrosystèmes océaniques, filière pêche littorale et hauturière  
D21. Aquaculture

Tâche 10. Sociétés à agriculture de subsistance  
D22. Ensemble des biomes, agropastoralisme, agriculture de subsistance

Tâche 11. Zones protégées et corridors de biodiversité  
D23. Ensemble des biomes, zones protégées et corridors de biodiversité

## Tâche 5 – Définition de la matrice utilisée et recensement des études nationales

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 le champ géographique couvert par le projet. 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.

Concernant le recensement des études nationales, environ 250 projets ont été financés depuis 1999 dans le cadre des programmes de l'ANR (ADD, Biodiversité, SYSTERRA, VMCS), du MEEDDM (DIVA, GICC) ou d'autres institutions (GIS Climat, PSDR,...).

Sur ces 250 projets, environ 70 traitent directement du changement climatique, de l'agriculture et des écosystèmes anthropisés ; plus de la moitié sont centrés sur les impacts, une vingtaine concernent l'atténuation, et seulement une dizaine abordent l'adaptation.

Ces 70 projets portent sur la France (ensemble du territoire ou régions) pour plus de la moitié d'entre eux, ensuite sur l'Europe et les Pays en Voie de Développement (entre 15 et 20% chacun), et enfin sur la région Méditerranéenne et sur le Monde entier (moins de 10% chacun).

Les thématiques les plus étudiées par ces 70 projets en lien avec le changement climatique concernent le stockage du carbone et les émissions de gaz à effet de serre (T12) ainsi que les ressources en sols et en eau (T13). Viennent ensuite les cultures (T6) et les incertitudes (T1), puis la biodiversité (T2), la forêt (T8), la pêche (T9) et l'élevage (T7).

Des manques importants se font sentir sur les sociétés à agriculture de subsistance (T10), les zones protégées (T11), la sécurité alimentaire (T14), les territoires (T15). L'innovation (T3) et l'adaptabilité (T4) n'ont pas encore été abordées dans ces projets sous l'angle du changement climatique.

Dans le cadre de la dizaine de projets abordant spécifiquement l'adaptation au changement climatique, les thématiques les plus étudiées sont les cultures (T6) et l'élevage (T7), suivies par la forêt (T8) et le lien avec l'atténuation (T12). Les thématiques biodiversité (T2), agriculture de subsistance (T10), zones protégées (T11), sols et eau (T13) et territoires (T15) ne sont que très peu traitées sous l'angle de l'adaptation au changement climatique ; les thématiques restantes (T3, T4, T9, T14) ne le sont pas du tout.

Cette analyse souligne que les études sur l'adaptation au changement climatique ont tout juste débuté. En effet, la plupart des projets dans ce domaine 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 (cultures, élevage), alors que les aspects génériques et systémiques de l'adaptation n'ont pas encore fait l'objet de soutiens.

On peut aussi noter l'absence d'études à vocation mondiale sur l'adaptation au changement climatique, alors qu'à l'inverse plusieurs projets à vocation régionale ont débuté en France.

## Tâche 6 – Biome cultures, filières alimentaires et valorisation non alimentaire

La satisfaction des besoins alimentaires n'est toujours pas assurée pour une part importante de la population en régions tropicales. Les changements climatiques sont susceptibles d'aggraver cette situation et d'induire également des irrégularités de production conséquentes dans les régions agricoles tempérées. Globalement l'insécurité alimentaire pourrait donc s'accroître dans le temps et l'espace. Par manque d'études prédictives précises et considérant différents niveaux d'échelle (plante, exploitation, bassin et région de production), on perçoit encore très mal les évolutions futures par filière et aire géographique, notamment sur le plan quantitatif (estimation des impacts, de leurs des coûts et bénéfices). En conséquence, il est difficile d'entrevoir de manière réaliste, les incidences de ces variabilités (sur les volumes de production et leurs qualités) sur les résultats économiques des filières.

Une première difficulté majeure réside dans les nombreuses incertitudes concernant les évolutions climatiques et les scénarios (Tâche 1). D'autres difficultés résident dans des insuffisances de bases (connaissances, méthodes, outils) et dans le manque d'approches intégratives pour développer des modèles aux échelles de temps, d'environnement et d'espace qui conviennent pour évaluer les réponses des systèmes de culture aux évolutions climatiques et identifier les adaptations nécessaires. Des recherches d'envergure basées sur l'expérimentation et la modélisation doivent donc être rapidement mises en œuvre et ciblées sur les verrous majeurs. Les délais seront en effet longs entre de telles actions et la mise à disposition/valorisation des résultats: outils fiables de prédiction, innovations techniques (par exemple variétés adaptées), stratégies d'adaptation des systèmes de culture, plans régionaux opérationnels). Différents verrous à lever ont été identifiés comme prioritaires du fait de leur intérêt pour toutes les filières végétales :

- Connaissances insuffisantes de processus de réponse déterminants, notamment les évolutions phénologiques (facteurs climatiques et paramètres génétiques), la dynamique de l'architecture du système racinaire et de ses fonctions (relations avec les évolutions climatiques), les processus d'action des conditions climatiques extrêmes (en particulier de température et de stress hydrique) au cours d'un cycle annuel, au moment de phases sensibles, sur le fonctionnement des plantes (mécanismes physiologiques et paramètres génétiques) et les interactions entre les cultures et leur environnement biotique aérien et souterrain ; On doit aussi mentionner une incertitude du rôle compensateur de la concentration en CO<sub>2</sub> dès lors que les conditions de température ou de stress hydrique seront fortement pénalisantes.
- Méthodes d'adaptation du matériel végétal insuffisamment développées, notamment d'adaptation génétique (stratégies d'évitement avec quantification de l'enjeu du calage des cycles dans la réduction de la vulnérabilité , notion d'idéotypes, intégration des biotechnologies) et moyens/outils de mise en œuvre insuffisamment développés, notamment pour le phénotypage (plateformes haut débit, expérimentations au champ pouvant notamment reproduire les conditions environnementales probables du futur), la modélisation (plateformes de comparaison et validation, paramétrage génétique), le traitement de données (outils informatiques) ;
- 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), évolution de la concurrence pour les ressources, prise en compte de scénarios économiques et démographiques, stratégies d'extensification et de diversification vs. intensification, gestion des risques, interactions avec les bioagresseurs, les espaces naturels,...

La levée de ces verrous et la valorisation des résultats au profit d'adaptations opérationnelles pour les différentes filières nécessitent de favoriser des projets de recherche inter-disciplinaires et regroupant des filières différentes (transversalité, communication entre filières) sur des territoires 'ateliers'.

En termes de priorité, il faudrait cibler les efforts de recherche et d'actions opérationnelles sur les régions et systèmes de culture les plus vulnérables. Les régions méditerranéennes, sahéliennes et DOM sont ainsi à privilégier compte tenu des prévisions climatiques et des enjeux humains (démographie, ruptures difficiles, pauvreté) et économiques (échanges nord-sud) qui les caractérisent.

## Tâche 7 – Biome prairies et savanes, filière élevage

L'adaptation des systèmes d'élevage au changement climatique est un enjeu majeur à moyen terme pour la durabilité des filières correspondantes. Elle se décline différemment selon les situations géographiques et les espèces considérées (ruminants vs monogastriques notamment).

Elle nécessite d'une part de préciser, pour chaque situation géographique et espèce considérée, les impacts prévisibles, directs ou indirects, du changement climatique sur les différentes composantes du système d'élevage (de la ressource alimentaire à la production) et de la filière, d'autre part l'identification des voies d'adaptation possible pour faire face à ces impacts.

Les principaux impacts concernent i) les ressources alimentaires (disponibilité, valeur alimentaire,...), et les modifications des fonctions des surfaces agricoles ii) les performances animales (production, reproduction, travail), iii) la santé animale, iv) les services, sociaux et environnementaux, rendus par l'élevage. Ces différents impacts se conjuguent à l'échelle des systèmes d'élevage. Enfin, les filières (marchés, consommation, organisation des producteurs, industries de transformation, impact sur les cahiers des charges) subissent aussi l'impact du changement.

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 ...). Certaines de ces voies sont connues, d'autres non. Certaines sont plus ou moins pertinentes selon le milieu et/ou les espèces considérées.

Enfin, il semble important de tenir compte, dans l'analyse des impacts et des voies d'adaptation, des interactions possibles avec les autres grandes évolutions possibles du contexte des productions animales dans les décennies à venir : prise en compte croissante des impacts environnementaux de l'élevage, développement des agro-carburants, relocalisation éventuelle des bassins de production et de consommation des produits animaux, volatilité des prix des matières premières destinées à l'alimentation animale,...

Parmi les différents projets ANR ou européens conduits ces dernières années concernant le changement climatique et les systèmes d'élevage, ceux qui traitent de l'adaptation des systèmes concernent essentiellement les ressources (eau, sol, fourrages, cultures) et très peu, à notre connaissance, traite de l'adaptation des animaux ou du système d'élevage dans son ensemble.

Compte tenu de l'état des connaissances répertorié et des verrous identifiés, les priorités de recherche identifiées concernent principalement i) la disponibilité des ressources alimentaires, leur évolution (nouveaux aliments) et la concurrence avec l'alimentation humaine, ii) la maîtrise de la santé animale dans des situations où le changement climatique conduira à un développement de maladies vectorielles et du parasitisme, et iii) la conception et l'évaluation de systèmes innovants, en rupture avec l'existant, intégrant pleinement les contraintes du changement climatique et permettant de faire face à la demande croissante de produits animaux, notamment dans les pays du Sud. Ces nouveaux systèmes seront notamment permis par une meilleure connaissance des ressources génétiques, des ressources alimentaires et des interactions génétique x milieu.

## Tâche 8 – Biome forêts, filière bois et fibre

### Forêt tempérée

Les impacts des changements climatiques sur les écosystèmes ont historiquement été mis en évidence en premier lieu sur les forêts tempérées, en particulier en France où des modifications de fonctionnement à long terme ont été établies. Les impacts sont les fonctionnements et dysfonctionnements, sur le déterminisme des flux et bilan de carbone et quelques interactions hôte-bio agresseurs ont été quantifiés, mais sont encore imparfaitement modélisés. Si les enjeux varient entre les forêts de production ou sous contraintes (montagne, méditerranéenne ou ripisylves), les verrous à lever n'ont pas été distingués.

Pour l'adaptation des écosystèmes forestiers, des lacunes de connaissances ont été identifiées sur les couplages entre processus et fonctions clés (allocation, reproduction, compétition, mortalité) et leur modulation sous interactions de contraintes (eau, température, CO<sub>2</sub>, ozone, azote), à des pas de temps courts et longs, sur les interactions biologiques (arbre, champignons, insectes et ennemis naturel), et ceci à différentes échelles spatiales. Sur le plan génétique, des lacunes ont été listées en particulier sur les traits fonctionnels à caractères adaptatifs et pouvant intervenir dans la vulnérabilité aux contraintes futures, aussi bien en intra- qu'en inter-spécifique.

Les priorités de recherches proposées concernent : 1) la caractérisation et cartographie de la vulnérabilité, 2) l'amélioration de nos capacités de prédiction à long terme dans les modèles à bases fonctionnelles ou génériques de dynamique de peuplements, 3), l'adaptation de la gestion et de la filière en développant des outils d'aide à la décision politique et gestion, 4) la transformation des peuplements (substitution ou introduction d'essences) et la filière forêt bois. Ces recherches seront à conduire de manière prioritaire dans les fronts d'expansion (colonisateurs) ou de régressions d'aires, les zones tampons entre biomes (forêt-agriculture, ripisylves). Des options d'adaptation de la gestion seront confrontées à des réticences sociologiques et à des incohérences réglementaires qu'il faudra faire évoluer. Des outils d'évaluation économique devront également accompagner des stratégies d'adaptation pour les raisonner à long terme, en particulier en distinguant les chocs mous (dépérissements, réduction de productivité) ou durs (tempêtes).

### Forêt tropicale

Les forêts tropicales, plantées, primaires ou secondaires, assurent des services écosystémiques nombreux (ressources bois, fourrage, régulations hydriques, protection contre l'érosion, réduction de l'effet de serre ...). Cependant, ces forêts 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 vs. plantations, usages locaux). Les recherches menées par la France (Cirad, Ird, Inra, Cnrs, Universités, ..) ont établi porté sur les diverses facettes des interactions entre forêts et climat, allant des bilans de carbone et cycles biogéochimiques, aux études sur la diversité fonctionnelle et spécifique, en passant par des études socio économiques relatives aux populations concernées.

Les interventions ont géographiquement évolué dans le temps, avec un accent mis sur les zones de forêts tropicales humides (Bassin du Congo, Asie du Sud Est, Amazonie), et un relatif retrait des équipes françaises dans les zones sèches ou agro-sylvo-pastorales.

Les principaux verrous pour l'adaptation des forêts tropicales ont été listés, 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, la consommation en eau des plantations, les déterminants de la biodiversité (végétale, fongique, bactérienne, animale) et 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 CO<sub>2</sub> 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 seraient des zones d'intervention prioritaires.

Mais au-delà des aspects « écologiques et biologiques », la prise en compte des enjeux sociétaux, sociologiques et économiques pour les pays comme pour les populations concernées est un enjeu majeur et nécessite des recherches spécifiques pour aborder - au-delà de l'adaptation des forêts- la question de l'adaptation des sociétés qui leur sont liées, directement ou indirectement. 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.

## **Tâche 9 – Biome hydrosystèmes continentaux, côtiers et océaniques, filière pêche et aquaculture**

### **Eaux continentales**

Les écosystèmes d'eau douce sont d'importants réservoirs de biodiversité très sensibles au changement global. Outre leur intérêt propre, les enjeux qui s'y rattachent sont multiples : importance pour le maintien de la biodiversité terrestre, services écologiques (régulation et épuration de l'eau et énergie renouvelable) et engagements réglementaires. Aux conventions internationales et directives européennes protégeant certains types d'espèces et d'habitats, s'ajoute la DCE qui demande le retour au bon état écologique de toutes les masses d'eau d'ici 2015. Le poisson est un des indicateurs de la qualité écologique selon la DCE. L'IPR (Indice Poisson Rivière) comme le futur indice poisson estuaire (IPE) est de fait un des indicateurs de la stratégie nationale pour la biodiversité. En France, de longues chroniques d'état écologique sont disponibles et de nouvelles sont mises en place dans la cadre de la DCE.

Les mesures du retour au bon état écologique (maintien des régimes hydrologiques, renaturation des cours d'eau, réhabilitation et conservation des zones humides) devraient permettre aux hydrosystèmes de supporter les impacts du changement global. Néanmoins, il importe de pouvoir évaluer la capacité adaptative des espèces et de résilience des hydrosystèmes et aller au delà de la simple évaluation de l'impact du changement climatique souvent abordée dans les études. Ainsi, un certain nombre de verrous à lever ont été identifiés et traduits sous forme de recherches prioritaires :

- \* L'Amélioration de la précision des modèles reliant températures eau/air et hydrologie/thermie dans différents contextes géographiques et à des échelles spatiales pertinentes pour la gestion. Dans ce cadre, le lien entre hydrologie et hydroécologie restreint à quelques espèces et milieux emblématiques doit être étendu
- \* Le développement des connaissances en écophysiologie par un couplage d'approches terrain/expérimentation en intégrant le contexte génétique.
- \* L'amélioration des modèles d'évolution d'aire de répartition des espèces qui reposent pour l'instant sur des méthodes statistiques, en intégrant leurs réponses aux forçages environnementaux.
- \* Le développement de modèles permettant de simuler les évolutions à l'échelle d'un bassin versant des dynamiques démographiques en intégrant le rôle de la fragmentation et des mesures de restauration de la connectivité sous différents scénarios climatique
- \* L'élaboration d'indicateurs du bon état écologique plus proches des fonctions et recourant à des outils de modélisation intégrant les conditions climatiques dans l'évaluation de l'écart à l'état de référence
- \* L'élaboration d'indicateurs de bon fonctionnement pour aller au-delà des objectifs actuels de la DCE focalisés sur le bon état écologique. Elle devrait permettre de mieux estimer les tendances d'évolution des systèmes, la qualité et l'évaluation économique des services rendus.

Des situations prioritaires ont été identifiées. Elles concernent des études à engager / renforcer dans le domaine cognitif (approche systémique et fonctionnelle, diversité génétique) et sur le fonctionnement des zones humides, milieux très sensibles à l'impact du changement climatique et essentiels dans la continuité écologiques des hydrosystèmes.

### **Milieu marin**

Les pêches maritimes mondiales produisaient 82 MT en 2006 (80 MT de bovins) soit 15% des apports en protéines animales de l'alimentation humaine. Ces pêches intéressent 860 000 pêcheurs dans les pays industrialisés, avec une chute d'un quart des effectifs en 20

ans. Actuellement, 78 % des stocks mondiaux sont sur- ou pleinement exploités. L'Atlantique Nord-Est est l'une des grandes zones de pêche les plus exploitées. De fait, les stocks ne se rétablissent pas et la situation pour certaines espèces est préoccupante. A cette surexploitation, s'ajoute la dégradation des milieux marins (modification des habitats et qualité de l'eau). Enfin, l'impact du changement climatique (températures plus chaudes et acidification des eaux) vient renforcer / multiplier les déséquilibres et les dysfonctionnements présents, entraînant une baisse de la productivité globale du milieu marin. Ainsi, l'enjeu majeur pour la filière pêche océanique est d'évaluer ses potentialités d'adaptation au changement climatique 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 recherches actuelles abordent toujours les effets majeurs de la surexploitation et de la dégradation du milieu. Les impacts climatiques sont plus souvent étudiés sous l'angle diagnostic que celui de réponse évolutive des ressources marines et des pêcheries. Ainsi, le principal verrou à lever pour comprendre et prévoir les conditions d'adaptation de ces pêcheries concerne la connaissance de ces impacts sur les fonctions des écosystèmes marins. Ce verrou concerne les changements d'abondance, de composition spécifique des espèces cibles, de productivité des écosystèmes et d'environnement physique et biologique.

Quatre priorités de recherche sont identifiées pour accompagner l'adaptation des pêches au changement climatique : 1) Minimiser les impacts écologiques en répondant aux objectifs finaux des deux directives cadres DCE et DCSM, 2) Améliorer la viabilité économique des pêcheries dans un contexte de forte variabilité des quantités et produits, 3) Répondre à la demande de produits aquatiques qui deviendront de plus en plus rares et 4) Améliorer la gouvernance en la rendant adaptative et en impliquant les acteurs.

Ces recherches doivent permettre d'identifier, de comprendre et de prévoir les réponses adaptatives du milieu et de ses ressources biologiques au changement climatique pour évaluer et anticiper leur évolution et moduler leur niveau d'exploitation. Une des difficultés de cette estimation résulte de la superposition entre variabilités naturelle et d'origine anthropique. La mise en œuvre implique le développement de deux démarches (élaboration d'indicateurs de l'évolution de l'état de santé des écosystèmes, approche écosystémique des pêches) et deux outils (modélisation, Aires Marines protégées comme systèmes d'observation) permettant d'élaborer des outils d'aide à la décision et des stratégies alternatives de gestion prenant en compte l'importance de l'incertitude dans ces changements.

Des situations prioritaires ont été identifiées en fonction de leur importance et de leur niveau de sensibilité au changement : des pêcheries fragilisées, les écosystèmes littoraux (incluant estuaires) et les écosystèmes coralliens.

## **Aquaculture**

L'aquaculture permet de répondre à la demande croissante en produits aquatiques que la pêche ne peut pas couvrir. En 2006, 47% des produits aquatiques offerts sur le marché mondial provenaient de l'élevage, qui est pratiqué principalement en Asie (89% de la production mondiale). L'approvisionnement du marché français est fortement dépendant des importations. Cependant, la France se place en tête des pays européens pour la conchyliculture et occupe le troisième rang mondial pour la production de truites.

L'enjeu actuel est de développer l'aquaculture française malgré le changement climatique. Cet objectif nécessite des adaptations à la fois des systèmes de production, des animaux et de la législation ainsi que l'évaluation de la durabilité des solutions envisagées. La majorité de la production aquacole française est réalisée en systèmes ouverts, vulnérables aux intempéries et aux variations des niveaux d'eau. Le développement des élevages aquacoles

est actuellement limité par la compétition pour l'occupation de l'espace, et les contraintes environnementales liées à la directive cadre sur l'eau. L'aquaculture doit aussi réduire sa dépendance aux matières premières d'origine halieutique pour l'alimentation des poissons et crevettes. En outre, les organismes aquatiques sont particulièrement sensibles aux facteurs du milieu tels que la température, le pH, la disponibilité en oxygène ainsi que la disponibilité en nourriture dans le cas des mollusques.

Les verrous à lever concernent l'évaluation et la hiérarchisation des risques liés au changement climatique, la faisabilité d'innovations technologiques qui permettraient de produire au large, en eaux profondes ou en circuits fermés et leur acceptation par les producteurs et les consommateurs, les capacités d'adaptation des espèces aux modifications du milieu et leur résistance aux agents pathogènes.

Les priorités de recherches pour lever ces verrous nécessitent de mobiliser des compétences de différentes disciplines: biologie, socio-économie, droit. Les recherches doivent permettre des mutations technologiques durables des systèmes de production, le choix raisonné de nouvelles espèces ou l'adaptation de souches plus résistantes aux changements du milieu et aux bio agresseurs ainsi que l'évolution de la législation pour accompagner les nouveaux modes de production et en limiter les risques sanitaires, environnementaux et économiques.

## Tâche 10 – Sociétés à agriculture de subsistance

La tâche 10 s'intéresse à l'adaptation au changement climatique de populations rurales qui consomment directement une part significative de leur production (où donc les activités commerciales liées à des filières ne sont pas dominantes). La dépendance de ces sociétés vis-à-vis de leur système écologique est quasi-exclusive, si bien que le niveau d'analyse sera celui du « système socio-écologique ». La résilience du système écologique repose autant sur la durabilité de la ressource que sur celle du système social gestionnaire ; l'objectif est ici de voir comment les systèmes socio-écologiques peuvent perdurer, ce qui revient à définir le seuil de résilience pour une société et un système écologique donnés.

L'état de l'art à propos des sociétés à agriculture de subsistance confrontées aux changements montrent des avancées en matière de :

- Hiérarchisation des services environnementaux propres à chaque type de sociétés
- Compréhension des stratégies d'adaptation développées dans différentes situations
- Identification des facteurs endogènes et exogènes d'adaptabilité ou de vulnérabilité

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 et donc du potentiel de ressources exploitables par les SAS. En outre, compte tenu des facteurs d'adaptation et de vulnérabilité déjà identifiés pour ces groupes sociaux, l'on est en droit de se demander : i) quelles seront les conséquences du changement climatique sur la vulnérabilité des SAS ; ii) quels en seront les impacts sur leurs réponses adaptatives ; et iii) quelles perspectives de développement sont envisageables pour ces sociétés. Les verrous à lever pour répondre à ces questions se situent à plusieurs niveaux :

- des verrous de connaissances (manques sur les effets du changement climatique, en termes de précipitations par exemple, difficulté d'appréhender la part effective du changement climatique par rapport aux autres facteurs de pression, absence d'indicateurs permettant de mesurer l'impact des SAS sur leur système écologique, déficit de connaissances sur les services écosystèmes,...)
- des verrous méthodologiques (comment évaluer les services fournis par les SAS, comment analyser la vulnérabilité en discriminant tous les facteurs, comment concilier un suivi sur le long terme et une restitution à court terme aux SAS,...)

Les priorités ou propositions de recherche s'organisent en 3 temps :

- (1) Le présent pour lequel on cherchera à comprendre les mécanismes d'adaptation mobilisés par le système social pour restituer la fonctionnalité déjà compromise par ailleurs de son système écologique ;
- (2) Le futur proche, en se posant la question de l'adaptation de ces mécanismes et des SAS aux changements en cours ou annoncés ;
- (3) 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 profonde des SAS.

## Tâche 11 – Zones protégées et corridors de biodiversité

La biodiversité est envisagée dans son contexte le plus vaste, à savoir de la variabilité génétique individuelle jusqu'à la diversité des écosystèmes ; le maintien de cette diversité est indispensable au bon fonctionnement et au développement des systèmes agricoles et anthropisés, avec une nécessaire harmonie entre biodiversité et systèmes agricoles. Plus de 12% du territoire français (DOM TOM inclus) est aujourd'hui protégé, selon des statuts variés, et avec de grands pans de biodiversité liés aux activités humaines. La conservation de cette biodiversité nécessite donc des interventions ciblées. Actuellement, les changements climatiques ne sont que très peu considérés dans les actions de protection des espaces. Pourtant, il est déjà évident que ces changements provoquent des déplacements d'aire de distribution des individus, pour retrouver des 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), gérer les espaces ou restaurer des conditions écologiques favorables est prioritaire.

Différents verrous à lever pour intégrer les effets du changement climatique sur la biodiversité dans les zones protégées ont été identifiés :

- Tout d'abord, des verrous conceptuels et méthodologiques (Comment vont se comporter les écosystèmes rares ou fragiles, les espèces endémiques,... ? Comment aménager et gérer les agro-écosystèmes en conséquence ? Où implanter des zones protégées et des corridors ?,...)
- Ensuite, des verrous socio-économiques (dualité espaces protégés / zones de production, construction des mesures agro-environnementales, mise en pratique des Trames Vertes et Bleues,...)

Les principales priorités de recherche sont les suivantes :

- Effet du réchauffement climatique sur les performances d'organismes indicateurs
- Elaboration de modèles visant à comparer différentes stratégies d'adaptation, en fonction d'une part du potentiel évolutif et donc du degré d'adaptabilité des espèces, d'autre part des scénarios climatiques, ainsi que des incertitudes associées respectives
- Recherches sur le comportement des communautés (invasives,...)
- Harmoniser biodiversité et activités humaines
- Informer sur l'état réel des connaissances en matière de prédiction de la dynamique spatiale de la biodiversité

En termes d'organismes-cible, les situations à étudier prioritairement sont les écosystèmes fragiles et les espèces patrimoniales, les espèces à fort service écologique, les espèces modèles.

En termes d'échelle temporelle, il s'agit à court terme de voir comment arriver à maintenir le patrimoine actuel en l'état (populations et espèces), à long terme de voir comment harmoniser les activités humaines et la dynamique spatiale de la biodiversité (communautés).