



Alliance Nationale de Recherche pour l'Environnement

Stratégie Nationale de Recherche Contribution d'AllEnvi

1^{er} juin 2013

Les 12 membres fondateurs



SOMMAIRE

| | |
|---|----|
| Introduction..... | 2 |
| Une recherche ancrée au niveau européen et international | 4 |
| Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique | 6 |
| Sécurité alimentaire, durabilité et bio-économie | 11 |
| Santé et Bien-être | 18 |
| Une énergie propre, sûre et efficace | 23 |
| Mobilité et systèmes urbains durables | 26 |
| Stimuler le renouveau industriel..... | 31 |
| Contributions..... | 34 |

Introduction

La contribution d'AllEnvi à l'élaboration de la future Stratégie Nationale de Recherche (SNR) se situe dans le contexte général d'une transition majeure qui engage tous les fondements de la société autour des enjeux de l'environnement, de l'alimentation, de l'eau, du climat et des territoires, non seulement pour maîtriser les risques environnementaux et renforcer la sécurité dans un contexte de changements globaux, mais aussi pour favoriser une société innovante et économiquement viable.

Cœur de la réflexion d'AllEnvi sur les différents défis sociétaux proposés et fil conducteur des propositions de l'alliance, cette transition environnementale est source d'innovation et de développements technologiques. Les sciences de l'environnement présentent des atouts et des compétences spécifiques pour appréhender les phénomènes complexes qui sous-tendent ces défis sociétaux, aux plans systémique, interdisciplinaire et intégratif.

Les enjeux de la recherche environnementale

Les phénomènes environnementaux sont par nature complexes, multi-scalaires, multi-niveaux et transversaux. L'acquisition des connaissances sur les mécanismes et la biodiversité du vivant comme sur les processus physiques et chimiques ou sur les phénomènes sociaux et économiques, ainsi que sur les multiples interactions et rétroactions entre tous ces processus et phénomènes est un défi considérable. Il est donc indispensable d'investir dans la recherche de base pour développer des compétences et expertises sur les grands défis sociétaux et les enjeux technologiques afférents.

Pour répondre à ce défi, les recherches en environnement se fondent d'abord sur l'observation, l'expérimentation et la modélisation des phénomènes étudiés. Le développement et la pérennisation d'infrastructures de recherche en environnement, assurant la collecte, la distribution et l'archivage de données constituent un des axes majeurs de ce champ de recherche. La production massive et le traitement de données et métadonnées environnementales générées par ces observatoires participent aux enjeux des « big data » et de la modélisation numérique (en lien avec Allistene) et feront l'objet d'une attention particulière. L'expertise associée à ces infrastructures (métrologie, standardisation, traitement, mise à disposition de données) constitue également un enjeu pour les acteurs socioéconomiques.

Une recherche source d'innovations et objet de développement technologique

La prise en compte de l'environnement et du développement durable (soutenable et sur le long terme) donne lieu à l'émergence de nouvelles activités économiques et à de nouveaux services qui se traduisent par des trajectoires d'innovation et des développements technologiques spécifiques (valorisation de la biodiversité pour des applications dans le domaine de la santé, bio-économie, bio raffineries, écotecnologies...). Ces innovations, fruits de la recherche irriguent le développement d'une recherche technologique, objet d'une contribution spécifique sur le défi renouveau industriel.

Au-delà des innovations technologiques, des attentes spécifiques sont exprimées par les porteurs d'enjeux, elles démontrent l'importance de l'innovation environnementale comprise au sens large, et intégrant les dimensions économiques et sociales.

Des questions transversales aux défis

Les défis sociétaux proposés dans le cadre de la Stratégie Nationale de Recherche sont interdépendants. Certaines thématiques transverses à ces défis y trouvent leur place, comme l'impact du changement global, les risques, l'eau et la biodiversité.

Par ailleurs, les défis sociétaux sont exacerbés dans certaines zones géographiques comme les pays du Sud ou les territoires d'Outre-Mer, toutes zones où pressions anthropiques, climatiques, et sociétales se combinent et génèrent une grande vulnérabilité.

Méthodologie et organisation du document

Pour produire ce document, AllEnvi a mobilisé l'ensemble de ses groupes thématiques et de ses groupes transversaux. Les contributions fournies ont été débattues lors d'un séminaire organisé les 9 et 10 avril 2013. Il a réuni les animateurs de ces groupes (thématiques et transversaux), les représentants des organismes de recherche et de la CPU, ainsi que les représentants des agences concernées et des ministères concernés par AllEnvi (MESR, MAAF, MEDDE).

Des groupes de rédaction dûment mandatés par le Comité de Pilotage Scientifique de l'alliance ont ensuite produit des contributions pour chacun des défis relevant du champ d'AllEnvi.

Afin de compléter cette réflexion menée en interne, AllEnvi a initié des ateliers de consultation des porteurs d'enjeux issus du monde associatif, d'une part, et des industriels (pôles de compétitivité, instituts Carnot et comités de filières concernés), d'autre part. Enfin, une interaction avec le groupe « Task Force » du CNRS a permis de dégager les complémentarités des contributions d'AllEnvi et du CNRS.

Par les défis globalisés qu'elle traite, les processus qu'elle étudie et les moyens qu'elle met en œuvre, la recherche en sciences de l'environnement ne peut se concevoir dans le seul cadre national. C'est pourquoi le positionnement européen et international de l'ensemble des défis couverts par la SNR est présenté en premier. Les deux défis correspondants au cœur du champ thématique d'AllEnvi sont ensuite détaillés : « Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique » ; « Sécurité alimentaire, durabilité et bio-économie ». Les défis pour lesquels AllEnvi apporte une contribution complémentaire et ciblée par rapport aux autres alliances (« Santé et bien-être » ; « Energie propre, sûre et efficace » ; « Mobilité et systèmes urbains durables ») sont ensuite présentés.

Enfin, une contribution spécifique d'AllEnvi au défi « Stimuler le renouveau industriel » présente les domaines majeurs identifiés par AllEnvi comme porteurs d'innovations créatrices de nouveaux produits, de nouveaux services et au final d'emplois dans les champs socio-économiques couverts par l'alliance.

Une recherche ancrée au niveau européen et international

Allenvi s'inscrit dans des systèmes et des dynamiques de recherche et d'enseignement supérieur qui dépassent le territoire national. En s'appuyant sur la stratégie de Lisbonne qui mettait l'environnement au même niveau que l'économie et le social dans le cadre du développement durable, le 7^{ème} PCRDT a notamment renforcé la prise en compte des questions environnementales dans les problématiques de recherche en Europe. Au-delà des projets collaboratifs et du lancement de nouveaux ERA-Net, cette préoccupation majeure s'est traduite dans la création des initiatives de programmation conjointe (IPC) dont plus de la moitié répond à des enjeux environnementaux. Ainsi six des dix IPC actuelles (*Climate, FACCE, Water, Ocean, Urban Europe, HDHL*) s'inscrivent dans le champ d'AllEnvi. L'Institut européen de technologie (EIT) s'est aussi doté d'une communauté de la connaissance et de l'innovation (KIC) sur le climat et prévoit d'en lancer prochainement une nouvelle sur l'alimentation.

La situation économique actuelle pousse l'Union européenne à orienter sa nouvelle programmation 2014-2020 vers davantage d'efforts en faveur de la croissance, tout en soutenant l'axe du développement durable. Ainsi les questions économiques et environnementales traverseront le futur programme cadre, Horizon 2020, dans ses trois piliers : excellence scientifique, primauté industrielle et défis sociétaux. La poursuite de l'intégration de l'espace européen de la recherche, en particulier à partir des IPC et des communautés de la connaissance et de l'innovation de l'EIT, est une priorité renforcée.

Cette évolution de la recherche européenne vers des dispositifs importants dévolus à des enjeux sociétaux implique des processus d'alignement programmatique et renforce les besoins de coordination nationale et de stratégie internationale. Allenvi s'est mobilisée pour contribuer activement à l'élaboration de ces nouvelles orientations, afin de prendre pleinement sa place dans l'espace européen de la recherche, avec les nouveaux outils de coordination comme avec les futurs instruments de financement qui seront développés lors de la programmation 2014-2020. Elle participe à la stratégie de programmation des IPC et des partenariats européens pour l'innovation (EIP : *European Innovation Partnership*) sur l'agriculture durable et sur l'eau. Elle joue un rôle actif dans la coordination des feuilles de route nationale et européenne pour les infrastructures.

De telles dynamiques se dessinent aussi au-delà de l'Europe, avec la consolidation de formes larges de coopération scientifique internationale sur les enjeux globaux (GIEC, IPBES, GCRAI, Belmont forum, Alliances globales...). Ces dispositifs de coopération ont vocation à jouer un rôle d'appui à la gouvernance mondiale pour la résolution des grands défis planétaires en réponse à la continuité géoscientifique des problématiques sur l'environnement. Ils s'appuient notamment sur des observatoires pérennes et demandent des capacités d'analyse et d'action qui mobilisent une expertise scientifique large. AllEnvi contribue ainsi à l'élaboration de stratégies internationales concertées pour peser efficacement sur ces dispositifs mondiaux. Par ailleurs, l'alliance pourra coordonner, en bilatéral, des stratégies plus concurrentielles avec des pays cibles, notamment les pays émergents et méditerranéens, dans la ligne des orientations de coopération internationale de la stratégie nationale de recherche.

Enfin, les recherches environnementales sont particulièrement critiques pour l'avenir de certaines populations et régions du monde, en particulier en zones intertropicales et

méditerranéennes où changement climatique et pression anthropique se conjuguent et exacerbent les risques environnementaux. La conférence Rio+20 a ainsi pointé la nécessaire complémentarité entre les objectifs du millénaire et un développement durable et équitable. AllEnvi porte cette mission de développer aussi des recherches pour les Sud et avec les Sud, en mettant en œuvre des partenariats scientifiques respectueux et équilibrés, en mobilisant l'expertise française et en participant à la cohérence des politiques publiques de la recherche et d'aide au développement.

La coordination de ces actions et la diffusion des informations est organisée dans le cadre du groupe transversal Europe & International, qui est chargé d'assurer la cohérence et l'articulation entre les différents outils et stratégies internationales, européennes et nationales. Ce groupe assure aussi, pour les sujets qui le concernent, la liaison avec le MESR et les autres ministères impliqués, notamment le MAEE, ainsi qu'avec les réseaux de Points de Contact Nationaux et les actions régionales.

Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique

Objectifs et enjeux

Nourrie par les contributions de ses groupes de travail, la réflexion d'AllEnvi a visé à structurer les priorités de recherche permettant de répondre au défi « gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique » de la SNR, défi qui, dans le document préparatoire de la SNR, nécessite des « *connaissances sur les changements globaux, dont le changement climatique, et leurs conséquences régionalisées sur les écosystèmes et leurs composantes sensibles que sont les eaux naturelles, le sol et le sous-sol, la biodiversité. (...) Il nécessite d'autre part un accroissement des connaissances relatives à l'exploitation durable et respectueuse de l'environnement des matières premières : prospection, extraction, transformation, réutilisation, recyclage et remplacement, impacts et remédiation. (...) écoprocédés (...) systèmes intégrés et pérennes d'observation et d'information, à différentes échelles imbriquées du local au global* ».

Les participants soulignent que l'ensemble des priorités de recherche englobent les enjeux des **outre-mer et des pays du Sud**. Cela est indispensable compte tenu des enjeux et des engagements européens (cf Directives européennes environnementales) et internationaux de la France (IPBES, Conventions sur la diversité biologique, sur la désertification et le changement climatique).

Par ailleurs, tous les défis identifiés dans la SNR mettent en jeu le **fonctionnement des écosystèmes et le maintien des services écosystémiques**. De ce fait, ils sous-entendent une gestion durable des écosystèmes, des actions de sauvegarde et de restauration des écosystèmes dégradés, la conservation et la gestion durable de la **biodiversité**. Celle-ci joue un rôle clé dans le fonctionnement des écosystèmes, de par sa capacité à évoluer et à s'adapter.

Quatre sous-thèmes (ou axes), sont présentés qui structurent le défi. Ils ne sont pas indépendants, mais permettent d'appréhender le défi de façon holistique.

1. Comprendre le fonctionnement et les interactions, à différentes échelles spatiales et temporelles, des systèmes climatiques, écologiques et sociologiques

Dans le contexte du changement global, il est fondamental de comprendre les différentes interactions (et rétroactions) entre les grands éléments physiques du système Terre (atmosphère, hydrosphère, cryosphère, plancher océanique, continents) et le Vivant (populations, espèces, des gènes aux écosystèmes). Un socle de connaissances fondamentales reste à constituer sur les **processus physico-chimiques, écologiques et climatiques** et leurs interactions avec les systèmes socio-économiques.

La compréhension des facteurs (variables de forçage climatiques ou anthropiques) qui régissent ces processus est essentielle : interactions entre système Terre, climat et biodiversité, capacité adaptative et évolutive des organismes et des populations, fonctionnement à grande échelle des cycles biogéochimiques, compréhension de la physique de l'océan, stockage du carbone et des gaz à effet de serre, rôle des sols,...). Les besoins de recherche amont demeurent sur les mécanismes de base - du vivant (caractérisation, capacité de s'acclimater ou d'évoluer, modalités de sa structuration spatiale à petite versus grande échelle), comme du climat (variabilité naturelle annuelle à décennale,

liens avec la physique et la chimie de l'océan et des surfaces continentales) - afin de pouvoir développer des méthodes d'anticipation, voire de prévision aux différentes échelles temporelles et spatiales.

Ces travaux de recherche doivent s'appuyer sur des démarches **d'observation, d'expérimentation et de modélisation** portant sur l'atmosphère, l'océan, les surfaces et interfaces continentales, en décloisonnant notamment les travaux sur le sol, le sous-sol et l'eau, le climat, les milieux terrestres plus ou moins anthropisés, le littoral (estuaires et eaux de transition inclus), la mer, la biodiversité (cf. développement de travaux sur la caractérisation, les inventaires taxonomiques, la quantification des réponses des différents niveaux et compartiments de la biodiversité aux pressions, etc.), avec notamment le développement de nouveaux instruments de mesure (par exemple des capteurs) fiables et économiques. Ce décloisonnement permettra d'appréhender les cycles biogéochimiques dans leur globalité en couvrant l'ensemble des processus majeurs.

Pour aborder ces processus fondamentaux, qui se placent sur le temps long, la constitution et le soutien pérenne **d'infrastructures de recherche et d'observation (et d'intégration) de long terme** sont fondamentaux (notamment les missions spatiales d'observation de la Terre, la flotte océanographique française, les avions de recherche en environnement, les SOERE, les autres IR ou TGIR, les codes numériques communautaires, les bases de données et systèmes d'information). Il y a ainsi un réel besoin de recueil des données nouvelles (de base) sur le fonctionnement physique, chimique et biologique des systèmes environnementaux. Il s'agit aussi de s'assurer du bon archivage et de la diffusion de ces données, et de leur interopérabilité, afin de les rendre disponibles et riches dans leur exploitation. De ce point de vue, la structuration doit tendre à des réseaux de niveau mondial, comme c'est le cas déjà pour certaines données (météorologiques, océaniques ...) et passer par des efforts de coordination et de structuration nationaux et européens. Cette démarche permettra d'aborder ce qui relève du couplage entre compartiments, d'une part, mais aussi de favoriser un couplage entre disciplines bio-géophysiques comme humaines et sociales.

Ces connaissances scientifiques fondamentales, les bases de données afférentes et les indicateurs déduits, peuvent être critiques pour l'appui à la définition et à la mise en œuvre de certaines politiques publiques environnementales (cf. référentiels taxonomiques, notamment, mais pas seulement outre-mer, pour les politiques de l'eau et de la biodiversité).

2. Prévoir les évolutions pour anticiper les risques et connaître les capacités de résilience des écosystèmes et de leurs ressources

La capacité d'adaptation de nos sociétés face aux risques environnementaux et à l'évolution des milieux de vie (notamment liés à des événements extrêmes, comme les inondations et les sécheresses, ou la présence de contaminants émergents) doit être soutenue par la recherche. Il s'agit d'améliorer, par une meilleure anticipation voire une meilleure prévision, **l'évolution du climat, des écosystèmes, de la biodiversité**, et de leurs capacités de résilience. Ces sujets ne peuvent être abordés sans une prise en compte rigoureuse de la variabilité et des incertitudes. Il est ainsi nécessaire de coordonner la mise en place de portails de données sur le climat futur et sur les impacts du changement climatique, interopérables, soutenus par une solide recherche amont, et constituant le volet français de

l'IPC Climat. Ces connaissances peuvent soutenir la surveillance et les systèmes d'alerte précoce des vulnérabilités et des risques (non durabilité, seuils, basculements des écosystèmes d'un régime à un autre...).

La gestion des risques environnementaux et l'estimation de leur distribution future sont une composante essentielle de la réaction et de l'adaptation de nos sociétés aux évolutions environnementales face aux aléas du changement climatique. Il est donc nécessaire de développer des indicateurs, des modèles et des méthodes innovantes pour faire face aux incertitudes concernant la surveillance des menaces et l'évaluation des risques et répondre au besoin d'alertes précoces et fiables. L'information est nécessaire à des **échelles régionales fines**, proches des territoires qui doivent prendre des options de gestion ou d'adaptation ou évaluer les conséquences de certains choix selon l'élasticité de la réponse aux besoins et attentes de la société en termes énergétiques, alimentaires ou culturels et éthiques. Il peut s'agir de modélisation quantitative mais aussi de démarches plus qualitatives (scénarios de prospective).

La préservation des habitats, de la biodiversité et des ressources (par exemple pour des questions de sécurité alimentaire) est devenue un enjeu social majeur et un défi pour la réglementation. Au-delà des risques liés aux événements extrêmes, l'environnement est actuellement menacé par les **risques émergents** tels que les « nouveaux » contaminants (par exemple les perturbateurs endocriniens), les agents pathogènes (y compris les bactéries résistantes aux antibiotiques et les pathogènes végétaux, animaux ou humains en relation avec l'accroissement des échanges mondiaux) ou les nanomatériaux. De nombreuses lacunes subsistent quant à leur comportement dans l'environnement sur le long terme (dans les eaux, les sols, l'air, les organismes vivants) et leur impact sur la santé et la vie des écosystèmes et des citoyens (cet axe est commun avec le défi sur la santé). Les recherches écotoxicologiques et éco-épidémiologiques sont donc importantes. Avec les changements globaux, ces risques peuvent conduire, conjointement, à des crises sanitaires environnementales. Ainsi, le changement climatique s'accompagnera d'une modification des extrêmes de température et d'ensoleillement, et de la durée des canicules, qui nécessitera, pour préserver la santé publique, une modification des seuils réglementaires d'émission dans l'air des polluants.

Face à la multitude des risques, l'enjeu est de disposer du corpus de connaissances qui permettra une **compréhension et une évaluation adéquates des risques**, leur gestion efficace et une réglementation raisonnée. Les interrogations du public, relevant de sa curiosité ou de ses inquiétudes, sont désormais de plus en plus grandes. La perception du risque n'est pas forcément reliée directement avec son niveau objectif, quand il est objectivable. Le risque est une construction sociale qui tient compte d'un grand nombre de facteurs que les sciences sociales peuvent expliciter. L'accompagnement pédagogique, le dialogue et la prise en compte des demandes des parties prenantes, tant au niveau de l'évaluation des risques que de la recherche, semblent être les conditions sine qua non du retour de la confiance sociale dans le domaine des risques.

3. Gestion durable, et adaptation sous contrainte de changements globaux, des socio-écosystèmes et de leurs ressources, dans un contexte de tensions sur les usages

Une économie efficiente des ressources vise à l'utilisation durable des ressources naturelles pour répondre aux besoins d'une population croissante, avec le souci des générations

futures et dans les limites écologiques d'une planète aux ressources limitées. Elle doit permettre à la société de s'adapter à l'environnement et à son évolution sous les pressions multiples dont les changements globaux et notamment climatiques. La gestion efficace des ressources est l'un des défis majeurs de notre société. En effet, la demande de ressources est croissante, alors que les changements globaux en diminuent la viabilité ou la disponibilité : surexploitation, concurrence pour l'usage (cf. déforestation), épuisement des terres, des océans et des ressources en eau, déséquilibres accentués des cycles géochimiques, pollution de compartiments majeurs ... Cela prend une résonance particulière dans des contextes sensibles comme les îles, les zones littorales, les zones arides, les montagnes... L'importance des rétroactions entre les changements d'usage des terres notamment et le climat à des échelles locales et régionales sera prise en considération.

Dans ce contexte, une **recherche interdisciplinaire et intégrée** est incontournable, pour la compréhension de système complexe tel qu'un écosystème, qui vise à une gestion durable, tenant compte de la concurrence entre les usages des ressources, les pressions des activités humaines, et qui permet le maintien des fonctions essentielles et des processus des écosystèmes et les services rendus.

La bonne connaissance du fonctionnement et de l'évolution des écosystèmes et de la variation et de la variabilité des ressources, dans le temps (voir supra) permet de concevoir une gestion qui tient compte de la capacité des écosystèmes et d'améliorer leur **résilience face aux activités humaines** (par exemple capacité à offrir une production alimentaire de qualité et en quantité suffisante en diminuant la dépendance aux intrants non renouvelables dans les agrosystèmes, en promouvant une approche écosystémique des pêches, en préservant le débit écologique des cours d'eau, et les services environnementaux). Les possibilités d'améliorer la durabilité et l'adaptabilité de l'environnement et de la biodiversité aux développements des activités humaines doivent être identifiées, et leur capacité à fournir des services écosystémiques quantifiée. Une attention particulière sera portée à la valorisation de la biodiversité comme source de services écosystémiques favorisant une gestion durable des écosystèmes et des ressources. La question de l'équilibre entre intensification de l'usage des terres et des littoraux et gestion des espaces protégés (*land sharing vs. land sparing*) devra faire l'objet de travaux spécifiques afin d'éclairer la décision publique.

Cette recherche doit articuler les connaissances en écologie et géographie, en sciences sociales et économiques, en sciences de l'environnement et géosciences, etc. dans une dimension spatio-temporelle et territorialisée (territoires comme lieux de conflit et de coexistence ; différentes formes d'urbanisation dont il convient d'analyser le « métabolisme »). L'approche socio-économique qui se penche sur les questions des perceptions sociales, du comportement et de l'engagement des parties prenantes, éclaire les arbitrages via les coûts et les avantages des différentes solutions de gestion ou options d'adaptation (y compris les coûts et avantages environnementaux, leurs risques, leur dimension éthique, les décisions de conservation) via une comparaison de scénarios sur le long terme.

4. Ecotechnologies : observer, comprendre et agir pour une « Croissance verte et bleue » et pour développer la remédiation et augmenter la résilience

S'engager dans la voie de la gestion durable des ressources va de pair avec la protection de l'environnement, la conservation de la biodiversité, la couverture des besoins alimentaires, la prospérité économique et la cohésion sociale. Dans le cadre d'une « économie verte et bleue », des technologies innovantes permettent de créer des produits et des services et de contribuer à une optimisation de la gestion des ressources primaires. Ainsi, les **biotechnologies vertes** reposent sur un vaste ensemble de techniques de recherche en biologie végétale tant pour la production alimentaire qu'énergétique avec un objectif de préservation de l'environnement. Les **biotechnologies bleues** se focalisent sur la recherche et l'utilisation de bioressources marines et dulçaquicoles tels que les micro-organismes (micro-algues, bactéries, champignons marins et virus), les invertébrés, les coproduits de la pêche, les macro-algues. Les pressions induites sur les écosystèmes par le développement de nouvelles biotechnologies doivent naturellement être identifiées et analysées.

Le développement d'approches **d'ingénierie écologique** vise à contribuer à la durabilité des écosystèmes, par la création de de « nouveaux » écosystèmes ou par la restauration des écosystèmes perturbés par les activités humaines. Il s'agit par exemple dans l'espace urbain de combiner l'expertise de l'architecture de paysage, de l'urbanisme et de la gestion urbaine des eaux pluviales. Il s'agit encore de restaurer des plaines inondables et des zones humides afin de réduire les risques d'inondation, de remédier et réhabiliter des sites et sols pollués par le biais d'approches couplées biogéochimiques et géophysiques (avec développements de nouveaux types de capteurs ou de bioindicateurs intégrés), d'analyses multi-critères environnementales et étudier l'impact de la géochimie urbaine de ces sols sur la production agricole « urbaine » et sur la qualité des eaux souterraines. Il s'agit enfin de réduire la pollution et d'améliorer l'état écologique et quantitative de l'eau douce, et des sols associés, ainsi que de réduire le risque de pénurie d'eau notamment via la réutilisation d'eaux usées traitées.

Les outils d'évaluation de la **durabilité** et de la **performance environnementale** de ces nouvelles technologies ou plus généralement des systèmes dans lesquelles elles agissent doivent être mis en place. L'analyse de cycle de vie (ACV) largement appropriée par les politiques européennes constitue un socle méthodologique à affiner pour s'adapter aux questions particulières des systèmes de gestion des ressources naturelles.

Sécurité alimentaire, durabilité et bio-économie

Objectifs et enjeux

Le défi démographique mondial et la portée inédite des changements planétaires posent le problème global de la couverture, en quantité et qualité, des besoins de 9 milliards d'individus à l'horizon 2050 et des impacts sur l'environnement et la santé. Dans le domaine de la sécurité alimentaire, la structure de l'offre et les comportements de consommation ont abouti à la coexistence de déficits nutritionnels, surtout dans les pays en développement, et de troubles liés à la surconsommation alimentaire, surtout dans les pays développés. Dans ce contexte, assurer l'accès de tous à une alimentation, diversifiée, de qualité et saine suppose de développer des systèmes de production efficaces et économes en ressources fossiles, mais suppose aussi de préserver, voire de restaurer, des ressources naturelles rares (sols, eau, biodiversité...), de s'appuyer sur les services éco-systémiques associés, et de construire des chaînes d'approvisionnement et de distribution compétitives, à faible émission de carbone et sûres au plan sanitaire.

Limitée en terres et bénéficiant déjà de rendements élevés, et malgré une étendue maritime au deuxième rang mondial, la France - et, de façon plus générale, l'Union européenne - devra, pour relever le défi de la sécurité alimentaire de façon durable, prendre en compte la transition environnementale en cours, tout en assurant productivité et compétitivité et en contribuant à l'emploi et aux enjeux sociaux associés, dans les secteurs de l'agriculture, de l'aquaculture et des industries agroalimentaires. Plus des deux tiers de la production agricole nationale est transformée par un large tissu d'entreprises agroalimentaires réparties sur tout le territoire et qui emploient plus de 400 000 personnes ; les industries agroalimentaires sont ainsi le premier secteur industriel national - et européen - et le secteur industriel qui a créé le plus d'emplois ces vingt dernières années. La transformation des produits aquacoles et de la pêche emploie spécifiquement 15 000 personnes et représente un chiffre d'affaires de 3,7 milliards d'euros en 2011.

Le développement de la bio-économie - incluant la production durable de ressources terrestres et aquatiques et leur conversion en aliments, en fibres, matériaux et produits chimiques biosourcés ou en énergie - devrait générer une importante valeur ajoutée. Il accroîtra la compétitivité des entreprises, augmentera l'auto-suffisance européenne et réorganisera l'économie en la fondant sur les ressources naturelles dans les territoires. En parallèle avec cette fonction de marché, l'enjeu pour la bio-économie est de produire des biens publics liés à la préservation des écosystèmes

1. Envisager la sécurité alimentaire dans un cadre mondial

Assurer la sécurité alimentaire mondiale nécessite de faire face à **des contraintes croissantes** : changements climatiques, raréfaction et renchérissement des ressources fossiles, dégradation des ressources naturelles et de l'environnement, mondialisation des échanges. Les principaux défis concernent : la disponibilité en eau (qualité et quantité), suffisante et localisée en fonction des besoins ; l'adaptation face à l'épuisement des ressources minérales ; la disponibilité en terres et la dégradation des sols ; l'accès aux ressources marines ; l'impact de l'agriculture sur les émissions de gaz à effet de serre et l'adaptation au changement climatique de l'agriculture, de la forêt et de la gestion des

ressources halieutiques ; la prise en compte des services écosystémiques associés à la conversion en terres agricoles, à la qualité des sols et à l'accès aux ressources marines.

- Bien au-delà de la connaissance des seules disponibilités alimentaires, l'étude de **la sécurité alimentaire et nutritionnelle** nécessite d'explorer non seulement la qualité des produits, les régimes alimentaires et leurs liens avec la santé des populations, mais aussi l'offre de soins, les revenus, en s'intéressant notamment aux situations de pauvreté, les cultures alimentaires et leurs transitions. Ces déterminants, aujourd'hui analysés de façon fragmentaire, doivent être englobés dans une vision intégrée pour l'élaboration des interventions et des politiques publiques. En complément, les études prospectives doivent prendre en compte les emplois et la redistribution qui conditionnent l'accès à l'alimentation.
- La mondialisation des marchés et son impact sur l'accès à la nourriture des populations les plus fragiles imposent d'analyser les modalités d'une **gouvernance mondiale de ces marchés et de leur régulation**. La recherche doit également intégrer la stratégie des firmes internationales qui contribuent à modifier les modèles alimentaires par la diffusion d'aliments typés.
- Le caractère global des enjeux de sécurité alimentaire et de développement de la bioéconomie fondée sur le carbone renouvelable suppose de considérer l'ensemble des échelles spatiales et temporelles concernées (du global au local, du long terme au court terme) et des interactions et connexions verticales et horizontales (dans et entre les filières, comme dans et entre les territoires et les régions du monde) entre les différents usages des terres, de la biomasse et des produits qui en dérivent. Ces recherches sur la **durabilité des systèmes alimentaires et de la bioéconomie** ne peuvent se concevoir sans établir des collaborations, bilatérales et multilatérales, avec les grands pays industrialisés ou émergents aussi bien qu'avec les pays en développement.
- L'élaboration **de critères et indicateurs** est un champ de recherche commun avec le défi « gestion sobre des ressources... ». En effet, évaluer la durabilité des systèmes alimentaires, depuis la production jusqu'à la consommation finale, est essentiel pour qui veut réaliser un diagnostic, s'assurer que des normes sont applicables et respectées ou définir des politiques favorisant la durabilité. En ce qui concerne les méthodes, les questions de modélisation et de changements d'échelles aussi bien temporelles que géographiques doivent être développées.

2. Vers des systèmes alimentaires sains et durables

Le système alimentaire français, comme celui des pays industrialisés, pose des problèmes vis-à-vis de la santé, de l'environnement, de la biodiversité, des inégalités sociales notamment en matière d'accès à une alimentation de haute qualité, et de vulnérabilité pour affronter les chocs climatiques, économiques et sanitaires, plus fréquents et plus forts, qui devraient caractériser notre environnement dans le futur. Le défi est considérable : il s'agit de contribuer, avec les acteurs, à inventer de nouveaux systèmes alimentaires plus durables ce qui suppose de concevoir l'alimentation autrement, dans toutes les disciplines scientifiques, et de mettre en œuvre des approches systémiques et intégrées qui reconnaissent la complexité des phénomènes qui sont en jeu.

Les champs de recherche prioritaires, sources potentielles d'innovation concernent :

- **L'alimentation et les acteurs** posent la question de l'évolution du modèle économique face aux exigences croissantes de durabilité. Les inégalités de revenus et la présence dans la plupart des pays d'une partie importante de la population sous le seuil de pauvreté posent la question de la capacité des filières alimentaires à intégrer de nouvelles contraintes qualitatives, à résister aux chocs (prix, sanitaires) et à générer de nouveaux gains de productivité permettant de réduire le coût de l'offre alimentaire.

- L'étude des consommations alimentaires nécessite la caractérisation et la compréhension des **comportements des consommateurs** (des mangeurs), qui relèvent à la fois de la biologie et des sciences humaines et sociales (déterminants sociologiques, psychologiques, économiques, culturels...). Face aux enjeux actuels, environnementaux, sociaux, nutritionnels, sanitaires, on doit chercher à apprécier l'importance relative des différentes dimensions non seulement dans les pratiques effectives des mangeurs mais aussi dans les représentations et les attitudes. La réduction de la surconsommation et les inégalités, au sein des pays et entre les pays, posent des questions qui concernent aussi bien les leviers d'action sur l'offre, à travers les politiques publiques, que les moyens qui permettraient d'infléchir la demande.

En termes **d'infrastructures**, le besoin majeur est de disposer d'études de comportement de populations sur le long terme et de pouvoir capitaliser sur des études d'intervention à toutes les échelles géographiques et de population.

- **La conception des aliments**, doit intégrer les enjeux de la durabilité environnementale, de l'efficacité énergétique, de la valorisation des sous-produits et déchets et de la gestion des risques sanitaires sur toute la chaîne alimentaire. Elle doit permettre de diminuer les pertes et les gaspillages. Il s'agit à la fois, d'optimiser les technologies existantes et d'étudier, développer et transférer des voies technologiques de rupture (procédés, bio procédés et leur couplage). Il s'agit en particulier d'adapter les matières premières agricoles à leurs usages, de renforcer la flexibilité des procédés face à l'augmentation de la variabilité des matières premières et de développer des modèles des procédés et de chaîne de transformation.

En termes **d'infrastructures**, les besoins concernent la mise en place de plates-formes virtuelles permettant des simulations, des évaluations multicritères et l'aide à la décision. De plus, l'ensemble des recherches à mener dans ces domaines nécessite un changement d'échelles, du laboratoire au pilote industriel. Le développement et l'ouverture croissante vers les industriels de grandes plateformes sont pour cela nécessaires. Ils permettront le transfert des résultats vers les entreprises et le développement de l'innovation et un regain de compétitivité dans un système bien articulé avec la production en amont.

3. Durabilité et adaptation aux changements globaux de l'agriculture, la forêt, la pêche et l'aquaculture

Dans les décennies à venir, les écosystèmes productifs vont être fortement sollicités pour, à la fois, nourrir la population mondiale et répondre à la raréfaction des ressources fossiles en produisant fibres, bioénergies et biomatériaux. Chaque type de système de production doit prendre en compte des enjeux environnementaux spécifiques qu'ils soient agronomiques (dégradation des sols, réduction des produits phytosanitaires et des antibiotiques, préservation de la biodiversité), forestiers (vulnérabilité au changement climatique et dépérissement des forêts), ou halieutiques (surexploitation des stocks).

Les systèmes de production devront s'adapter, dans un contexte en évolution rapide, aux changements environnementaux planétaires (changement climatique, changements d'usage et dégradation des sols, pollutions des eaux continentales et marines, perte de biodiversité, désertification) et aux changements économiques et sociaux à moyen ou long terme (renchérissement de l'énergie, urbanisation, en particulier dans les zones littorales, etc.). Il est donc nécessaire d'engager une transition vers des systèmes productifs durables, capable de produire des biens et des services de manière renouvelable, résiliente et équilibrée intégrant la multifonctionnalité des activités et des ressources concernées et incluant la gouvernance et la gestion des territoires.

Les technologies et les formes d'organisation sociales relatives à ces systèmes devront évoluer, d'une part en s'appuyant sur une meilleure compréhension du fonctionnement écologique des systèmes productifs et, d'autre part, en favorisant l'adaptation aux changements globaux et les innovations techniques et organisationnelles permettant d'en anticiper les effets.

Les champs de recherche sur l'agriculture, la forêt, la pêche et l'aquaculture concernent :

- La **transition vers des systèmes de production durables**. Il s'agit d'élargir l'éventail des solutions technologiques, économiques et sociales mobilisables pour faire face aux changements globaux. Cela nécessite de combiner l'efficacité de conversion biologique des plantes et des animaux, les résistances aux stress biotiques (pathogènes et bio-agresseurs) et abiotiques et la mise au point de nouvelles technologies de diagnostic (bio-surveillance, épidémiologie, télédétection) et de maîtrise des intrants (pesticides, engrais, irrigation). Il s'agit également de concevoir des trajectoires d'adaptation des systèmes productifs et des territoires via des stratégies de co-conception de systèmes durables avec les acteurs des territoires et des filières et des études sur les politiques publiques et sur la diffusion des innovations. Une attention particulière doit être apportée au développement de méthodes d'évaluation multi-critères de la durabilité.
- La définition de **stratégies d'adaptation visant une plus grande résilience** des systèmes productifs et des territoires dans un contexte de renforcement des aléas climatiques (sécheresses, inondations, vagues de chaleur), sanitaires (pathogènes, invasions biologiques, maladies émergentes...) et économiques (volatilité des prix des intrants et des matières premières). Ces stratégies doivent être abordées à différentes échelles de temps et d'espace en analysant les coordinations entre acteurs, les politiques publiques et les marchés.
- Les relations entre **systèmes de production, biodiversité et services** prenant en compte à la fois l'impact des systèmes productifs et la valorisation de la biodiversité. De manière générale, la préservation et la mobilisation de la biodiversité fonctionnelle facilite la transition vers des systèmes de production durables. Les retombées d'un usage accru de la biodiversité en termes de biens et de services (séquestration de carbone, épuration de l'eau, régulation biologique, etc...), intégrant les dynamiques de transfert des éléments majeurs, traces et contaminants et allant jusqu'à re-fonctionnaliser des compartiments dégradés de l'environnement, doivent être mieux comprises et reliées aux valeurs et à la gouvernance.

En termes d'infrastructures les priorités concernent :

- **Les systèmes d'observation, d'expérimentation et de recherche en environnement (SOERE)**. Des dispositifs instrumentés de longue durée couplant l'enregistrement de variables physico-chimiques, biologiques et écologiques et des observations sur les pratiques

(agronomiques ou halieutiques) et sur l'usage des milieux à des échelles spatiales allant de la parcelle au bassin versant ou à la région sont nécessaires. Ces infrastructures complètent les technologies satellitaires et les réseaux agro-climatiques qui sont mobilisés dans la prévision des récoltes et de la dynamique des écosystèmes productifs continentaux et océaniques.

- **Les plateformes analytiques en biologie et biogéochimie et la bioinformatique.** L'intégration des connaissances sur le vivant à ses différentes échelles (du génome aux métacommunautés) nécessite des plateformes dédiées, structurées au plan national et européen ainsi que la poursuite des investissements en bioinformatique. La compréhension des interactions du vivant avec les différents compartiments de l'environnement nécessite également des infrastructures en géosciences, biogéochimie et physique de l'environnement des systèmes productifs. Ces infrastructures sont ouvertes au transfert et contribuent à l'innovation dans le domaine de la surveillance de l'environnement (ressources en eau, qualité de l'air, sols).

- **Les plateformes de modélisation et les bases de données.** L'intégration des données de haut débit en biologie, en écologie, en agronomie et en physique de l'environnement, combinée aux données sur les territoires et sur les dimensions économiques et sociales et allié à l'essor des technologies numériques débouche maintenant sur des modèles prédictifs. Le développement de ces modèles, leur intégration dans des plateformes informatiques ouvertes et flexibles et leur couplage aux bases de données nationales et internationales constituent une priorité. Ces modèles sont en effet utilisés à grande échelle tant pour l'aide à la décision publique et privée que pour des projections et des scénarisations.

4. Les enjeux scientifiques et technologiques de la bio-économie

La bioéconomie concerne les activités de fabrication et de transformation de ressources naturelles dans différents secteurs tels que l'agriculture, la sylviculture, la pêche, l'alimentation, la chimie, les bio- et écotecnologies, et l'énergie. Elle contribuera à répondre à 3 défis mondiaux :

- contrôler, limiter et réduire les impacts environnementaux liés aux activités anthropiques mal maîtrisées par le développement de technologies bio-inspirées, durables et éco-responsables,
- élaborer des produits de substitution aux hydrocarbures fossiles et aux ressources primaires en voie d'épuisement,
- remédier à la dégradation des écosystèmes dégradés, à la diminution de la qualité des sols et des milieux aquatiques qui affectent directement les ressources alimentaires, les risques sanitaires humains et environnementaux. Ecotoxicité, biodégradabilité et remédiation écologique sont les facteurs clés à envisager.

En découlent **deux perspectives** : développer de nouvelles filières vertes capables de soutenir durablement la ré-industrialisation européenne ; accompagner les développements régionaux (*smart specialization*) à partir des avantages propres à chaque territoire (compétences, ressources et localisation géographique).

- La **valorisation de la biomasse végétale et microbienne** devient une stratégie incontournable pour faire face aux grands défis environnementaux et énergétiques. L'essor rapide des biotechnologies industrielles pour la chimie du végétal et la production de

produits bio-sourcés est spectaculaire. Cependant dans un contexte d'accroissement de la population mondiale, il convient de réfléchir à une utilisation raisonnée de la ressource végétale disponible et autre qu'alimentaire. Différentes réponses peuvent être apportées si elles sont soutenues par une recherche en amont :

- **les bioraffineries** devraient tendre vers des usines capables de transformer la biomasse en denrées alimentaires et non-alimentaires. La stratégie du « tout est utile, tout doit être valorisé » paraît incontournable. Dans une telle démarche, la chimie permettra de traiter l'intégralité d'une biomasse donnée pour obtenir de nouvelles molécules utiles et qui seront des substituts possibles à des réactifs et dérivés écotoxiques.
- le recours à une gamme très large de **matières premières biosourcées**, avec les produits d'origine agricole, les produits d'origine forestière, les produits d'origine aquatique, dont les microalgues, les co-produits et effluents des industries de transformation et enfin les autres déchets organiques doivent être valorisés comme de nouveaux matériaux primaires utiles.

La réalisation de ces objectifs nécessite des progrès indispensables en termes d'innovations techniques (chimiques, biologiques et écologiques) pour concevoir et développer des technologies innovantes, et limiter les coûts de production et de purification.

- L'augmentation de la pollution associée à l'intensification des cultures et à l'usage des pesticides et les conséquences en termes de sécurité alimentaire peuvent être limitées par des approches technologiques spécifiques permettant :

- la réhabilitation des milieux et écosystèmes dégradés. La sécurité alimentaire nécessite l'élaboration de **technologies environnementales restauratrices** des pollutions organiques et métalliques affectant les sols et les nappes phréatiques, et finalement les cultures alimentaires. La catalyse environnementale (photocatalyse) ou la phytodégradation (biodégradation des polluants par les systèmes naturels plantes et microorganismes) rentrent dans le cadre de la chimie durable au sens large.
- de **substituer les pesticides actuels** par des composés actifs mais dont l'écotoxicité est limitée. La recherche d'agents de biocontrôles et de biopesticides comme les nouvelles molécules naturelles et actives devra trouver un équilibre entre l'accès limité aux ressources dont elles sont issues et synthèse chimique par des voies vertes et éco responsables.

- L'originalité actuelle de cette chimie verte est de s'appuyer sur les biotechnologies blanches (enzymes, micro-organismes, consortiums microbiens) et vertes (plantes, microalgues), qui restent des priorités de recherche technologique. En complément, l'économie et la sociologie de l'innovation sont à renforcer, en raison des enjeux éthiques (quelles limites pour la biologie de synthèse ?) et économiques (création de portefeuilles de propriété intellectuelle). Cette extension disciplinaire est critique pour assurer la transition d'une focalisation sur l'éco-conception de chaque produit, très réductrice et incapable de répondre aux besoins globaux, à l'éco-conception des systèmes : comment créer et organiser des filières nouvelles, c'est-à-dire des produits et des procédés nouveaux tirant avantage des spécificités de la biomasse et des ressources (co-produits, sous-produits, déchets, biomasse) ?

- Cette vision technocentrée nécessite de s'appuyer sur des exercices de **scénarisation** (au sens de l'IPBES) **aux échelles locales et mondiales**. Cela permettra de répondre à deux

objectifs, parfois manipulés de manière ambiguë : la durabilité des systèmes biosourcés en regard du maintien des services écosystémiques et l'appropriation des innovations produit, service ou organisationnelle, par les différentes sociétés.

Des systèmes d'observation des flux de matière, d'énergie, d'informations sont nécessaires pour valider des modèles de représentation des sociétés, et d'évolution des comportements à partir de trois espaces géographiques, les mégapoles, les territoires agricoles et forestiers et les milieux marins.

Santé et Bien-être

Objectifs et enjeux

Le document de travail de la Stratégie Nationale de la Recherche (SNR) consacré au défi « Santé & bien être » met clairement en exergue les questions de physiopathologies humaines et le développement de nouveaux traitements, questions légitimement portées par AvieSan. Dans cette approche, le rôle des **facteurs environnementaux** ou **écologiques** impliqués dans le bien-être ou dans l'étiologie de certaines pathologies, reste peu abordé. AllEnvi a donc élaboré une position sur les questions d'étiologie et de prévention, complémentaire et clairement en amont des questionnements d'AvieSan centrés sur la thérapeutique.

Le premier constat a été de reconnaître l'interdisciplinarité et la transversalité des questionnements AllEnvi autour de deux notions-clés, au cœur des approches développées par ses organismes,: (1) le concept de « **un monde, une seule santé** » (One world, one health, document stratégique FAO, OIE, OMS, UNICEF et World Bank, 2008) basé sur la reconnaissance d'une étroite interdépendance entre santé humaine, santé animale et santé des écosystèmes ; (2) la santé au sens de la définition de l'OMS, c'est-à-dire un état de complet bien-être physique, mental et social, et pas seulement l'absence de maladie ou d'infirmité. Ceci fournit une acception positive de la santé et des enjeux liés à sa préservation et renforce l'intérêt de stratégies de prévention.

Il s'agit donc pour AllEnvi de développer une recherche intégrative de **l'écologie de la santé** dans un contexte de changement global et technique, et avec des approches multi-échelles, du local au mondial. Compte tenu des spécificités d'AllEnvi, cela implique *de facto* une exploration de la biodiversité, des contaminants et des risques sanitaires environnementaux, du fonctionnement des écosystèmes naturels ou anthropisés, de la diversité des biotopes pour leurs potentialités en matière de santé et de bien-être. Trois grands pans thématiques ont émergé des discussions.

1. Utiliser la biodiversité comme réservoir d'innovation en prévention et thérapeutique au travers de l'étude des branches méconnues du vivant

Au cours des dernières années de plus en plus de données ont montré que les modèles murins utilisés en recherche biomédicale présentent de nombreux biais et limites liés à leur biologie même et donc leur histoire évolutive. Parallèlement de plus en plus de découvertes originales sont effectuées sur des espèces dites exotiques présentant des stratégies uniques de survie grâce à des adaptations originales avec des intérêts biomédicaux évidents (vieillesse sans sénescence et absence de cancer chez le rat taupe, absence de sarcopénie chez certaines espèces hibernantes, etc).

Par ailleurs, une compréhension approfondie des mécanismes du vivant par une approche de chimie bioorganique permet la découverte et l'utilisation de molécules issues de la biodiversité animale et végétale ayant un intérêt en thérapeutique, et en prévention. Une meilleure connaissance de la biodiversité permet d'évoluer vers une chimiodiversité biosourcée novatrice qui s'inscrit dans la recherche actuelle de médicaments « bio » et « verts », en mélange ou multicomposés. Le concept de 'blue economy' reposant sur l'utilisation innovante et valorisables de molécules issues de la mer renforce cette notion.

La biodiversité offre un réservoir unique d'innovations et de découvertes de nouveaux mécanismes biologiques qui auront des retombées en sciences biomédicales et qu'il faut soutenir rapidement. Ceci apparaît d'autant plus important si on associe la perte de biodiversité actuelle à une perte dramatique de potentialités à portée de main en termes d'innovation et de valorisation.

2. Développer les approches socio-écologiques des comportements de santé pour comprendre l'étiologie des maladies chroniques non transmissibles et améliorer leur prévention

Les sociétés modernes ont construit des niches écologiques dans lesquelles la diminution de l'activité physique, la généralisation d'un mode de vie sédentaire associés à des apports alimentaires inadaptés sont devenus la norme. Alors que la durée de vie et le confort se sont considérablement améliorés, cela a créé un décalage entre l'histoire évolutive de l'homme et son environnement. De plus en plus de données montrent que ces contraintes socio-écologiques contribuent largement au développement des maladies métaboliques modernes (obésité, diabète de type 2), mais aussi maladies cardio-vasculaires ou cancers par exemple. Il est ainsi aujourd'hui admis que l'inactivité physique, la sédentarité et une alimentation inadaptée représentent conjointement la seconde cause de mortalité dans les pays industrialisés.

Les modes de vie, les comportements de santé (activité physique, sédentarité, comportements d'alimentation) et les contraintes environnementales qui influencent ces comportements que ce soit au niveau individuel, interpersonnel, populationnel (urbanisme et marchabilité des quartiers, offre de loisirs actifs, accès à une alimentation saine) ou sociétal (politique publique, recommandations), sont autant de cibles potentielles dans une optique de préservation de la santé et du bien-être, mais également de prévention de nombre de maladies chroniques modernes.

Dans ce contexte, plusieurs pans de recherche sont à développer. Le premier porte sur l'analyse des déterminants individuels (notamment biologiques), interpersonnels et environnementaux des choix et des pratiques alimentaires et des comportements d'activité et de sédentarité tout au long de la vie. Les approches à privilégier sont basées sur la constitution de cohortes observationnelles et d'intervention. Ceci implique également le phénotypage précis et complet des individus de populations données, confrontées à des contraintes socio-écologiques et des inégalités environnementales spécifiques, avec des approches classiques de physiologie intégrée (pour déterminer les relations de causes à effets) et de biologie à haut débit (pour identifier des biomarqueurs précoces, prédictifs du risque de développer des maladies chroniques). Du point de vue de la prévention, il faut considérer la conception et la validation de stratégies d'interventions (autres que pharmacologiques) sur les comportements de santé (e.g. nutritionnelles, comportement d'activité ou de sédentarité) pour prévenir le développement et la progression des maladies métaboliques chroniques modernes dont la prévalence croît avec le vieillissement de la population.

Ce type d'approche est à conduire également dans les pays du sud où les dimensions de la mondialisation interfèrent avec les représentations de l'environnement, de la santé et du bien-être. La FAO et l'OMS soulignaient dès 1992 la nécessité de se pencher sur le

phénomène de « transition nutritionnelle » se mettant en place dans les pays en voie de développement et dont l’Afrique représente un exemple patent.

Les progrès des interventions biomédicales et biotechnologiques sur l'humain mettent en scène pour la première fois un impact majeur de l'environnement humain sur l'évolution même de l'humain. Ce regard biologisant sur l'humain produit des transformations dans les représentations de la maladie, du vieillissement et du contrôle des corps, des débats autour de la qualité de vie, de l’allongement ou de la régression de la durée de vie en bonne santé... Ainsi se conforte une croyance collective dans la capacité de maîtrise et de contrôle de l'homme sur son environnement et sur lui-même. Cette représentation appuie l'idée nouvelle d'une responsabilité individuelle à autour de l'idée d'un « capital-santé ».

Par ailleurs l’autosanté est une écologie corporelle qui établit dans des réseaux de santé un partage de solution traditionnelle de bien être et de guérison au regard de modèles économiques et de politiques de santé en évolution. Le recours aux médecines traditionnelles s’inscrit dans un entretien régulier et culturel de sa santé physique, morale et sociale en complément des médecines officielles.

Ainsi, il conviendra de s'interroger sur la transformation des systèmes de représentation de la santé et de la maladie et en particulier sur les processus parfois paradoxaux de biologisation / psychologisation des modèles étiologiques et de médicalisation / démedicalisation des prises en charge en particulier dans le champ des maladies dites chroniques / autosanté.

3. Aborder la question des risques sanitaires environnementaux

- **Les maladies infectieuses.** Le monde fait actuellement face à des perturbations d’une échelle et d’une vitesse sans précédents dont l’une des conséquences est une crise sanitaire marquée par l’émergence ou la ré-émergence de pathogènes. C’est pourquoi l’étude des liens étroits et complexes qui existent entre l’environnement, les écosystèmes et les agents étiologiques responsables de maladies dans les populations humaines, animales et végétales, est un domaine de recherche qui apparaît de plus en plus prégnant (concept de ‘One Health’) ; et ce d’autant plus si l’on considère les modifications des cycles de vie des pathogènes induites par les changements globaux et qui restent peu caractérisées. Ceci implique d’apporter des connaissances permettant la mise en place d’une gestion des écosystèmes favorable au maintien d’une diversité biologique qui est déterminante dans la structuration des communautés des pathogènes et donc dans leurs différentiels d’attaques des populations humaines, animales et végétales.

Plusieurs axes de recherches doivent être considérés. Sans sous estimer les enjeux de la détection et de l’épidémiologie des pathogènes dans l’environnement, l’échelle des recherches doit se positionner sur les communautés de pathogènes qui vivent au sein d’une population, voire d’une espèce hôte ou d’une communauté d’hôtes. En effet, les agents infectieux comme les espèces hôtes sont organisés en assemblages communautaires dont il est primordial d’analyser les niveaux de structuration qui définissent virulence, résistance et tolérance, ainsi que l’évolution de ces traits. Cela implique la prise en compte des notions de compétition et de coopération. Le second axe de recherche concerne les changements environnementaux occasionnés par l’expansion démographique humaine, les changements d’usage des milieux continentaux et marins, l’industrialisation et les modifications climatiques qui tous entraînent des variations du mode de vie des organismes hôtes et

pathogènes, ainsi que leurs circulations. C'est le cas entre autres de l'urbanisation, des pollutions anthropiques et de l'utilisation de plus en plus importante de molécules médicamenteuses (eg antibiotiques) libérées dans l'environnement dont l'observation comme les conséquences sur les pathogènes restent à développer.

De telles recherches doivent être menées dans le cadre d'une collaboration étroite entre spécialistes de la santé (animale, végétale et humaine), écologues et biologistes de la conservation et les différents acteurs de la santé publique et vétérinaire, collaboration qui reste insuffisante à l'heure actuelle.

- **Les contaminants avec une approche en toxicologie/écotoxicologie.** Cette question fait l'objet d'une analyse récente très complète de la part du Groupe Inter Alliance AllEnvi/Aviesan en Toxicologie Ecotoxicologie, du GT 9 AllEnvi Risques et du GOSS Chlordécone. Il est donc nécessaire de s'appuyer sur ces recommandations.

Les risques reconnus, associant des polluants et l'augmentation de la prévalence d'un certain nombre de pathologies chroniques, nécessitent de disposer de meilleures connaissances sur les effets des contaminants et de leurs dérivés, et de mettre en place des stratégies d'évaluation des risques pour assurer une meilleure information du public. Ce, sans oublier de développer la formation de tous les secteurs professionnels de la société sur ces mêmes risques.

Pour ce faire, il convient de développer des recherches qui englobent la totalité des cycles de vie des contaminants. Il s'agit là d'une démarche intégratrice ambitieuse dont la faisabilité implique des études ciblées sur des contaminants spécifiques pour lesquels des données sont disponibles depuis la production des contaminants jusqu'à l'exposition, et leurs effets dans les écosystèmes et chez l'homme. Ceci pourrait concerner, de manière non exhaustive :

- 1) les pesticides, présents de manière généralisée dans l'environnement ;
- 2) les perturbateurs endocriniens avec, en particulier, les effets chroniques à long terme des faibles doses et des multi-expositions ;
- 3) les contaminations potentielles de l'ensemble de la chaîne alimentaire, de l'environnement jusqu'au consommateur en intégrant les processus agricoles et industriels ;
- 4) les contaminants atmosphériques en se focalisant sur les aérosols atmosphériques et plus particulièrement les particules fines au travers d'études prenant en compte l'ensemble de la vie d'un contaminant depuis les différentes sources d'émissions jusqu'à l'exposition multiple affectant les écosystèmes et l'homme ;
- 5) les nouveaux contaminants comme les nanoparticules qui constituent certainement un modèle à considérer compte tenu de la multiplicité des émissions liées au développement croissant de leur usage par différentes industries ;
- 6) les biotechnologies et OGM dont les effets potentiels restent discutés et plus globalement ;
- 7) l'étude du cycle de vie des contaminants dans les compartiments inertes et vivants des écosystèmes.

De tels objectifs sur des cycles de vie complets doivent comprendre le développement des outils à haut débit pour la caractérisation de biomarqueurs prédictifs de l'exposome à des cocktails de contaminants et la classification des molécules par leur profil d'activité biologique ; mais également celui des systèmes de gestion de l'information spatiale et de modélisation géo-référencée et les outils intégrateurs de cartographie des vulnérabilités.

Enfin, les enjeux de perception des risques, les conditions des changements de comportement, les interactions entre exposition et pauvreté et l'exploration des risques et des possibilités de prévention dans un contexte de mondialisation des marchés font

également partie de ce périmètre. Ce dernier point doit impliquer les chercheurs des sciences humaines et sociales.

- **Les risques naturels et anthropiques.** De nombreux risques dont l'origine est le plus souvent couplée entre des aléas naturels et les activités anthropiques (risques telluriques, tornades, tsunامي, inondation, risques industriels (terrain minier, etc), qualité de l'air, ...), menacent le bien être et la santé. La recherche sur ces risques implique de renforcer la connaissance des aléas et de leurs déterminants ; de comprendre les enjeux sociaux et environnementaux des risques ; d'améliorer les méthodes d'observation intégrées des aléas et de vulnérabilité des territoires ; de quantifier l'effet des changements globaux sur ces aléas ; d'établir les menaces qui pèsent sur le patrimoine culturel et de modéliser les effets des aléas naturels sur les activités industrielles. Il faut également s'intéresser aux enjeux des nouvelles technologies de l'énergie comme la prospection (eg gaz de roche mère et des hydrates de gaz) en matière d'accroissement des risques environnementaux. Il convient de développer une science du risque qui traite l'impact sur la santé et le bien être de façon intégrée.

Une énergie propre, sûre et efficace

Objectifs et enjeux

La demande mondiale d'énergie va s'accroître d'au moins 30% d'ici 2035 pour répondre aux besoins des pays en développement économique et démographique. Une transition énergétique à partir du carbone fossile (gaz, pétrole, charbon) est indispensable pour répondre à trois défis mondiaux :

- contrôler, limiter et réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère pour conduire à un développement neutre (émissions = absorption) au plan carbone, avec l'engagement de réduction par 4 des émissions de GES à l'horizon 2050 par rapport à 1990,
- élaborer des produits de substitution aux hydrocarbures fossiles (et à leurs dérivés) dont les réserves, pour un coût donné, seront de plus en plus rares, et ainsi réduire la dépendance vis-à-vis des combustibles fossiles importés, améliorant les balances commerciales et la sécurité énergétique des pays.
- Assurer une disponibilité énergétique en regard des fluctuations des demandes, des sources intermittentes d'énergie et des technologies limitées de stockage.

La transition énergétique à l'horizon 2050 fait l'objet de nombreux exercices de scénarisation : ces prospectives donnent un cadre à l'effort de recherche sur le long terme incluant une meilleure connaissance fondamentale des processus biologiques et écosystémiques qui constituent le socle indispensable pour imaginer de nouvelles alternatives aux procédés actuels de production d'énergie par l'utilisation optimisée de la biomasse et des ressources issues des activités humaines. Enfin, il est essentiel que cette transition énergétique se fasse en positionnant les usagers au centre de cette évolution en prenant en compte les déterminants de leur comportement et les incidences sociales.

Tout nouveau modèle énergétique devra maintenir la compétitivité, malgré des coûts d'accès à l'énergie très différents selon les pays. Certes la sobriété, et son corollaire l'efficacité énergétique, dans les trois domaines de la production, de la distribution et du stockage, sont un axe politique fort, à égalité avec la diversification des sources énergétiques vers des solutions décarbonées et durables.

Ce document met l'accent sur les **bioénergies**, à l'exclusion des biocarburants 1G et du bois énergie qui pourraient être déployés à grande échelle dès maintenant sur la base de technologies matures. Les technologies éoliennes et photovoltaïques suscitent des questions de recherche sur la gestion des territoires, et en particulier les paysages.

Aboutir à la neutralité carbone à la surface du globe nécessite de satisfaire trois équations :

- Ajuster les émissions de carbone fossile à la somme des fixations nettes de carbone par les écosystèmes,
- Minimiser le déstockage du carbone organique des sols provoqué par les changements d'usage des sols.
- Prélever un flux de carbone sur le flux total de carbone fixé biologiquement (production annuelle de biomasse) sans obérer les autres services écosystémiques (support, régulation, culturels et sociaux). Le prélèvement sur le flux de biomasse générée annuellement concerne (a) les produits d'origine agricole, et leurs résidus, (b)

les produits d'origine forestière, (c) les produits d'origine aquatique avec les micro- et macro-algues, (d) les effluents industriels et les déchets.

Le développement de nouvelles filières vertes capables de soutenir durablement la ré-industrialisation européenne, en accord avec les avantages propres à chaque territoire (compétences, ressources et localisation géographique) conduisent à imaginer des solutions régionales (*smart specialization*) aux dépens des systèmes énergétiques précédents fondés sur une ressource majeure (pétrole ou charbon).

Afin de répondre aux objectifs d'une énergie propre, sûre et efficace, les voies de recherche scientifique et technologique à privilégier devront aborder les points suivants, sans ordre de priorité :

- **Les déterminants du comportement des usagers** et les facteurs de changement, dont les innovations organisationnelles (smart cities, e-arbitrage) accompagnant ou précédant les modifications individuelles de comportement de consommation énergétique.
- **L'écologie agro-industrielle, l'aménagement urbain (usages) et les liens avec les territoires**, jusqu'aux capacités de scénarisations énergétiques pour l'aide à la décision publique depuis l'usage des sols. La représentation, la modélisation et la simulation systémique sont l'un des enjeux de ce domaine, avec les jeux d'acteurs (dont les usagers), et l'analyse de la chaîne de valeur. Ce dernier volet nécessite de disposer de modèles de procédés, capables d'intégrer de nouvelles briques technologiques pour observer l'impact sur les différents critères de durabilité. Des difficultés particulières sont à appréhender, le fonctionnement des marchés, tous soumis à des régulations différentes entre les échelles régionales et nationales, et la gestion des co-produits et des déchets dans une perspective d'économie circulaire. Cette dernière interrogation concerne la sécurisation du devenir tant des déchets nucléaires que des autres déchets comme par exemple les usages des cendres des autres énergies primaires. Cette logique d'intégration des activités économiques doit être étendue à la restauration des sols, contenant des pollutions organiques et minérales, avec le développement de la phytoremédiation : cette dernière apportera des ressources de biomasse à des finalités énergétiques tant que les sols ne sont pas restaurés. Cette analyse doit intégrer le climat, en raison des relations réciproques entre l'énergie (demandes) et le climat, vu aussi bien en ressources qu'en fluctuations.
- **Les évaluations environnementales *ex ante* de toutes les sources d'énergies** (dont les gaz de roche mère, l'éolien et l'hydrolien), y compris les réseaux de fourniture, leurs usages, les aménagements nécessaires et les usages des sols. Ces études sont à construire sur la méthodologie des ACV, en prenant une attention toute particulière à la gestion au long terme des déchets produits par toutes les sources d'énergie, en les étendant d'une part aux filières, d'autre part aux territoires à partir du bouquet énergétique à définir spécifiquement pour chaque territoire en fonction de ses ressources. Actuellement 24 indicateurs sont en discussion à l'international, susceptibles d'orienter l'élaboration des programmes de recherche sur les bioénergies et de surveiller l'impact des politiques publiques. La difficulté méthodologique est l'intégration et le changement d'échelles de temps et d'espace, y compris dans les incidences sociales, à partir de l'analyse systémique.
- **Les biotechnologiques vertes** (plantes et micro-algues) **et blanches** (enzymes, micro-organismes jusqu'à la biologie de synthèse, consortia microbien jusqu'aux microbiotes des termitières). Un verrou technique actuel est que certaines molécules énergétiques disponibles de la forme CHOH, à la différence des esters méthyliques, présentent un contenu

énergétique (PCI) moindre que celles des molécules fossiles (CH). Les premiers résultats actuellement au stade laboratoire, avec l'hydrogène, les alcools supérieurs, les paraffines sont encourageants pour obtenir à terme des PCI adaptées aux moteurs et aux infrastructures de distribution des biocarburants. La méthanisation entre dans cette logique avec le besoin de considérer des matières premières diverses dans des systèmes mixtes. Ces travaux sur les biotechnologies sont à mettre en relation avec les recherches sur les bioraffineries : l'optimisation environnementale globale devra aborder l'efficacité et l'efficacité des briques technologiques intégrées dans des systèmes de production et transformation, aux dépens des optimisations segmentaires par technologie dans une vision globale.

Ces propositions mettent clairement en évidence l'importance de l'interdisciplinarité dans ce défi énergétique qui fait appel aux domaines de la biologie, de la physique, de la chimie, des mathématiques, de la bioinformatique, de l'ingénierie, de la climatologie, des sciences humaines et sociales.

L'ensemble de ces propositions ne doivent pas oublier d'être inscrites dans d'autres agendas que ceux de l'ANR, avec l'Ademe, les Era-Nets Biologie synthèse et Biotechnologie industrielle. Ces propositions mériteraient d'être partagées avec l'Alliance ANCRE traitant l'ensemble des énergies, et les Alliances Allistene et Athena, forcément concernées par les recherches en mathématiques appliquées et sciences humaines.

Mobilité et systèmes urbains durables

AllEnvi considère que la thématique 5 « Mobilités et systèmes urbains durables » doit être élargie. D'une part, les enjeux de recherche relatifs à la mobilité ne se limitent pas à la mobilité urbaine. D'autre part, les enjeux de recherche relatifs aux villes ne sont pas exclusivement environnementaux : les liens entre les dynamiques urbaines et les recompositions du système économique mondial, les processus d'urbanisation (planification ou non, acteurs, financement de la « fabrique urbaine »), les formes contemporaines d'inégalités au sein des sociétés urbaines, la gouvernance des régions urbaines constituent des champs d'étude majeurs de la recherche sur les villes et des enjeux sociopolitiques de première importance compte tenu du mouvement massif d'urbanisation à l'échelle planétaire. Si ces champs d'étude sont incontestablement traversés par les enjeux environnementaux, ils ne s'y réduisent pas.

Objectifs et enjeux

- **Les changements environnementaux planétaires et dynamiques territoriales : un champ de recherche interdisciplinaire.** La période contemporaine est marquée par l'urbanisation croissante de la population à l'échelle de la planète, la globalisation des échanges et des changements environnementaux planétaires qui affectent et sont affectés (notion d'anthropocène) par les dynamiques sociales, économiques, culturelles, territoriales. Dans ce contexte, un champ de recherche prend une importance nouvelle, qui vise à étudier les villes et les territoires, d'une part, comme environnements en eux-mêmes, d'autre part, dans leurs relations avec l'environnement à toutes les échelles spatiales et temporelles. Plus profondément, la dimension « trans-scalaire » des phénomènes et processus en jeu doit conduire les chercheurs à s'interroger systématiquement sur le point de savoir si la « focale » urbaine constitue, pour leur objet d'étude, une focale pertinente ; et la catégorie de « ville » ou d'« urbain » une catégorie pertinente.
- **Observation, formalisation, modélisation.** AllEnvi souligne l'importance, pour l'ensemble des travaux concernant ce champ de recherche, de la production et la disponibilité de données (dispositifs d'observation) et des travaux de formalisation et de modélisation. S'agissant de la production de données, il paraît important de soutenir la constitution de véritables observatoires de systèmes et de flux urbains analogues aux observatoires environnementaux (réseaux de zones ateliers, observatoires hommes-milieux, *long term environmental research*). En ce qui concerne la modélisation des systèmes urbains, qui recouvre des enjeux majeurs tant en termes de connaissances qu'en termes opérationnels, d'importants défis subsistent compte tenu de la complexité des processus en jeu.

1. Environnements urbains

1.1. Métabolisme urbain, écologie territoriale

Les villes consomment, pour leurs activités, de grandes quantités de matières, de produits alimentaires et d'énergie, dont elles rejettent une partie sous forme d'émissions solides, liquides, gazeuses, dans l'eau, l'air, les sols, contribuant ainsi à l'ouverture des cycles biogéochimiques et à la linéarisation des flux. Elles produisent aussi des biens et des services à destination interne ou de l'extérieur. Il apparaît essentiel de mieux connaître et comprendre les processus sous-jacents au métabolisme urbain, ce qui constitue un domaine de recherche éminemment pluridisciplinaire, au regard de leurs dimensions politique, économique, spatiale, technique, sociale, culturelle... étroitement imbriquées à leur dimension naturelle. Les enjeux sous-jacents concernent non seulement la compréhension du fonctionnement des villes et de leurs interactions avec la biosphère, mais interrogent également les questions de prospective et d'action – bouclage des flux, symbioses urbano-agro-industrielles, relations entre inégalités et vulnérabilité/résilience des territoires, circuits courts, conflits d'usage de l'espace, etc.

1.2. Biodiversité et ingénierie écologique urbaines

Si certains des rôles joués par la « nature en ville » commencent à être mieux appréhendés, des lacunes importantes demeurent sur les interactions entre les différentes échelles spatiales et temporelles que peut prendre le réseau écologique en milieu urbain et la connectivité, souvent limitée, entre les différents éléments de ce réseau. De nombreux travaux ont été effectués dans ce domaine depuis le début des années 2000, mais très peu concernent le milieu urbain qui joue pourtant un rôle éminemment structurant dans la dynamique générale de circulation de la biodiversité. Rendre le milieu urbain transparent à cette circulation constitue un défi aux implications fortes en matière d'aménagement. Ces travaux de production de données nouvelles relatives au fonctionnement des socio-écosystèmes urbains et le développement de méthodes innovantes, ont vocation à constituer le socle d'une ingénierie écologique urbaine.

1.3. Services écosystémiques

La notion de services écosystémiques désigne les services rendus par les écosystèmes aux sociétés humaines : services d'approvisionnement, de régulation et à caractère social. Les travaux restent souvent sectoriels, et n'envisagent pas les différentes interactions et rétroactions entre les trois grandes catégories des services. De même, les échelles spatiales considérées sont souvent limitées et ne permettent pas, dans une perspective d'action, de prendre des décisions en réelle connaissance de cause. L'approche de ce domaine doit être par conséquent largement renouvelée.

1.4. Risques, vulnérabilité, flexibilité, adaptabilité, résilience urbaines

L'étude des risques et de la vulnérabilité urbains doit prendre en compte les interactions et rétroactions à différentes échelles spatiales et temporelles. Elle doit considérer non seulement les risques de type catastrophique (événements soudains), mais aussi les évolutions progressives susceptibles d'affecter l'organisation ou le fonctionnement urbain. Un enjeu important, tant en termes de connaissances qu'en termes opérationnels, concerne l'adaptabilité, la flexibilité ou la résilience des systèmes urbains vis-à-vis des évolutions, y compris dans un futur plus ou moins éloigné, de leurs conditions d'existence. Parce que les villes sont des systèmes très intégrés et très dépendants des réseaux (eau, électricité,

transport, communication), les effets d'un aléa tendent à se répercuter d'un secteur à l'autre ; la ville doit donc être considérée d'une manière systémique en considérant à la fois sa vulnérabilité physique, fonctionnelle et socio-économique. Enfin, il est important de prendre en considération le fait que, malgré les progrès de la connaissance sur les risques qu'elles encourent (songeons en particulier au changement climatique), les sociétés urbaines ne semblent pas préparées à bâtir des stratégies d'adaptation de long terme, partagées par les différentes composantes de ces sociétés.

2. Mobilité durable, Pratiques Urbaines et Transport

2.1 Pratiques urbaines

Les pratiques (de consommation, de mobilité, de loisirs, de socialisation...) des citoyens se transforment progressivement sous l'effet, notamment, d'une « environnementalisation » des représentations et des perceptions qui ne se limite pas à des enjeux de qualité de l'environnement immédiat, mais qui font également intervenir des considérations pour la nature plus ou moins lointaines et pour la biosphère dans son ensemble. D'autres facteurs contribuent à ces transformations comme la crise économique et le développement des télé-services. Pour autant, des écarts, des tensions, voire des contradictions subsistent entre des représentations qui deviennent progressivement davantage écocentrées et des pratiques qui demeurent souvent intensives en ressources. C'est le cas notamment des pratiques de mobilité qui sont fortement liées aux choix résidentiels et par conséquent au fonctionnement du marché du logement, aux stratégies de localisation des activités économiques et à la configuration des réseaux de transport.

2.2 Transport et mobilité durables

Le transport des personnes et des marchandises constitue un enjeu socio-économique majeur. Répondant à une demande sociétale forte, il est grand consommateur d'énergie fossile, avec un fort impact environnemental et sanitaire. Il se trouve confronté aux changements globaux et au vieillissement de ses infrastructures. D'importantes marges de progrès sont encore à réaliser quant à la diminution de l'émission des polluants et des gaz à effet de serre, à l'augmentation de l'efficacité énergétique, de la sécurité, de la qualité des services et de l'accessibilité.

- **La transition énergétique.** Promouvoir une mobilité durable suppose une approche systémique et pluridisciplinaire, intégrant des innovations technologiques, de nouveaux services et de nouvelles pratiques.

La transition énergétique et écologique passera par le développement de nouvelles sources d'énergie (gazeuses, liquides, électriques), la conception de nouvelles motorisations disposant d'une autonomie suffisante (véhicules électriques notamment) et des réseaux d'approvisionnement énergétique associés. Elle invite à repenser et rendre plus efficient les systèmes de transport en s'appuyant sur la multi-modalité (route, rail, transports fluviaux et maritimes, modes doux), l'amélioration de leur exploitation (efficacité globale, régulation des flux, gestion des interfaces) et les échanges d'information nécessaires (nouveaux services, systèmes numériques « intelligents »).

La transition énergétique et écologique repose également sur la compréhension de la dynamique des mobilités (personnes et marchandises) et des usages, à toutes les échelles. Il en va de même au niveau de l'aménagement du territoire et du mode d'occupation des sols

(lieux de production et de consommation des biens, habitat et lieux d'activité humaine) et de l'évolution des pratiques et des services (éco-conduite, covoiturage, multi-modalité, e-commerce...), des modes de vies et d'organisation (télétravail, locaux virtuels...). Ces recherches permettront d'éclairer la décision publique, d'accompagner les entreprises dans leurs mutations organisationnelles et d'optimiser les choix.

- **Adapter les infrastructures aux nouveaux enjeux.** La recherche doit accompagner les mutations du secteur des infrastructures, en proposant des solutions de construction et d'entretien plus adaptées aux choix économiques, environnementaux et sociaux. Cela exige de réinventer le génie civil avec notamment la création d'outils efficaces d'auscultation et d'analyse des matériaux, des structures ou du sol, et le développement de matériaux innovants. L'économie des ressources naturelles et la réduction des impacts sur l'environnement imposent de fournir aux décideurs publics et aux entreprises des outils d'analyse de cycle de vie, de la conception jusqu'à la déconstruction et le recyclage des infrastructures. Ces dernières devront également être résilientes aux risques de toute nature (aléas naturels et anthropiques) et adaptables à l'évolution des besoins des populations, tout en intégrant les contraintes économiques et environnementales.

Ces recherches multidisciplinaires favorisent des approches système « véhicule-infrastructure-usager » (cf. la route intelligente et de 5^{ème} génération ou la logistique urbaine).

3. Dynamiques urbaines

3.1. Dynamiques urbaines et processus d'urbanisation

Les dynamiques urbaines, les trajectoires, les transitions, les interactions entre temps court et temps long (fonctionnement/construction), échelle locale et échelle globale (espace urbain/mondialisation) sont mal appréhendées et insuffisamment étudiées, alors qu'elles sont au cœur des enjeux contemporains de durabilité urbaine. L'enjeu est la compréhension des facteurs d'évolution des villes (notamment de leur croissance ou de leur déclin), et des dynamiques qui contribuent à consolider ou à fragiliser des systèmes de villes, à renouveler les relations entre les métropoles et leur *hinterland* ainsi qu'entre les métropoles et les villes moyennes, reposant la question des systèmes de localisation des populations et des activités économiques (centres, périphéries urbaines, rural intégré ou délaissé, etc.) aux échelles inter et intra-urbaines.

3.2. « Fabrique urbaine » : conceptions urbaines, modèles urbanistiques et transformations des villes

L'émergence des préoccupations environnementales, puis du développement durable, n'a pas épargné l'urbanisme, qu'il soit théorique ou opérationnel. Elle a engendré un courant de réflexion urbanistique foisonnant visant à renouveler la pensée sur la ville en intégrant de nouvelles contraintes – limitation de la pression sur les ressources, dont le sol, maîtrise des émissions, préservation de la biodiversité, etc. – et de nouvelles exigences – place de la nature et du vivant dans la ville, aménagement du sous-sol urbain, conception paysagère, aménités urbaines, etc.

3.3. Gouvernance urbaine : régulation, évaluation, systèmes d'action

Les formes canonique de régulation (entendue au sens large : réglementation, incitations, évaluation...) reposent sur une conception d'échelles spatiales et institutionnelles emboîtées

du local au global ou inversement. Cette vision est bouleversée par la montée en puissance des préoccupations environnementales au sein de nos sociétés, et ce au moins de trois manières : par le changement d'échelle des phénomènes, par la faible cohérence des politiques publiques environnementales menées à différents niveaux d'administration territoriale, par les perceptions et les représentations des citoyens. Il convient donc d'explorer les tenants et les aboutissants de formes de gouvernance démocratique multi-niveaux encore largement à concevoir, en accordant une attention particulière à la diversification et à la démultiplication (des porte-parole) des parties prenantes : acteurs publics et privés, société civile, habitants, générations futures, espèces animales ou végétales...

Stimuler le renouveau industriel

L'enjeu est d'accélérer les transitions écologique, énergétique et alimentaire pour stimuler un renouveau industriel et des services innovants créateurs de nouveaux emplois durables en France et en Europe.

1- Une approche filières : richesse et complexité

Les champs socio-économiques couverts par l'Alliance sont divers et hétérogènes, couvrant la production primaire de matières premières, les secteurs industriels secondaires de la transformation générateurs de produits de grande consommation et les services tertiaires, dont certains sont industriels, surtout liés à la gestion des milieux naturels et des ressources qui leur sont liées.

Les filières de la production primaire végétales, animales, marines, forestières, aquacoles, algales... peuvent être considérées comme matures et les défis à relever sont ceux de la durabilité, la mise au point de productions écologiquement intensives pouvant nécessiter la mobilisation de progrès technologiques, certains de rupture, d'autres plus incrémentaux. Dans ce secteur primaire, les biotechnologies (au sens large du terme) restent plus que jamais un enjeu de compétitivité majeur au niveau mondial. En complément du volet agricole, l'exploitation durable du sol et sous sol (matières premières et énergies) seront également des enjeux majeurs pour notre économie.

Les filières de la transformation secondaire constituent essentiellement le vaste domaine des industries agro- alimentaires dont le défi quantitatif, nourrir la planète, est complexifié par des enjeux qualitatifs, nutritionnels, sensoriels, environnementaux et de durabilité des systèmes de production et de distribution. Ces filières traditionnelles de transformation de matières « agrosourcées » voient leurs champs applicatifs s'élargir et donner naissance à un champ industriel très prometteur qu'on qualifie de « Bioéconomie » : l'avènement d'une industrie plus économe en carbone fossile et apte, par les progrès des biotechnologies dites blanches, à construire des filières nouvelles dans les secteurs de la chimie, des matériaux, des énergies... Plus largement, les enjeux d'innovation liés aux nouveaux procédés sobres et économes en énergies et en eau concernent tous les secteurs de la transformation.

Le monde tertiaire des services liés aux milieux naturels et à la bonne gestion des ressources se développe, souvent assis sur une forte composante **d'ingénierie**. La plupart des services sont liés à des commandes publiques et des besoins dits collectifs ou sociétaux. Les enjeux liés à l'adaptation au changement climatique et aux risques naturels sont majeurs et devraient également donner naissance à des filières de services encore émergentes aujourd'hui. Ces nouveaux services intègrent eux aussi des technologies clés, dont les TIC et les métrologies innovantes. Enfin, l'urbanisation croissante des sociétés et les recherches associées sur la gestion de la mobilité et de l'habitat dans la ville, sont potentiellement génératrices de services et d'activités de proximité non délocalisables.

De manière transverse **les attentes de la société civile** vont se traduire par une évolution des normes, réglementations et labels sur les produits et les procédés, pour lesquels les sciences et les technologies devront apporter leurs méthodologies et avancées conceptuelles : analyses de cycle de vie, indicateurs écotoxicologiques, techniques de traçabilité, technologies de mesures des polluants...

2- Une approche par les technologies clés

Les filières décrites ci-dessus, matures comme émergentes, sont fortement intégratrices de briques technologiques dont certaines sont clés.

Les **biotechnologies dites vertes**, au-delà de la seule transgénèse végétale contestée par les sociétés européennes, constituent un réservoir de progrès génétique et d'amélioration de la biomasse qu'il est impératif de maîtriser.

Les **biotechnologies blanches et bleues**, leur combinaison avec les nanotechnologies et la modélisation numérique (Biologie de synthèse), constituent un potentiel d'innovations considérable : évaluer les opportunités mais aussi les menaces de ces progrès constitue à l'évidence une priorité d'investigation pour l'Alliance.

Dans les procédés de transformation une attention particulière devra être accordée aux **technologies douces** dont certaines sont clés pour atteindre des objectifs de durabilité et de préparation de biomasses spécifiées par des usages aval nouveaux. Ces progrès souvent incrémentaux s'inséreront souvent dans des concepts intégrateurs dits d'économie industrielle circulaire.

Les **écotechnologies**, dépassant le seul périmètre des « cleantechs », irrigueront des champs de services industriels au spectre de plus en plus large, appliquées aux milieux et aux ressources dans des chaînes de valeur de plus en plus profondes, allant de la surveillance à la remédiation.

Leur pénétration sera accélérée par les progrès considérables attendus en modélisation numérique, traitement de données (« *big data* » et « *open data* ») et en **technologies de l'information** : capteurs, réseaux, systèmes d'observation et de surveillance constituent des opportunités technologiques que les sciences de l'environnement intègrent.

3- Des approches d'intégration systémiques impératives

Les verrous scientifiques ou technologiques à lever ne sont pas limités à des briques technologiques unitaires. Leur intégration dans des chaînes de valeur complexes : approches amont/aval, écologie industrielle, économie circulaire nécessitera mobilisant des approches systémiques et multidisciplinaires est un défi épistémologique et méthodologique majeur pour espérer déboucher sur des innovations.

4- Des propositions de priorités

Dans le cadre de la construction du Consortium de Valorisation Thématique (CVT), quatre domaines majeurs ont été identifiés comme porteurs d'innovations créatrices d'emplois, de nouveaux produits et de nouveaux services.

Le premier d'entre eux est celui de la **Bioéconomie**. Une stratégie nationale dans ce champ doit être mise en place, en miroir aux autres pays européens en avance sur la France dans ce secteur très prometteur.

Le second est celui des **Ecotechnologies**, élargissant le champ des cleantechs, et reposant sur des groupes de services industriels leaders mondiaux et de jeunes entreprises innovantes. Leur action sur les milieux : eaux, sols, air et leurs besoins associés : surveillance, protection, restauration, remédiation est susceptible de maintenir et pérenniser des emplois de proximité et des performances à l'export considérables pour l'industrie des services

publics à la française. Les enjeux économiques et géopolitiques liés à la gestion de l'eau et des milieux aquatiques, terrestres comme marins, resteront majeurs.

Le troisième est celui de la création de **services innovants liés au changement climatique**. Ce sont des filières émergentes, encore très dépendantes de la commande publique nationale et locale. et des chaînes de valeur nouvelles vont émerger. Il s'agira non seulement de concevoir des services de mitigation et d'adaptation, mais aussi d'observer, prévoir les évolutions du climat, et anticiper les impacts avec des solutions sans boucles de rétroaction négatives.

Enfin la **gestion des territoires et de leurs productions** à différentes échelles doit intégrer des progrès technologiques permanents (imagerie satellitaire, réseaux de capteurs et systèmes d'observation, d'alerte, modèles de simulation) susceptibles de constituer des avantages compétitifs décisifs pour une ingénierie hexagonale qu'il convient de soutenir à l'export avec des références nationales de qualité.

Les **milieux urbains et marins** constituent des terrains d'investigation clés pour le futur : ils ont à relever des défis spécifiques de gestion durable de la ville et des océans. Ils doivent pouvoir profiter des avancées dans ces quatre domaines.

Les développements des sciences de l'environnement et des technologies associées constitueront des ancrages pour stimuler un renouveau des « industries et des services environnementaux » et placer la France dans la compétition internationale pour la maîtrise des transitions écologique, énergétique et alimentaire qui seront la source de la compétitivité de demain.

Contributions

Défi Bien être & santé

Synthèse : Béatrice Darcy-Vrillon (INRA) et Stéphane Blanc (CNRS).

Contribution des groupes et participants à l'atelier :

- GT2 Alimentation : Béatrice Darcy-Vrillon, INRA, et Gilles Boetsch, CNRS
- GT3 Biodiversité : Claire Salomon, FRB
- GT6 Sciences de l'eau : Wolfram Kloppmann, BRGM
- GT8 Sciences de la mer : Marie-Hélène Tusseau, Ifremer
- GT9 Risques naturels environnementaux et écotoxiques : Eric Vindimian, IRSTEA
- Anne-Marie Brass, CNRS ; David Itier, CNRS ; Pascale Parisot, ANSES, CPS ; Patrick Caron, CIRAD, CPS ; Philippe Garrigues, CNRS, Groupe prospective ; Stéphane Blanc, CNRS.

Défi sécurité alimentaire mondiale, durabilité et bio-économie

Synthèse : Catherine Esnouf (INRA) et Claude Grison (CNRS).

Contributions des groupes et participants à l'atelier :

- GT1 Agroécologie et sol : Xavier Reboud, INRA, et Florent Maraux, Cirad
- GT2 Alimentation : Catherine Esnouf, INRA, et Hubert Devautour, Cirad
- GT 3 Biodiversité : Jean-François Silvain, IRD
- GT4 Biologie des plantes : Frédéric Gaymard, INRA
- GT5 Climat Philippe Bougeault : Météo-France
- GT7 Ecotechnologies et chimie durable : Claude Grison, CNRS
- GT8 Sciences de la mer : Philippe Bertrand, CNRS, Bruno David, CNRS, et Patrick Vincent, Ifremer
- GT9 Risques naturels et environnementaux et écotoxiques : Evelyne Foerster, BRGM, et Eric Vindimian, IRSTEA
- GT10 Territoires et ressources naturelles : Cécile Detang-Dessendre, INRA
- Denis Couvet, MNHN, Conseil ; Gérard Jacquin, INRA, CovAllEnvi ; Denis Lacroix, Ifremer, Groupe Prospective ; Jean-François Soussana, INRA, CPS.

Défi Energie sure propre et efficace

Synthèse : Paul Colonna (INRA).

Contributions des groupes et participants à l'atelier :

- GT4 Biologie des plantes : Thierry Gaude, CNRS
- GT7 Ecotechnologie et chimie durable : Claude Grison, CNRS
- GT 12 Evaluation environnementale : Guido Sonnemann, CNRS
- Christine Douchez, AllEnvi ; André Mariotti, ANDRA, CPS ; Corinne Borel, CEA, Groupe Europe/international ; Henri Van Damne, IFSTTAR, CPS.

Défi Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique

Synthèse : P. Flammarion (IRSTEA) et Philippe Bougeault (Meteo France).

Contributions des groupes et participants à l'atelier :

- GT1 Agroécologie et sol : Christian Valentin, IRD, Xavier Reboud, INRA
- GT3 Biodiversité : Patrick Duncan, FRB
- GT5 Climat : Philippe Bougeault, Météo-France
- GT6 Sciences de l'eau : Patrick Flammarion, IRSTEA, Nathalie Dörfliger, BRGM
- GT8 Sciences de la Mer : Philippe Bertrand, CNRS, Bruno David, CNRS, et Patrick Vincent, Ifremer
- GT9 Risques naturels et environnementaux : Evelyne Foerster, BRGM, Eric Vindimian, IRSTEA
- GT10 Territoires et ressources naturelles : Anne Honegger, CNRS, Cécile Détang-Dessendre, INRA
- GT11 Ville et mobilité : Gérard Hégron, IFSTTAR
- GT12 Evaluation Environnementale : Philippe Roux, Véronique Bellon Maurel, IRSTEA
- Marc Chaussade, CVT AllEnvi ; Nathalie Lemaitre, IRSN, CPS ; Dominique Laborde, IRSTEA, CPS ; Jean Philippe Lagrange, IGN, CPS ; Esther Diez, IRSTEA, groupe Europe/international ; Frédéric Villieras, CPU, ; Pascale Delecluse, Météo-France, CPS ; Pierre Toulhoat, Ineris, CPS ; Maurice Héral, ANR ; Philippe Grandcolas, MNHN ; Caroline Dangleant, Groupe communication.

Mobilité et systèmes urbains durables

Synthèse : Gérard Hégron (IFSTTAR).

Contributions des groupes et participants à l'atelier :

- GT11 Ville et mobilité : Olivier Coutard.

Défi: Simuler le renouveau industriel

Synthèse : Gérard Jacquin.

Contribution Groupe COVAllEnvi.