



AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE

ANR

# Plan d'action 2017

Date de publication  
18 juillet 2016



## Sommaire

A. Contexte et objectifs du plan d'action 2017 .....	7
A-1) Contexte .....	7
A-2) Structure et objectifs du plan d'action 2017 .....	8
A-3) Autres opportunités de financement, partenariats et cofinancements.....	11
A-4) Modalités de soumission, d'évaluation et de sélection des projets .....	11
B. Instruments de financement faisant l'objet de l'appel à projets générique .....	13
B-1) Instruments de financement dédiés aux recherches collaboratives .....	13
B-2) Instrument dédié aux individus .....	14
C. Instruments de financement faisant l'objet d'appels à projets spécifiques .....	17
C-1) Les Challenges .....	17
C-2) LabCom .....	18
C-3) Chaires industrielles.....	18
C-4) Institut Carnot .....	19
C-5) Astrid et Astrid Maturation .....	19
C-6) Montage de réseaux scientifiques européens ou internationaux (MRSEI).....	20
C-7) Tremplin ERC (T-ERC) .....	20
C-8) Appels à projets spécifiques en collaboration européenne ou internationale.....	21
D. Les défis sociétaux & le défi des autres savoirs (DefAS) .....	23
D-1) DEFI 1 – Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique : <i>vers une compréhension du changement global.</i> .....	24
D-2) DEFI 2 – Une énergie propre, sûre et efficace .....	25
D-3) DEFI 3 – Stimuler le renouveau industriel .....	26
D-4) DEFI 4 – Vie, Santé et Bien-être .....	27
D-5) DEFI 5 – Sécurité Alimentaire et Défi Démographique Ressources biologiques, exploitation durable des écosystèmes et bio-économie .....	28
D-6) DEFI 6 – Mobilité et systèmes urbains durables.....	29
D-7) DEFI 7 – Société de l'information et de la communication.....	30
D-8) DEFI 8 – Sociétés innovantes, intégrantes et adaptatives.....	31
D-9) DEFI 9 – Liberté et sécurité de l'Europe, de ses citoyens et de ses résidents.....	32
D-10) DEFI « des autres savoirs » (DefAS) .....	33
E. Tableaux relatifs au plan d'action .....	35
F. Les défis sociétaux en détail .....	41

DEFI 1 – Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique : <i>vers une compréhension du changement global</i> .....	45
Introduction.....	46
Axe1 : Connaissances fondamentales en relation avec le défi (milieux et biodiversité)....	48
Axe 2 : Dynamiques des écosystèmes et de leurs composants en vue de leur gestion durable (Axe conjoint avec le défi 5) .....	51
Axe 3. Environnement-Santé- « One Health » (axe conjoint des Défis 1, 4, 5).....	53
Axe 4 : Innovations scientifiques et technologiques pour accompagner la transition écologique .....	55
Axe 5 : Les sociétés face aux changements environnementaux .....	58
Axe 6 : Approches intégrées pour un développement durable des territoires.....	60
DEFI 2 – Energie propre, sûre et efficace.....	63
Introduction.....	64
Axe 1 : Recherches fondamentales, exploratoires et concepts en rupture .....	65
Axe 2 : Captage des énergies renouvelables et récupération des énergies de l'environnement .....	66
Axe 3 : Usage du sous-sol dans une perspective énergétique .....	67
Axe 4 : Conversion des ressources primaires en carburants et molécules plateforme, chimie du carbone .....	69
Axe 5 : Gestion dynamique des systèmes énergétiques : stockages, réseaux, vecteurs .	69
Axe 6 : Efficacité énergétique des procédés et des systèmes.....	71
Axe 7 : Approches de la transition énergétique par les sciences humaines et sociales....	71
DEFI 3 – Stimuler le renouveau industriel.....	75
Introduction.....	77
Axe 1 : Usine du futur : Homme, organisation, technologies .....	78
Axe 2 : Matériaux et Procédés .....	81
Axe 3 : Chimie durable et procédés associés .....	83
Axe 4 : Nanomatériaux et nanotechnologies pour les produits du futur .....	87
DEFI 4 – Vie, Santé et Bien-être .....	91
Introduction.....	92
Axe 1. Etude des systèmes biologiques, de leur dynamique, des interactions et interconversions au niveau moléculaire .....	94
Axe 2. Décryptage des fonctions biologiques élémentaires et de leur intégration .....	94
Axe 3. Exploration des systèmes et organes et de leur fonctionnement normal et pathologique .....	94
Axe 4. Systèmes informatiques et numériques, recherche méthodologique, informatique et statistique pour répondre aux défis conceptuels de la biologie et de la santé, associations génotype-phénotype, organismes et pathologies virtuelles .....	95

Axe 5 : Génétique et Génomique : organisation des génomes et interactions génome environnement, régulation de l'expression des gènes, épigénétique, relations génotype-phénotype.....	95
Axe 6. Microbiome et relations microbiotes-hôte.....	96
Axe 7. Exploration du système nerveux dans son fonctionnement normal et pathologique .....	96
Axe 8. Approche intégrée des réponses immunitaires .....	97
Axe 9. Inégalités sociales de santé, prévention, soins primaires, politiques et services de santé (axe conjoint avec le défi 8, axe 8) .....	97
Axe 10. Recherche translationnelle en santé .....	98
Axe 11. Innovation médicale, nanotechnologies, médecine régénérative, thérapies et vaccins innovants .....	98
Axe 12. Technologies pour la santé .....	98
Axe 13. Environnement-Santé - « One Health » (axe conjoint des Défis 1, 4, 5).....	99
DEFI 5 – Sécurité Alimentaire et Défi Démographique <i>Ressources biologiques, exploitation durable des écosystèmes et Bioéconomie</i> .....	101
Introduction.....	103
Axe 1 - Socle de connaissances pour répondre aux enjeux du défi .....	104
Axe 2 - Biologie des animaux, des organismes photosynthétiques et des microorganismes. Adaptation et réduction des intrants.....	107
Axe 3 - Dynamiques des écosystèmes et de leurs composants en vue de leur gestion durable (Axe conjoint avec le défi 1) .....	108
Axe 4. Environnement-Santé- « One Health » (axe conjoint des Défis 1, 4, 5).....	110
Axe 5 - Alimentation, systèmes alimentaires sains et durables, et sécurité alimentaire mondiale.....	112
Axe 6 - Bioéconomie : technologies spécifiques et approches système .....	114
DEFI 6 – Mobilité et systèmes urbains durables .....	119
Introduction.....	120
Axe 1 : Connaissances fondamentales, recherche exploratoire et concepts en rupture .	121
Axe 2 : Villes et territoires durables.....	121
Axe 3 : Construction durable .....	123
Axe 4 : Véhicules propres, sûrs, connectés, automatisés .....	124
Axe 5 : Réseaux et services.....	125
DEFI 7 – Société de l'information et de la communication .....	127
Introduction.....	128
Axe 1 : Socle Fondements du numérique .....	129
Axe 2. La Révolution numérique : rapport au savoir et à la culture (axe conjoint avec le défi 8) .....	130
Axe 3 : Sciences et technologies logicielles .....	133

Axe 4 : Interaction, Robotique.....	134
Axe 5 : Données, Connaissances, Big Data - Contenus multimédias.....	135
Axe 6 : Simulation numérique : du calcul intensif aux données massives .....	137
Axe 7 : Infrastructures de communication, de traitement et de stockage.....	138
Axe 8 : Micro et nanotechnologies pour le traitement de l'information et la communication .....	140
Défi 8 : Sociétés innovantes, intégrant et adaptatives.....	143
Introduction.....	143
Axe 1 : Innovation sociale et rapport au risque.....	145
Axe 2 : Inégalités, discriminations, migrations, intégration, radicalisation.....	147
Axe 3 : Mutations du travail et de l'emploi, changement des organisations .....	150
Axe 4 : Éducation, capacités cognitives, socialisation et formation tout au long de la vie	151
Axe 5 : Cultures, création, patrimoines .....	153
Axe 6 : Révolution numérique et mutations sociales .....	155
Axe 7. La Révolution numérique : rapport au savoir et à la culture ( <i>axe conjoint avec le défi 7</i> ) .....	158
Axe 8. Santé publique ( <i>axe conjoint avec le défi 4</i> ).....	161
DEFI 9 – Liberté et sécurité de l'Europe, de ses citoyens et de ses résident.....	163
Introduction.....	164
Axe 1. Recherches fondamentales en lien avec le défi .....	166
Axe 2. Risques, gestion de crise quelle que soit son origine, résilience des systèmes...	167
Axe 3. Sécurité des personnes et des collectifs ; lutte contre le crime, le terrorisme et la radicalisation violente.....	168
Axe 4. Cybersécurité : liberté et sécurité dans le cyberspace, sécurisation des systèmes d'information, lutte contre le cyberterrorisme .....	170
Axe 5. Protection des infrastructures et des réseaux d'importance vitale ; surveillance des espaces souverains .....	171
G. Annexe : Description des orientations prioritaires de recherche définies dans la Stratégie nationale de recherche (SNR) en lien avec les défis sociétaux du PA 2017 de l'ANR .....	175

## A. Contexte et objectifs du plan d'action 2017

### A-1) Contexte

L'ANR a pour mission de financer et de promouvoir les recherches fondamentales et finalisées, l'innovation technique, le transfert technologique ainsi que les partenariats entre les secteurs public et privé. Son action vise à soutenir l'excellence de la recherche française, tant sur le plan académique que technologique, par un processus de sélection rigoureux fondé sur l'évaluation par les pairs. L'ANR s'attache également à renforcer les coopérations scientifiques aux niveaux européen et international, en articulant sa programmation avec les initiatives européennes et internationales et en suivant les orientations de la stratégie scientifique internationale définie par sa tutelle. Elle soutient ainsi des consortiums internationaux, en partenariat avec d'autres agences de financement en Europe et dans le monde.

Le plan d'action 2017 (PA 2017) est la feuille de route de l'ANR pour l'année 2017. Il s'inscrit dans le cadre fixé par l'Agenda stratégique pour la recherche, le transfert et l'innovation « France Europe 2020 »<sup>1</sup>, lui-même élaboré en cohérence avec le programme cadre européen « Horizon 2020 ». Le PA 2017 est également construit en cohérence avec la Stratégie nationale de recherche (SNR),<sup>2</sup> qui a été initiée par la loi sur l'enseignement supérieur et la recherche du 22 juillet 2013. En phase avec l'Agenda stratégique, la SNR vise à *répondre aux défis scientifiques, technologiques, environnementaux et sociétaux en maintenant une recherche fondamentale de haut niveau.*

Le PA 2017 de l'ANR intègre, dans la partie consacrée aux défis sociétaux, les orientations prioritaires de recherche de notre pays définies dans le document SNR et tient compte également des contributions des cinq Alliances<sup>3</sup>, du CNRS et des demandes du MENESR qui coordonne l'action interministérielle entre les ministères concernés.<sup>4</sup> Ce document a été adopté le 29 juin 2016 par le conseil d'administration de l'ANR.

Le plan d'action 2017 décrit les actions et les appels à projets proposés par l'ANR dans le cadre de l'exercice budgétaire 2017, donnant ainsi une visibilité générale de son offre de financement. Il s'adresse à toutes les communautés scientifiques et à tous les acteurs publics ou privés impliqués dans la recherche française, y compris les petites et moyennes entreprises (PME) et les très petites entreprises (TPE).

---

<sup>1</sup> <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid71873/france-europe-2020-l-agenda-strategique-pour-la-recherche-le-transfert-et-l-innovation.html>

<sup>2</sup> <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid78720/la-strategie-nationale-de-la-recherche-definit-les-grandes-priorites-de-la-recherche-francaise.html>

<sup>3</sup> Allenvi (Alliance dans le domaine de la recherche environnementale), Allistene (Alliance des sciences et technologies du numérique), Ancre (Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie), Athena (l'Alliance nationale des humanités, sciences humaines et sciences sociales), Aviesan (Alliance nationale pour les sciences de la vie et de la santé).

<sup>4</sup> Ministère de tutelle : recherche et enseignement supérieur. Ministères également concernés : agriculture, écologie, santé, industrie, défense, affaires étrangères, culture, éducation nationale

## A-2) Structure et objectifs du plan d'action 2017

Le plan d'action 2017 (PA 2017) se structure en **quatre composantes transversales** qui font chacune l'objet d'un budget spécifique. Chaque composante dispose d'instruments de financement, d'appels à projets et de programmes particuliers représentés dans le schéma ci-dessous. Un appel à projets (AAP) générique permet de mutualiser la majorité des actions de chaque composante. Il est décrit dans un document spécifique qui détaille les modalités de soumission et le processus de sélection.



### **Schéma général du PA 2017 et de ses quatre composantes**

(PRC : Projets de recherche collaborative ; JCJC : Jeunes chercheuses et jeunes chercheurs ;  
 PRCI : Projets de recherche collaborative - International ; PRCE : Projets de recherche collaborative -  
 Entreprises ; MRSEI : Montage de réseaux scientifiques européens ou internationaux)

Les **instruments de financement** proposés par l'ANR sont présentés dans la section B du PA 2017. Les modalités de soumission et de sélection sont décrites dans les différents appels à projets dont l'AAP générique (informations disponibles sur le site Web à partir de fin août 2016). Chaque instrument de financement a sa propre raison d'être, des effets attendus spécifiques et des caractéristiques distinctes en termes de sélection et de suivi. Il peut s'agir d'instruments de recherche collaborative, d'instruments dédiés aux individus ou de tous les autres programmes et appels à projets du PA 2017 présentés ci-après. Les chercheurs, au moment de soumettre un projet, devront choisir l'instrument de financement qui servira au mieux les objectifs scientifiques et les besoins de leur projet.

Les **quatre composantes** du Plan d'action 2017 sont détaillées ci-dessous, elles intègrent plusieurs dimensions stratégiques :



## 1. Composante « Grands défis sociétaux »

Le ministère de l'Education nationale, de l'Enseignement supérieur et de la recherche (MENESR) a demandé à l'ANR d'organiser une large part de son Plan d'action 2017 autour de **neuf grands défis sociétaux** identifiés dans le document SNR (à l'exception du domaine spatial pris en charge par le CNES), et décrits de façon résumée dans les paragraphes D-1 à D-9 et de façon détaillée dans les paragraphes F-1 à F-9 :

1. Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique
2. Energie propre, sûre et efficace
3. Stimuler le renouveau industriel
4. Vie, santé et bien-être
5. Sécurité alimentaire et défi démographique
6. Mobilité et systèmes urbains durables
7. Société de l'information et de la communication
8. Sociétés innovantes, intégrantes et adaptatives
9. Liberté et sécurité de l'Europe, de ses citoyens et de ses résidents.

La composante « Grands défis sociétaux » rassemble à la fois l'acquisition de connaissances fondamentales et des recherches ciblées, souvent finalisées. Elle fait l'objet de l'appel à projets générique et utilise l'ensemble des instruments (détaillés au [§B](#)) qui permettent de financer soit des projets de recherche collaborative dans un contexte national ou international ([PRC](#) et [PRCI](#) respectivement) et pouvant présenter une ouverture vers le monde de l'entreprise ([PRCE](#)), soit des projets de recherche individuelle portés par des jeunes chercheuses ou des jeunes chercheurs ([JCJC](#)).

## 2. Composante « Aux frontières de la recherche »

Cette composante permet d'introduire au sein de l'appel à projets générique, un défi supplémentaire : le **défi « des autres savoirs »** ([DefAS](#) décrit au [§D-10](#)). Ce défi a pour objectif de maintenir, pour toutes les communautés scientifiques, des possibilités de financement de projets qui n'entrent pas directement dans les périmètres des neuf défis sociétaux énumérés plus haut. Les instruments de financement utilisables dans ce défi sont ceux déjà exposés au sein de la composante « Grands défis sociétaux » (cf. [§B](#)).

## 3. Composante « Construction de l'Espace européen de la recherche (EER) et attractivité internationale de la France »

Cette composante met à disposition des chercheurs et des équipes françaises des instruments de financement permettant d'augmenter le rayonnement et l'attractivité de la recherche nationale et de contribuer à la construction de l'Espace européen de la recherche. Ces actions précisent ou complètent celles menées dans le cadre du programme Horizon 2020. Elles visent à impulser des dynamiques partenariales de recherche de haut niveau et à développer le leadership des équipes françaises dans les programmes européens et internationaux.

Les défis sociétaux du plan d'action 2017 ont une dimension européenne et internationale forte. D'une part, parce qu'ils ont été conçus, secteur par secteur, en cohérence et en complémentarité avec les défis sociétaux du programme-cadre européen Horizon 2020. D'autre part, parce que plusieurs d'entre eux ont été pensés en lien avec des programmes européens (ERA-NET, JPI, ERA-NET COFUND...) et internationaux (Belmont Forum...). Il est de plus à noter que des accords bilatéraux entre l'ANR et des agences étrangères permettent, au sein des défis, de mettre en place des partenariats stratégiques ou de faciliter

la collaboration internationale dans un espace de recherche sans frontière (cf. [§C-6](#), [§C-7](#) et [§C-8](#)).

La composante « Construction de l'EER et attractivité internationale de la France » se décline, au sein du plan d'action 2017, en plusieurs instruments de financement dont certains font l'objet d'un appel à projets spécifique :

- Le « Projet de recherche collaborative - International » (**PRCI**) qui vise à développer des recherches en collaboration avec un second pays dans le cadre d'accords bilatéraux (cf. [§B-1-3](#) pour la description de l'instrument et les accords bilatéraux et tableau 1 pour le récapitulatif des accords bilatéraux). Cet instrument est inclus dans l'appel à projets générique.
- « Montage de réseaux scientifiques européens ou internationaux » (**MRSEI**) qui vise à renforcer la place et l'influence de la recherche française sur la scène européenne et internationale. Cet instrument fait l'objet d'un appel à projets spécifique (cf. [§C-6](#)).
- « Tremplin-ERC » (T-ERC) qui vise à renforcer la réussite de chercheuses/chercheurs français(es) aux appels à projets « Starting grants » et « Consolidator grants » de l'European Research Council (ERC). Les conditions de financement de cet instrument sont particulières. Cet instrument fait l'objet d'un appel spécifique (cf. [§C-7](#)).

En complément de ces instruments dédiés, l'ANR développe des **partenariats bilatéraux et multilatéraux** dans le cadre des initiatives de programmation conjointe (JPI), des instruments européens du 7<sup>e</sup> PCRD (de type ERA-NET ou ERA-NET+) et de Horizon 2020 (de type ERA-NET COFUND) mais aussi dans le cadre d'autres actions multinationales sur de grands défis mondiaux (G8 recherche, Belmont Forum...) (cf. [§C-8](#) et tableau 2 pour le récapitulatif de ces appels spécifiques).

#### 4. Composante « Impact économique de la recherche et compétitivité »

Cette composante a pour objet de stimuler le partenariat avec les entreprises et le transfert des résultats de la recherche publique vers le monde économique. Les actions proposées, en renforçant les coopérations et les partenariats et en permettant la valorisation des résultats de la recherche publique, ont pour corollaire d'encourager l'effort de R&D des entreprises et de les inciter à inventer et à innover. Elles se positionnent selon un axe croissant de maturité technologique mais aussi d'intégration plus ou moins renforcée de ces partenariats intersectoriels. Par ailleurs, le constat, en France, d'une faiblesse relative du nombre de PME proposant des innovations de service ou de produits au regard des difficultés qu'elles ont à tisser des liens avec le secteur de la recherche publique, motive une orientation spécifique de certaines actions vers les PME et les ETI.

Pour atteindre cet objectif, l'ANR propose de soutenir des projets menés en partenariat avec le monde socio-économique et ayant un impact direct en termes économiques et de compétitivité : il s'agit de l'instrument « **Projets de recherche collaborative - Entreprises** » (PRCE) utilisable dans l'appel à projets générique (cf. [§B-1-2](#)).

En complément de cet instrument PRCE, la composante s'appuie également sur des programmes spécifiques :

- **LabCom** : Pour créer et consolider des laboratoires communs co-construits entre un laboratoire de recherche public et une petite ou moyenne entreprise (PME) ou une entreprise de taille intermédiaire (ETI). Le partenariat est renforcé, strictement bilatéral, et s'inscrit obligatoirement dans la durée afin d'amener l'entreprise à valoriser des produits innovants issus des résultats communs générés dans le LabCom. La maturité technologique des projets est intermédiaire. (cf. [§C-2](#)).
- **Chaires industrielles** : Pour créer des chaires dans les laboratoires publics, co-construites avec les entreprises et financées conjointement par l'ANR et les

entreprises. Cette action qui amène un laboratoire à collaborer avec un ou plusieurs partenaires du monde industriel vise à renforcer le potentiel de recherches novatrices et stratégiques dans des domaines prioritaires pour l'industrie française et pour lesquels les niveaux TRL (Technology Readiness Level) sont encore bas. (cf. [§C-3](#)).

- **Institut Carnot** : Pour développer la recherche contractuelle entre les structures publiques de recherche et le monde socio-économique. (cf. [§C-4](#)).

L'ensemble de ces actions s'articulent avec les structures de transfert de la recherche académique, financées notamment dans le cadre du Plan Investissement d'Avenir telles que les Satt, mais aussi avec les structures publiques proches du secteur socio-économique. Ainsi, comme par le passé, les appels ANR seront ouverts en 2017 à la labellisation par les pôles de compétitivité.

### A-3) Autres opportunités de financement, partenariats et cofinancements

En cohérence avec sa mission de financeur de la recherche sur projets, l'ANR établit des partenariats avec d'autres financeurs (cf. tableau 3) tels que :

- la Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie (CNSA),
- le Ministère de la défense (Direction générale de l'armement – DGA),
- le Ministère de la santé (Direction générale de l'offre de soins – DGOS),
- le Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire, et de la forêt (MAAF),
- le Secrétariat général pour la défense et la sécurité nationale (SGDSN),
- APIS-GENE.

Ces partenariats particulièrement précieux représentent des opportunités de financement ou de cofinancement de projets qui complètent le budget d'intervention propre de l'ANR<sup>5</sup>, soit dans le cadre de l'appel à projets générique, soit dans le cadre d'appels à projets spécifiques. On peut citer par exemple les programmes **Astrid** et **Astrid Maturation**, mis en œuvre par l'ANR et financés par la DGA (cf. [§C-5](#)).

En marge de ces partenariats, un financement complémentaire accessoire par le biais du Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer (MEEM) est par ailleurs possible.

Enfin, d'autres organismes publics assurent une mission de financement sur projets et organisent leurs propres appels, comme par exemple l'Institut national du cancer (INCa) ou l'Agence nationale de recherche sur le sida et les hépatites virales (ANRS). Les projets relevant de ces appels à projets n'ont pas vocation à être financés par l'ANR. Ainsi, l'éligibilité des projets soumis à l'ANR, quel que soit l'appel à projets du PA 2017, et relevant de thématiques susceptibles d'être soutenues par ces organismes, sera conjointement conduite par l'ANR et ces organismes.

### A-4) Modalités de soumission, d'évaluation et de sélection des projets

Les modalités de soumission, d'évaluation et de sélection des projets sont décrites au sein de l'appel à projets générique (AAPG) disponible en ligne (fin août 2016) sur le site Web de l'ANR. Les instruments Challenges, LabCom, Chaires industrielles, Carnot, MRSEI, Astrid, Astrid Maturation et Tremplin-ERC de même que les appels européens et internationaux (de type ERA-NET ou JPI) font l'objet d'appels à projets spécifiques publiés sur le site Web de l'ANR. Il est recommandé de consulter l'agenda de ces différents appels à projets sur le site de l'ANR.

---

<sup>5</sup> Par cofinancement, on entend le fait qu'une partie de l'aide attribuée au projet (sur la base de la demande initiale) provient du partenaire de l'ANR. Il ne s'agit en général pas d'un financement supplémentaire.



## B. Instruments de financement faisant l'objet de l'appel à projets générique

L'appel à projets générique 2017 de l'ANR mobilise plusieurs instruments de financement pour répondre à la fois à la mission qui lui est assignée dans la politique publique de recherche et d'innovation de la France et aux besoins de financement sur projets des communautés de recherche.

Il existe deux catégories d'instruments au sein de l'appel à projets générique dont les attendus et les caractéristiques déterminent des points-clés dans la sélection et le suivi des projets qui s'y rattachent :

- La catégorie « **recherche collaborative** » propose trois instruments : le « projet de recherche collaborative » (**PRC**), le « projet de recherche collaborative - entreprises » (**PRCE**), le « projet de recherche collaborative - international » (**PRCI**).
- La catégorie « **chercheur** » intègre le seul instrument « Jeunes chercheuses et jeunes chercheurs » (**JCJC**) en 2017.

A titre indicatif, les montants d'aide accordés aux projets, tous instruments confondus (PRC, PRCE, PRCI, JCJC), sont en général compris entre 50 et 900 k€ pour une durée de 24 à 48 mois, selon la nature de la recherche proposée, le type de consortium, le nombre de partenaires impliqués et les ambitions scientifiques du projet. Le coût moyen des projets soumis et sélectionnés dans le cadre de l'AAPG 2016 seront disponibles sur le site de l'ANR en septembre 2016.

### B-1) Instruments de financement dédiés aux recherches collaboratives

Les projets collaboratifs<sup>6</sup> visent à atteindre des résultats scientifiques ou technologiques par la mise en commun de compétences et de moyens provenant de différentes équipes ou groupes de recherche publiques ou privées, nationales ou internationales. Les financements octroyés permettent ainsi par la réalisation de travaux collaboratifs l'accélération des recherches proposées. Ces instruments encouragent les équipes de recherche à mener des travaux pour lesquels la collaboration présente une valeur ajoutée scientifique, soit parce qu'elle rend possible les travaux, soit parce qu'elle permet d'envisager des résultats d'une ambition ou d'une qualité supérieure. Les travaux de recherches pluridisciplinaires sont les bienvenus.

#### B-1-1) Projets de recherche collaborative - International (PRCI)

L'ANR travaille en collaboration avec des agences de financement de la recherche d'autres pays et signe des accords facilitant les collaborations entre les équipes des différents pays. Elle établit des accords bilatéraux qui peuvent porter sur des thématiques ciblées ou être ouverts à l'ensemble des thèmes de recherche financés par l'ANR.

Les objectifs de ces accords sont :

- D'accélérer et de développer les collaborations des chercheurs français avec les meilleures équipes européennes et internationales sur des thématiques clés,
- De promouvoir des partenariats avec les pays émergents sur des thèmes d'intérêt mutuel et aux bénéfices partagés,

<sup>6</sup> Le caractère collaboratif ne s'estime pas au simple nombre de partenaires impliqués dans le projet mais à la plus-value de la collaboration proposée (en termes de compétences scientifiques et non simplement en termes administratifs) et à l'opportunité que représente l'obtention du financement pour atteindre les objectifs scientifiques visés dans le projet.

- De faire émerger des équipes transnationales d'excellence en permettant de conduire et partager la recherche au meilleur niveau mondial.

Pour les partenariats ciblés sur des thématiques particulières, l'ANR et ses partenaires visent à reconduire la thématique sur deux à trois années afin de renforcer les collaborations et de favoriser l'émergence de projets de qualité.

L'instrument de financement « Projets de recherche collaborative - International » (PRCI) est dédié à ces collaborations bilatérales qui sont établies entre au moins un partenaire français (éligible au financement de l'ANR) et au moins un partenaire étranger (éligible au financement d'une agence de financement étrangère qui a signé un accord bilatéral avec l'ANR). **Une forte synergie est attendue entre les deux partenaires déposant leur projet** et doit se concrétiser par une implication **équilibrée** des partenaires français et étrangers, et par une réelle implication des coordinateurs scientifiques des projets dans chacun des pays.

Pour le plan d'action 2017, les pays concernés par ces accords bilatéraux sont <sup>7</sup> :

- En Europe : l'Allemagne, l'Autriche, le Luxembourg, la Suisse.
- A l'international : le Brésil, le Canada, la Chine, Hong Kong, le Japon, le Mexique, Singapour, Taïwan et la Turquie.

### B-1-2) Projets de recherche collaborative - Entreprises (PRCE)

L'instrument de financement « Projets de recherche collaborative - Entreprises » (PRCE) est dédié aux collaborations qui sont établies entre un(des) laboratoire(s) de recherche académique(s) ou public(s) **et** une(des) entreprise(s) et **visent à atteindre en commun des résultats de recherche qui seront profitables aux deux parties**, en permettant aux laboratoires publics d'aborder de nouvelles questions de recherche, ou de les aborder différemment, et en permettant aux entreprises d'accéder à la recherche publique de meilleur niveau afin d'améliorer à différents termes leur capacité d'innovation.

### B-1-3) Projets de recherche collaborative (PRC)

L'instrument de financement « Projets de recherche collaborative » (PRC) est le principal instrument de financement de l'ANR. Il comprend toutes les formes de collaboration<sup>8</sup> autres que celles concernées par les instruments PRCI et PRCE.

## B-2) Instrument dédié aux individus

### B-2-1) Jeunes chercheuses et jeunes chercheurs (JCJC)

L'objectif de l'instrument de financement « Jeunes chercheuses et jeunes chercheurs » (JCJC) est de préparer la nouvelle génération de jeunes chercheuses et chercheurs de talents appelés à devenir les futurs leaders ou dirigeant(e)s de la recherche scientifique française. Il s'agit donc de favoriser la prise de responsabilité par des jeunes chercheuses ou chercheurs et de les inciter à s'attaquer à des verrous scientifiques ou technologiques avec des approches originales.

<sup>7</sup> cf. Tableau 1. Liste établie à la date de parution du PA 2017, susceptible d'être complétée ou modifiée : les déposants sont invités à consulter régulièrement le site de l'ANR. Des annexes spécifiques à chaque pays (disponibles sur la page web de l'ANR dédié à l'appel à projets générique) décrivent les thématiques éligibles et les modalités particulières de soumission et de sélection. Elles décrivent des conditions supplémentaires d'éligibilité à l'appel à projets générique et doivent donc impérativement être consultées avant toute soumission à l'ANR ou auprès du partenaire étranger.

<sup>8</sup> Comme indiqué précédemment, le caractère collaboratif s'entend non pas en nombre de partenaires impliqués mais en terme de mise en commun de compétences pour atteindre les objectifs du projet. Ainsi, des équipes ou groupes multidisciplinaires de la même structure sont autorisés à proposer des projets qui pourront être considérés comme collaboratifs.

L'instrument vise à permettre à la jeune chercheuse ou au jeune chercheur de développer sa propre thématique de recherche, de consolider son équipe ou d'en constituer une, d'acquérir une culture de la recherche sur projet et d'exprimer rapidement ses capacités d'innovation.

Il s'agit également d'un tremplin pour les jeunes chercheuses et chercheurs français qui, grâce à une première aide de l'ANR, pourront plus facilement envisager de déposer un projet en réponse aux appels du Conseil européen de la recherche (ERC), et ceci avec de meilleures chances de succès.

Ciblé sur l'individu, cet instrument prévoit le financement de la seule équipe de la jeune chercheuse ou du jeune chercheur.





## C. Instruments de financement faisant l'objet d'appels à projets spécifiques

Le plan d'action 2017 propose différents **instruments de financement**, ayant chacun des effets attendus spécifiques et des caractéristiques distinctes en termes de sélection et de suivi. Cette partie est consacrée à la présentation des instruments de financement utilisables hors de l'appel à projets générique. Ils correspondent à des programmes ou des appels spécifiques dont les calendriers doivent être consultés sur le site de l'ANR, sur la page de publication du plan d'action.

### Composante « Grands défis sociétaux »

#### C-1) Les Challenges

Dans le cadre des défis sociétaux, certains sujets très focalisés sur des objectifs précis justifient la mise en compétition d'équipes développant des approches concurrentes. Les challenges visent à sélectionner et financer plusieurs équipes qui devront confronter leurs approches respectives au cours d'une série d'épreuves.

A la date de publication du plan d'action 2017, deux challenges sont susceptibles d'être lancés en 2017 :

- le **Challenge MALIN** (MAîtrise de la Localisation INdoor), à l'interface entre les défis sociétaux 7 et 9 (voir §D-7 ou §D-9), et conduit en partenariat avec la Direction générale de l'armement (DGA).
- le challenge **ROSE** (RObotique au Service d'Ecophyto : pour réduire les pesticides en agriculture), porté par le défi sociétal 5 (voir §D-5) en relation avec les thématiques du défi sociétal 7 (voir §D-7), en partenariat avec le Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire, et de la forêt (MAAF) et le Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer (MEEM).

Ces deux challenges feront l'objet d'appels spécifiques définissant leurs objectifs respectifs et le type d'épreuves envisagées. Il est recommandé de consulter l'agenda 2017 sur le site web de l'ANR.

### Composante « Impact économique de la recherche et compétitivité »

L'ANR a notamment pour mission de favoriser le transfert des résultats de la recherche publique vers le monde économique. En complément de l'instrument « Projet de Recherche Collaborative Entreprise » (PRCE) de l'appel à projets générique, l'ANR dispose d'une série de programmes visant à dynamiser le partenariat entre les laboratoires et les entreprises et selon des modalités différentes de la recherche sur projet.

Cette composante transversale rassemble trois programmes faisant l'objet d'appels spécifiques : **LabCom**, **Chaires industrielles** et **Institut Carnot**, ainsi que deux programmes entièrement financés par la Direction générale de l'armement (DGA) : **Astrid** et **Astrid Maturation**. Le tableau 4 (en annexe §E) présente de façon synthétique les principales caractéristiques des instruments de financement de l'ANR de la composante « Impact économique de la recherche et compétitivité ». L'ensemble de ces instruments implique la participation d'organisme(s) de recherche et d'entreprise(s). Les conditions d'éligibilité et les attendus des propositions sont explicités dans les appels à projets correspondants.

## C-2) LabCom

Le programme de soutien à la création de laboratoires communs (**LabCom**) entre organismes de recherche publics et petites et moyennes entreprises (PME) ou entreprises de taille intermédiaire (ETI) vise à développer le potentiel de partenariat industriel et de transfert existant chez les acteurs de la recherche académique, notamment ceux positionnés sur une activité de recherche non partenariale. L'enjeu de ce programme est d'accompagner ces acteurs dans l'établissement de partenariats bilatéraux durables avec les entreprises, en particulier les PME et les ETI dans la mesure où ces liens sont cruciaux dans la chaîne de l'innovation. Le transfert des résultats ou du savoir-faire de la recherche publique vers ce type d'entreprises peut être un facteur important d'innovation, de compétitivité et de création d'emplois.

Pour ce programme ouvert depuis 2013, l'ANR propose un financement forfaitaire de 300 k€ du laboratoire de recherche public. Le montage d'un tel financement est simple ce qui permet une mise en place très rapide ainsi qu'une plus grande souplesse dans l'utilisation de la subvention. Ce programme se poursuit en 2017 selon des modalités et des critères similaires à la programmation antérieure.

En 2017, le programme LabCom proposera également une phase additionnelle qui consistera en une aide dite de consolidation. Cette phase de consolidation concernera spécifiquement des laboratoires précédemment labellisés LabCom pour lesquels les retours financiers issus de la valorisation des résultats communs ne permettent pas encore de soutenir financièrement celui-ci, mais qui le permettront à très court terme.

## C-3) Chaires industrielles

Ce programme a vocation à mobiliser des moyens pour consolider et renforcer la compétitivité des entreprises françaises<sup>9</sup> et poursuit un triple objectif :

- Permettre à des enseignants-chercheurs ou des chercheurs de notoriété internationale, français ou étrangers, en mobilité ou non, de travailler sur un programme de recherche ambitieux, innovant et de portée industrielle indiscutable.
- Construire et structurer des actions de recherche scientifique collaboratives dans des domaines prioritaires et stratégiques pour les acteurs publics et privés impliqués dans la chaire industrielle via un partenariat fort et durable.
- Assurer une formation par la recherche de qualité au plus haut niveau international en offrant aux doctorants et post-doctorants des laboratoires de recherche académique une vision long terme, des méthodologies et l'expérience d'acteurs du monde économique.

Ce programme se caractérise par un appel à projets ouvert à toutes les thématiques de recherche, sur des sujets définis conjointement par l'Etablissement d'accueil<sup>10</sup> de la chaire industrielle et une (ou plusieurs) entreprise(s) partenaire(s). Le projet est porté par un scientifique éminent, futur titulaire de la chaire industrielle, et financé conjointement par l'ANR et l'(ou les) entreprise(s) partenaire(s).

Le processus de sélection porte sur un seul document de soumission, présenté par l'établissement d'accueil, en étroite concertation avec l'(ou les) entreprise(s) partenaire(s) (qui s'engage(nt) par lettre au moment de la soumission du projet), et contenant le curriculum vitae du candidat pressenti pour être le titulaire de la chaire industrielle.

<sup>9</sup> ou exerçant une activité de R&D sur le territoire français.

<sup>10</sup> L'établissement d'accueil doit être un **partenaire de recherche** : partenaire public ou assimilé ayant pour vocation principale d'effectuer de la recherche, tels qu'EPST, université, EPSCP, EPIC de recherche, IHU/DHU, etc.

Un financement sera accordé pour une période maximale de 48 mois, la contribution de l'ANR étant apportée à concurrence de celle de l'(les) entreprise(s) (apport en numéraire versé à l'Etablissement d'accueil).

Cette action fait l'objet d'un appel spécifique. Les chercheurs sont invités à consulter l'agenda des appels à projets 2017 sur le site de l'ANR.

#### C-4) Institut Carnot

Depuis 2006, le label Carnot a été décerné par le ministère en charge de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche à des structures publiques de recherche s'engageant à mettre la recherche partenariale au cœur de leur stratégie. Afin d'accompagner et de soutenir le rapprochement des instituts avec les acteurs du monde socio-économique, un abondement annuel, calculé en fonction des recettes partenariales, est versé par l'ANR aux Instituts Carnot. Cet abondement est consacré au ressourcement scientifique et à la professionnalisation de la relation partenariale avec le monde de l'entreprise.

Une commission d'experts majoritairement issus du monde de l'entreprise, appelée Commission Carnot 3, a été chargée de proposer des axes d'évolution du dispositif Carnot suite aux résultats des deux premières phases du dispositif Carnot. Cette commission a tiré un bilan très positif du fonctionnement, considérant que « ce dispositif simple, responsabilisant, évalué régulièrement *a posteriori* est un réel succès en termes de renforcement des liens entre la recherche publique et les entreprises et d'accompagnement au développement des instituts ». Le bilan du dispositif après dix années de fonctionnement conduit à pérenniser le programme dans le cadre de l'appel « Carnot 3 ».

Enfin, le programme «Valorisation-Instituts Carnot» bénéficie d'une dotation dans le cadre du programme des Investissements d'Avenir. Trois appels à projets<sup>11</sup> ont été lancés dans ce contexte, le premier sur des actions spécifiques vers les petites et moyennes entreprises (PME), le second sur des actions spécifiques à l'international et le troisième pour permettre une structuration de l'offre en réponse à la demande des filières économiques en particulier en direction des petites et moyennes entreprises ou industries (PME/PMI) ou des entreprises de taille intermédiaire (ETI).

#### C-5) Astrid et Astrid Maturation

Les programmes **Astrid** (Accompagnement spécifique des travaux de recherche et d'innovation défense) et **Astrid Maturation**, entièrement financés par la Direction générale de l'armement (DGA), font l'objet d'appels à projets spécifiques gérés par l'ANR. Il est recommandé de consulter l'agenda de ces appels à projets spécifiques ainsi que les modalités de financement sur le site web de l'ANR.

- Le programme Astrid vise à stimuler l'ouverture de voies nouvelles de recherche sur des thèmes d'intérêt duaux (applications civiles et militaires). Il s'agit d'explorer des points durs scientifiques ou techniques et de favoriser les ruptures technologiques potentielles bénéfiques pour la défense, la recherche civile et l'industrie.
- Le programme Astrid-Maturation est destiné à accompagner la valorisation des travaux scientifiques accomplis dans d'autres dispositifs de soutien à la recherche duale notamment le programme Astrid.

La dimension transversale des programmes Astrid se caractérise par un champ scientifique large couvrant l'ensemble des domaines clés de la recherche duale.

---

<sup>11</sup> Voir la page dédiée sur le site web de l'ANR : <http://www.agence-nationale-recherche.fr/carnot>.

## Composante « Construction de l'Espace européen de la recherche (EER) et attractivité internationale »

En complément des projets de recherche collaborative internationaux (« PRCI » (cf. § B-1-3) qui constituent l'instrument principal de collaboration bilatérale de l'appel à projets générique de l'ANR, d'autres types d'actions européennes et internationales sont prévus dans le cadre de la composante « Construction de l'Espace européen de la recherche et attractivité internationale » du plan d'action 2017 :

- Montage de réseaux scientifiques européens ou internationaux (**MRSEI**)
- Tremplin-ERC (**T-ERC**)
- Appels à projets européens et internationaux spécifiques (**ERA-NET**, **JPI**, appels bi-ou multilatéraux)

### C-6) Montage de réseaux scientifiques européens ou internationaux (MRSEI)

Le programme dédié au « montage de réseaux scientifiques européens ou internationaux » (**MRSEI**) vise à faciliter l'accès des chercheurs français aux programmes de financement européens (Horizon 2020 notamment) et internationaux. Les propositions soumises devront par conséquent préfigurer une soumission à un appel à projets européen ou international.

L'objectif de l'instrument est de renforcer le positionnement scientifique de la France par la coordination d'une proposition soumise à un appel à projets européen ou international de grande ampleur. Sont donc attendues dans le cadre de cet appel des propositions qui démontrent les actions à mener pour construire un réseau scientifique d'un niveau international reconnu, sur des sujets de toutes les disciplines et ayant un impact stratégique, économique, technologique ou sociétal. L'instrument ne permet pas de financer des activités de recherche.

Le programme **MRSEI** fera l'objet d'un ou de deux appels spécifiques en 2017. Il est recommandé de consulter la page dédiée sur le site de l'ANR.

Pour le programme **MRSEI**, l'ANR a pris des dispositions permettant une grande rapidité dans la prise de décision et la mise en place des financements, reposant notamment sur un dossier de soumission simplifié et sur un processus de sélection par les pairs réalisé par un seul comité *ad hoc*, sans recours obligatoire à des expertises extérieures.

Les caractéristiques de cet instrument de financement sont les suivantes : Aide ANR attribuée au porteur du projet MRSEI : jusqu'à 30 k€ ; Réseau : partenaire(s) français et partenaires européens ou internationaux ; Financement : un seul partenaire (français) financé ; Durée : 18 mois.

### C-7) Tremplin ERC (T-ERC)

L'instrument de financement Tremplin-ERC (**T-ERC**) s'inscrit dans la stratégie nationale de renforcement de la recherche et de l'innovation technologique françaises et d'accroissement du rayonnement et de l'attractivité scientifiques de la France à l'international.

Le programme **T-ERC** vise ainsi à permettre à des jeunes chercheuses et jeunes chercheurs français(es) ou étranger(e)s rattaché(e)s à un organisme public de recherche français de soumettre une nouvelle candidature à l'appel « Starting grants » ou « Consolidator grants » de l'ERC, et ce avec les meilleures chances de succès.

Pour le programme **T-ERC**, l'ANR a pris des dispositions permettant une grande rapidité dans la prise de décision et la mise en place des financements, reposant notamment sur un dossier de soumission simplifié basé sur les documents de soumission préalablement transmis à l'ERC.

Le programme T-ERC fera l'objet d'un appel spécifique en 2017. Il est recommandé de consulter la page dédiée sur le site de l'ANR.

Les caractéristiques générales de cet instrument de financement sont les suivantes : Aide ANR attribuée au porteur : jusqu'à 150 k€ maximum; Porteur : candidat ayant soumis un projet « Starting grant » ou « Consolidator grant » de l'ERC et ayant été classé A ou B dans l'année précédant l'ouverture de l'appel à projets T\_ERC ; Financement : seul le coordinateur du projet (Principal Investigator) sera financé; Durée : 18 mois maximum.

## C-8) Appels à projets spécifiques en collaboration européenne ou internationale

En lien avec les différents défis sociétaux, l'ANR a développé des partenariats multilatéraux avec ses homologues européens dans le cadre des actions européennes de type **ERA-NET**, **ERA-NET COFUND** ou **initiatives de programmation conjointe (JPI)**. Ces actions sont complémentaires aux projets collaboratifs classiques des programmes cadres. Dans cette perspective, l'accent est mis sur une priorisation pluriannuelle des activités européennes et d'articulation des outils nationaux et européens. La logique de complémentarité de ces actions est pensée secteur par secteur et dans la durée. Les ERA-NET, les ERA-NET COFUND et les JPI font l'objet d'appels à projets spécifiques (tableau 2), il est conseillé de consulter régulièrement l'agenda de ces appels sur le site de l'ANR.

En plus des relations établies avec certaines agences stratégiques au niveau européen et international dans l'appel générique (instrument PRCI), l'ANR a noué des relations spécifiques avec les principales agences de financement étrangères telles que le BMBF (Allemagne), la DFG (Allemagne) ou le JST (Japon). C'est dans ce contexte que des actions sur des thématiques de recherche spécifiques sont conduites soit en bilatéral (NSF aux Etats-Unis), soit en multilatéral (Belmont Forum, appel CRCNS ORA). Ces initiatives se concrétiseront par le lancement d'appels à projets spécifiques, il est conseillé de consulter régulièrement l'agenda de ces appels sur le site de l'ANR.

Les actions menées dans le cadre de la programmation de l'Union Européenne peuvent s'associer entre elles (appel ERA-NET COFUND/JPI) et s'associer à des initiatives multilatérales telles que celles conduites par le Belmont Forum (appel Belmont Forum/JPI, appel ERA-NET COFUND/Belmont Forum).



## D. Les défis sociétaux & le défi des autres savoirs (DefAS)

Les défis sociétaux définis dans le cadre de la Stratégie nationale de recherche – France Europe 2020<sup>12</sup> (SNR) font partie intégrante du plan d'action 2017 de l'ANR, exception faite du secteur « spatial » qui relève de la compétence du CNES. Ils sont complétés dans le plan d'action de l'ANR par le défi « des autres savoirs », qui vise à assurer des possibilités de financement aux projets n'entrant pas directement dans le périmètre défini pour les défis sociétaux.

Le périmètre scientifique et technologique ainsi que la structuration en axes ont été définis de façon collective et concertée en tenant compte de la SNR, des contributions des cinq Alliances<sup>13</sup>, du CNRS, des demandes du MENESR qui coordonne l'action interministérielle entre les ministères concernés<sup>14</sup> et des comités de pilotage scientifiques des défis qui associent des experts nationaux et internationaux, des industriels et des représentants institutionnels.

Les neuf défis sociétaux visent à encourager des recherches thématiques, multidisciplinaires et intégratives autour de grandes questions sociétales. Conformément aux recommandations du Conseil stratégique de la recherche (CSR), chacun de ces défis englobe les recherches fondamentales en lien avec ses objectifs. Ces connaissances « socles » sont identifiées sous forme d'un axe spécifique, si elles couvrent l'ensemble du défi, ou en introduction des différents axes si elles sont caractéristiques des axes concernés. En dehors de sa capacité à assurer des possibilités de financement aux thématiques n'entrant pas directement dans les défis sociétaux, le défi « des autres savoirs » pourra promouvoir des recherches interdisciplinaires originales et contribuer à la préservation de la diversité de la recherche française dans une vision à long terme des enjeux du futur.

Un résumé des objectifs des défis du PA 2017 est donné ci-après, le document « Les Défis en détail » décrivant l'enjeu, le type de projets visés, les axes, interfaces ou collaborations spécifiques à chacun et les orientations de la SNR qui s'y rattachent. Pour chaque défi sociétal, les travaux de la SNR ont permis d'identifier des orientations prioritaires de recherche, listées au sein du tableau 4 en annexe. Les porteurs de projets seront, au moment du dépôt, invités à préciser si leur projet s'inscrit ou non dans ces orientations prioritaires. L'effort de recherche répondant à ces orientations prioritaires pourra être encouragé à travers une sélection préférentielle des pré-propositions qui s'y inscrivent.

---

<sup>12</sup> [http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Strategie\\_Recherche/26/9/strategie\\_nationale\\_recherche\\_397269.pdf](http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Strategie_Recherche/26/9/strategie_nationale_recherche_397269.pdf)

<sup>13</sup> Allenvi (Alliance dans le domaine de la recherche environnementale), Allistene (Alliance des sciences et technologies du numérique), Ancre (Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie), Athena (l'Alliance nationale des humanités, sciences humaines et sciences sociales), Aviesan (Alliance nationale pour les sciences de la vie et de la santé)

<sup>14</sup> Ministère de tutelle : recherche et enseignement supérieur. Ministères également concernés : agriculture, écologie, santé, industrie, défense, affaires étrangères, culture, éducation nationale

## D-1) DEFI 1 - Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique : *vers une compréhension du changement global.*

Dans un contexte marqué par l'augmentation de la population mondiale et le renouvellement accéléré des besoins en termes d'énergie, de matières premières, de produits et de services, les changements environnementaux prennent une acuité renforcée, de l'échelle du paysage à celui de la planète (climat, érosion de la biodiversité, dégradation des sols, pollution de l'air et des eaux douces et marines, etc.).

Ce défi vise tout d'abord les connaissances sur les processus à l'origine des changements et sur leurs conséquences locales ou régionales sur les ressources, les sociétés et les activités humaines, notamment celles qui reposent sur les services écosystémiques. Il concerne aussi les innovations sociales, politiques et technologiques pour éviter ou réduire les impacts, réhabiliter les milieux, privilégier les compensations écologiques, et s'adapter aux nouvelles contraintes et opportunités.

Le défi se déploie dans le cadre de l'Espace Européen de la Recherche, notamment le programme Horizon 2020 « Action pour le climat, l'environnement, l'utilisation efficace des ressources et les matières premières », et contribue aux grandes initiatives internationales du domaine. Il s'inscrit aussi dans le contexte de l'accord de Paris conclu fin 2015 dans le cadre de la COP21, premier accord universel sur le climat. Vu la complexité des systèmes, une forte variété de projets à caractère multi-, inter- ou trans-disciplinaire, est attendue selon les thèmes, allant de la recherche académique à des partenariats avec les acteurs du secteur privé, public et de la société civile.

Le défi 1 est structuré autour de six axes thématiques dont un axe intégré, avec une attention particulière accordée aux projets concernant le littoral quel que soit l'axe :

- Axe 1 : Connaissances fondamentales en relation avec le défi (milieux et biodiversité)
- Axe 2 : Dynamique des écosystèmes en vue de leur gestion durable (*axe conjoint avec le défi 5*)
- Axe 3 : Santé-environnement fondé sur le concept de « One Health » (*axe conjoint avec les Défi 4 et 5*)
- Axe 4 : Innovations scientifiques et technologiques pour accompagner la transition écologique
- Axe 5 : Les sociétés face aux changements environnementaux
- Axe 6 : Approches intégrées pour un développement durable des territoires

Outre l'appel générique national, le défi 1 sera aussi soutenu par un ensemble d'appels multilatéraux dans le cadre Européen (Programmation conjointe sur le climat, l'eau, la biodiversité, les océans, l'agriculture, la Méditerranée) et international (Belmont Forum, liant agences de financement G7, Commission Européenne et Pays Emergents) afin de renforcer la visibilité et le leadership de la recherche française.

Les travaux de la Stratégie Nationale de Recherche ont permis d'identifier 5 orientations prioritaires de recherche pour ce défi :

- Orientation n°1 : Suivi intelligent du système terre
- Orientation n°2 : Gestion durable des ressources naturelles
- Orientation n°3 : Évaluation et maîtrise du risque climatique et environnemental
- Orientation n°4 : Éco et biotechnologies pour accompagner la transition écologique
- Orientation n°5 : Le « laboratoire » littoral

Les porteurs de projets seront, au moment du dépôt, invités à préciser si leur projet s'inscrit dans ces orientations prioritaires, ou le cas échéant dans d'autres orientations prioritaires de la SNR telles que l'orientation n° 15 (Capteurs et instrumentation) ou l'orientation n° 20 (Approche intégrée des systèmes productifs).



## D-2) DEFI 2 - Une énergie propre, sûre et efficace

Il s'agit dans ce défi de mobiliser les meilleures compétences scientifiques et technologiques nécessaires pour répondre aux enjeux de la transition énergétique au niveau national et contribuer à la construction du futur bouquet énergétique dans la perspective du Facteur 4 à l'horizon 2050, et, plus globalement, au niveau mondial.

L'atteinte de cet objectif passe par la promotion d'approches systémiques, intégratives et pluridisciplinaires que requièrent souvent les enjeux de l'énergie (sciences de la matière, des sciences de l'ingénieur, des sciences de la Terre, des sciences du vivant, des mathématiques et des sciences de l'information et de la communication ou des sciences humaines et sociales...), mais aussi par le soutien à l'exploration d'idées radicalement nouvelles et de concepts en rupture par rapport aux paradigmes existants, et par les preuves de concept technologique, pouvant aller jusqu'à l'élaboration de dispositifs expérimentaux de laboratoire ou intégrés à des sites d'expérimentation existants. Le périmètre d'intervention de ce défi se limite à des niveaux relativement amont (Technology Readiness Level de 1 à 5), en complémentarité avec d'autres guichets de financement de la R&D positionnés sur des phases plus en aval, aux niveaux national (ADEME, BPI France...) et européen (Horizon 2020).

Le défi 2 est structuré autour de sept axes détaillés en annexe :

- Axe 1 : Recherches fondamentales, exploratoires et concepts en rupture
- Axe 2 : Captage des énergies renouvelables et récupération des énergies de l'environnement
- Axe 3 : Usage du sous-sol dans une perspective énergétique
- Axe 4 : Conversion des ressources primaires en carburants et molécules plateforme, chimie du carbone
- Axe 5 : Stockage, gestion et intégration dans les réseaux des énergies
- Axe 6 : Efficacité énergétique des procédés et des systèmes
- Axe 7 : Approches de la transition énergétique par les sciences humaines et sociales

Outre le premier axe, dédié à la production de connaissances de base et aux concepts en rupture et l'axe 7, qui fédère les contributions des sciences humaines et sociales, les autres axes couvrent les enjeux de l'énergie en allant du captage des ressources primaires jusqu'à l'utilisation finale, notamment dans le domaine industriel, en passant par les voies de conversion entre vecteurs énergétiques, stockage et distribution. Chaque axe comprend les recherches visant à acquérir des connaissances fondamentales en relation avec la thématique concernée.

Les travaux de la Stratégie Nationale de Recherche ont permis d'identifier cinq orientations prioritaires de recherche pour ce défi :

- Orientation n°6 : Gestion dynamique des systèmes énergétiques
- Orientation n°7 : Gouvernance multi-échelles des nouveaux systèmes énergétiques
- Orientation n°8 : Efficacité énergétique
- Orientation n°9 : Réduction de la dépendance en matériaux stratégiques
- Orientation n°10 : Substituts au carbone fossile pour l'énergie et la chimie

Les porteurs de projets seront, au moment du dépôt, invités à préciser si leur projet s'inscrit dans ces orientations prioritaires, ou le cas échéant dans d'autres orientations de la SNR telles que l'orientation n°2 (Gestion durable des ressources naturelles), n°3 (Évaluation et maîtrise du risque climatique et environnemental), n°4 (Éco et biotechnologies pour accompagner la transition écologique), n°14 (Conception de nouveaux matériaux) ou n°21 (De la production aux usages diversifiés de la biomasse).

### D-3) DEFI 3 - Stimuler le nouveau industriel

Les recherches financées dans ce défi visent à préparer une évolution industrielle prenant en compte : i) La nécessité de mettre en place une compétitivité durable (avec les emplois correspondants et une recherche de cohésion sociale) ; ii) les besoins de création de richesses (en minimisant la consommation de ressources) ; iii) les contraintes de ce début de siècle, notamment environnementales : empreintes CO<sub>2</sub> et eau, économie d'énergie, réduction des pollutions, élimination des substances toxiques, économie de ressources naturelles, recyclage...

L'industrie française doit tendre progressivement vers une fabrication propre et durable, favoriser une économie circulaire, et ceci en avance de phase sur ses concurrents. La valorisation du capital humain, la place sociale de l'industrie, la flexibilité des procédés de production et leur adaptation aux avancées du numérique, et, bien entendu, l'attractivité et la compétitivité sont également des facteurs clefs du nouveau industriel. Dans ce contexte, l'objectif du défi est donc de soutenir les projets de recherche permettant cette mutation dans une vision à moyen et long terme. Ce défi concerne des domaines industriels (par ex. industries manufacturières, industries chimiques, industries agroalimentaires, ...) et des disciplines scientifiques (par ex. organisation du travail, ergonomie, génie industriel, robotique, économie, physique, chimie, mécanique, matériaux, génie des procédés, ...) très larges.

L'objectif de ce défi est bien de soutenir des recherches qui peuvent ouvrir de nouvelles voies vers l'innovation technologique, sans que nécessairement les recherches visent directement une innovation particulière. Le défi 3 vise donc à soutenir des études sur un spectre de TRL (Technology Readiness Level) large, allant de recherches fondamentales (TRL 1), largement en amont d'applications éventuelles, à des recherches proches de problématiques industrielles (TRL jusqu'à 4).

En lien avec la Stratégie nationale de recherche (SNR) et complétées par le comité de pilotage scientifique, des évolutions visant à une clarification des axes, des interfaces entre défis et à une meilleure cohérence scientifique ont été réalisées avec notamment la fusion des axes « Adapter le travail au nouveau industriel » et « Usine du futur » de l'édition précédente en un seul axe couvrant de manière complémentaire et cohérente les aspects humains, organisationnels et technologiques de l'Usine du futur.

Le défi 3 est ainsi structuré autour de quatre axes qui correspondent à une appréciation intégrée des projets de recherche allant de l'amont vers des applications à venir :

- Axe 1 : Usine du futur : Homme, organisation, technologies
- Axe 2 : Matériaux et procédés
- Axe 3 : Chimie durable et procédés associés
- Axe 4 : Nanomatériaux et nanotechnologies pour les produits du futur

Les 5 orientations prioritaires de recherche pour ce défi sont :

- Orientation n°11 : Usine numérique
- Orientation n°12 : Usine verte et citoyenne
- Orientation n°13 : Procédés de fabrication flexibles, centrés sur l'homme
- Orientation n°14 : Conception de nouveaux matériaux
- Orientation n°15 : Capteurs et instrumentation

Les porteurs de projets seront invités, au moment du dépôt, à préciser si leur projet s'inscrit dans ces orientations prioritaires, ou le cas échéant dans d'autres orientations prioritaires de la SNR telles que l'orientation n° 4 (Éco et biotechnologies pour accompagner la transition écologique), l'orientation n°9 (Réduction de la dépendance en matériaux stratégiques), l'orientation n°10 (Substituts au carbone fossile pour l'énergie et la chimie), l'orientation n°21 (De la production aux usages diversifiés de la biomasse), l'orientation n°29 (Collaboration homme-machine)...

## D-4) DEFI 4 - Vie, Santé et Bien-être

Le défi « Vie, santé et bien-être » concerne un large champ d'activités scientifiques. Ce défi couvre un enjeu majeur de politique publique et répond à la naturelle aspiration des citoyens à leur bien-être dans un contexte d'optimisation des politiques de Santé.

Le développement des recherches les plus fondamentales sur les mécanismes du vivant participe à ce défi. Les connaissances nouvelles en biologie ont un impact fort dans plusieurs domaines sociétaux : la santé bien-sûr mais aussi l'agriculture, l'économie ou l'éducation. Le défi s'articule autour de trois approches-piliers : i) La première vise à décrypter les mécanismes multi-échelles de la cellule vivante, de la physiologie, du développement et du vieillissement mis en œuvre dans les formes du vivant, une étape indispensable à la compréhension et au diagnostic des pathologies dérivées du dysfonctionnement de ces mécanismes ; ii) La seconde vise à une meilleure connaissance des processus pathologiques et ouvre vers des approches de soustraction au risque, de prise en compte au niveau de l'individu comme de la communauté, ou de la mise en place de stratégies de compensation ; iii) La troisième concerne la santé publique et les sciences sociales de la santé.

Le défi « Vie, santé et bien-être » constitue donc un défi riche de potentialités aux frontières de la connaissance et de son transfert vers l'individu et la société mais également un vecteur d'innovation et de croissance économique pour les secteurs industriels des biotechnologies, de la pharmacie, du diagnostic et du dispositif médical notamment.

En écho aux travaux de la Stratégie nationale de recherche (SNR) et de l'Alliance AVIESAN, complétés par le comité de pilotage scientifique du défi, le défi Vie, Santé Bien-être du PA 2017 de l'ANR est structuré en 13 axes détaillés en annexe couvrant des projets de recherche allant de l'amont vers des applications à venir :

- Axe 1 : Etude des systèmes biologiques, de leur dynamique, des interactions et inter-conversions au niveau moléculaire
- Axe 2 : Décryptage des fonctions biologiques élémentaires et de leur intégration
- Axe 3 : Exploration des systèmes et organes leur fonctionnement normal et pathologique : physiologie, physiopathologie, vieillissement
- Axe 4 : Systèmes informatiques et numériques, phénotypage, organismes et pathologies virtuelles, recherche méthodologique, informatique et statistique pour répondre aux défis conceptuels et technologiques du développement de la recherche en santé
- Axe 5 : Génétique et Génomique : relation génotype-phénotype, interactions génome environnement, épigénétique
- Axe 6 : Microbiome et relations microbiotes-hôte
- Axe 7 : Exploration du système nerveux dans son fonctionnement normal et pathologique
- Axe 8 : Approche intégrée des réponses immunitaires
- Axe 9 : Santé Publique : Inégalités sociales de santé en France : santé et prévention, soins primaires et services sociaux (*axe conjoint avec le Défi 8*)
- Axe 10 : Recherche translationnelle en santé
- Axe 11 : Innovation médicale, nanotechnologies, médecine régénérative, thérapies et vaccins innovants
- Axe 12 : Technologies pour la santé
- Axe 13 : Santé-environnement fondé sur le concept de « One Health » (*axe conjoint avec les Défi 1 et 5*)

Les travaux de la Stratégie Nationale de Recherche ont permis d'identifier 3 orientations prioritaires de recherche pour ce défi dont l'orientation n°16 : Analyse multi-échelle de la diversité et des évolutions du vivant et l'orientation n°17 : Traitement et collecte des données biologiques.

## D-5) DEFI 5 - Sécurité Alimentaire et Défi Démographique Ressources biologiques, exploitation durable des écosystèmes et bio-économie

La sécurité alimentaire consiste à assurer pour la population mondiale l'accès à une alimentation saine, nutritive et en quantité suffisante, permettant à chacun de satisfaire ses besoins et préférences alimentaires. Comme l'ont souligné les importants engagements internationaux en matière de développement durable de l'année 2015 (Objectifs de développement durable - ODD, Accord de Paris sur le climat), assurer la sécurité alimentaire ne peut pas être détaché d'un ensemble d'objectifs de développement durable interdépendants : réduction des inégalités, accès à l'énergie et à l'eau, préservation de la biodiversité et lutte contre le changement climatique.

Les systèmes alimentaires et non alimentaires d'utilisation de la biomasse sont au cœur des transformations nécessaires pour faire face à ces enjeux globaux. Garantir leur durabilité concerne autant la réduction de l'empreinte écologique des productions des bio-ressources continentales et marines, que leur adaptation aux changements globaux en cours sur le climat, la biodiversité, la population mondiale, les pratiques alimentaires et la mondialisation des échanges. Tous ces facteurs exercent des pressions et des dommages croissants sur les systèmes productifs. Ils engendrent des risques sanitaires accrus et ont des répercussions possibles sur la santé humaine.

Le défi 5 appelle des recherches, du plus fondamental au plus finalisé, pour produire des connaissances disciplinaires ou stimuler les processus d'innovation par des approches systémiques et transversales. Il s'étend des ressources biologiques, de la biomasse et des écosystèmes productifs aux consommateurs dans des systèmes renouvelés : nouvelles bio-ressources, nouvelles pratiques, nouvelles organisations sociales et nouveaux marchés. Différents niveaux d'organisation et d'échelles sont concernés : du gène à l'individu, à la population puis à l'écosystème. Ces domaines, complexes et imbriqués, mobilisent les sciences du vivant, les sciences humaines et sociales et les sciences de la matière pour la transformation de la biomasse.

Le défi 5 est décliné en six axes : un axe de recherches fondamentales sur l'ensemble du champ d'investigation et cinq axes thématiques de recherche plus applicatives.

- Axe 1. Socle de connaissances pour répondre aux enjeux du défi
- Axe 2. Biologie des animaux, des organismes photosynthétiques et des micro-organismes. Adaptation et réduction des intrants
- Axe 3. Dynamique des écosystèmes en vue de leur gestion durable
- Axe 4. Santé-environnement fondé sur le concept de « One Health » (*axe conjoint avec les Défi 1 et 4*)
- Axe 5. Alimentation, systèmes alimentaires sains et durables, sécurité alimentaire mondiale
- Axe 6. Bioéconomie : des productions aux usages diversifiés de la biomasse

Ces six axes contribuent directement à 3 orientations prioritaires de la Stratégie Nationale de la Recherche :

- Orientation n°19 : Alimentation saine et durable
- Orientation n°20 : Approche intégrée des systèmes productifs
- Orientation n°21 : De la production aux usages diversifiés de la biomasse.

Les porteurs de projets seront invités, au moment du dépôt, à préciser si leur projet s'inscrit dans ces orientations prioritaires, ou le cas échéant dans d'autres orientations prioritaires de la SNR.

## D-6) DEFI 6 - Mobilité et systèmes urbains durables

Les recherches attendues le défi 6 doivent explorer les voies par lesquelles les systèmes urbains, les transports, l'habitat et leurs usagers s'adaptent aux exigences d'un développement durable. Y sont notamment attendues des approches intégrées et systémiques, qui permettent d'interpréter les processus sociétaux et environnementaux dans leurs interactions. La mobilité, l'habitat et plus généralement le vivre ensemble sont à mettre en regard des pressions sur l'environnement mais aussi des services écosystémiques, de la réduction des nuisances et des changements globaux. Tout prenant en compte les vulnérabilités et les potentielles inégalités, les recherches doivent permettre d'évaluer et d'améliorer les performances des bâtiments et des transports, ainsi que l'organisation des systèmes urbains favorisant un accès fluide, efficace aux ressources et aux services. Une attention particulière est portée aux avancées de la société numérique pour accompagner, développer et promouvoir des usages de transports durables et gérer plus intelligemment la ville tout en assurant la pérennité et l'adaptation des infrastructures et des réseaux aux besoins existants et émergents. Les modalités de la gouvernance et l'évolution des politiques publiques qui interviennent dans la gestion et l'évolution des systèmes urbains doivent être analysées en fonction de ces objectifs.

Les travaux développés dans ce cadre doivent répondre à plusieurs objectifs scientifiques : i) constituer de nouveaux savoirs relatifs à l'efficacité énergétique, aux impacts environnementaux et à la qualité d'usage, pour les composants tels que les véhicules, les bâtiments... et aux différentes échelles, en s'intéressant aussi aux interactions entre ces critères et ces échelles; ii) développer la modélisation des phénomènes et la gestion des données, en appui à la conception, l'aide à la décision et l'évaluation des performances ; iii) explorer comment les technologies du numérique peuvent induire des changements sur la mobilité, l'habitat et les systèmes urbains et sur les comportements des usagers ; iv) participer au développement d'une offre méthodologique et technologique pour concevoir, construire, réhabiliter et s'adapter aux nouvelles exigences énergétiques et environnementales mais aussi à l'usage du patrimoine existant et gérer plus efficacement les différentes composantes des systèmes urbains et des transports en impliquant notamment l'utilisateur ; v) participer à la réflexion et au développement d'approches innovantes en planification : *nature based solutions, integrated cities...*

Le défi 6 est structuré autour de cinq axes détaillés en annexe :

- Axe 1 : Connaissances fondamentales, recherche exploratoire et concepts en rupture
- Axe 2 : Villes et territoires durables
- Axe 3 : Construction durable
- Axe 4 : Véhicules propres, sûrs, connectés, automatisés
- Axe 5 : Réseaux et services efficaces

Les travaux de la Stratégie Nationale de Recherche ont permis d'identifier quatre orientations prioritaires de recherche pour ce défi :

- Orientation n°22 : Observatoires de la ville
- Orientation n°23 : Nouvelles conceptions de la mobilité
- Orientation n°24 : Outils et technologies au service de la ville durable
- Orientation n°25 : Intégration et résilience des infrastructures et réseaux urbains

Les porteurs de projets seront, au moment du dépôt, invités à préciser si leur projet s'inscrit dans ces orientations prioritaires, ou le cas échéant dans d'autres orientations de la SNR, notamment l'orientation n°3 (Évaluation et maîtrise du risque climatique et environnemental), l'orientation n° 4 (Éco et biotechnologies pour accompagner la transition écologique), l'orientation n°8 (Efficacité énergétique), l'orientation n°26 (5e génération des infrastructures réseaux), l'orientation n°27 (Objets connectés), l'orientation n°28 (Exploitation des grandes masses de données) et l'orientation n°29 (Collaboration homme-machine).

## D-7) DEFI 7 - Société de l'information et de la communication

Le défi « Société de l'information et de la communication » concerne les sciences et technologies du numérique au service de la société. Il s'inscrit dans une double priorité : penser le numérique au service de la société et concevoir et développer le numérique de demain via l'évolution de concepts, de méthodes et d'outils. La maîtrise des technologies du numérique est un enjeu national plus stratégique que jamais, tant pour l'autonomie que pour la compétitivité de la France.

Ce défi vise à mobiliser le réseau de recherche français pour répondre aux enjeux de la société numérique. Sont attendues des propositions de projets de recherche et développement qui permettront des avancées significatives dans les domaines de la micro et de la nanoélectronique, de l'informatique, de l'automatique et traitement du signal et des mathématiques et des mathématiques sur lesquels reposent les sciences et technologies du numérique. Sont également attendus des propositions de projets de collaboration qui intègrent une dimension SHS pour couvrir les champs de recherche conjoints.

Les chercheurs sont encouragés à tirer parti, lorsque cela est possible, des infrastructures et des grandes bases de données existantes, et à promouvoir leurs résultats en libre accès (« open access »). Ils sont également encouragés à coordonner leurs propositions avec d'autres initiatives nationales ou internationales dans le domaine (H2020, PIA, DGE, etc.).

Le défi 7 s'adresse à l'ensemble de la chaîne de recherche et d'innovation, depuis la recherche la plus fondamentale (présente principalement dans l'Axe 1 mais également dans les autres axes lorsqu'il s'agit de recherche fondamentale en rapport avec l'axe) jusqu'à la conception et le développement d'outils et de méthodes pré-industriels. Il est structuré autour de 8 axes, détaillés en annexe :

- Axe 1 : Socle Fondements du numérique
- Axe 2 : La Révolution numérique : rapports aux savoirs et à la culture (*axe conjoint avec le défi 8*)
- Axe 3 : Sciences et technologies logicielles
- Axe 4 : Interaction, Robotique
- Axe 5 : Données, Connaissances, Big Data – Contenus multimédias
- Axe 6 : Simulation numérique : du calcul intensif aux données massives
- Axe 7 : Infrastructures de communication, de traitement et de stockage
- Axe 8 : Micro et nanotechnologies pour le traitement de l'information et la communication

Les travaux de la Stratégie Nationale de Recherche ont permis d'identifier 4 orientations prioritaires de recherche pour ce défi :

- Orientation 26 : 5<sup>ème</sup> génération des infrastructures réseaux
- Orientation 27 : Objets connectés
- Orientation 28 : Exploitation des grandes masses de données
- Orientation 29 : Collaboration homme-machine

Les porteurs de projets seront invités, au moment du dépôt, à préciser si leur projet s'inscrit dans ces orientations prioritaires, ou le cas échéant dans d'autres orientations prioritaires de la SNR telles que l'orientation n° 16 (Analyse multi-échelle de la diversité et des évolutions du vivant), l'orientation n°17 (Traitement et collecte des données biologiques), l'orientation n°32 (Disponibilité des données et extraction de connaissances) ou l'orientation 33 (Innovations sociales, éducatives et culturelles).

## D-8) DEFI 8 - Sociétés innovantes, intégrantes et adaptatives

Le défi 8 s'intéresse aux processus d'innovation, d'intégration et d'adaptation. Sont concernées, outre la société française, les sociétés de toutes aires culturelles et de toutes époques. Les humanités et les sciences sociales sont invitées à pratiquer une approche transdisciplinaire : histoire, archéologie, arts et lettres, philosophie, linguistique, anthropologie, sociologie, démographie, géographie, science politique, étude du fait religieux, psychologie et sciences cognitives, sans oublier le droit, l'économie et la gestion.

Toutes les méthodes sont acceptées (observation in situ, entretiens, analyse de textes, expérimentation, modélisation...), de même que toutes les sources (archives, corpus, données d'enquêtes, données administratives, sources artistiques ou littéraires). Mieux vaut éclairer les évaluateurs sur ces points en y consacrant au moins une vingtaine de lignes.

Les chercheurs sont encouragés à tirer parti, quand c'est possible, des grandes bases de données existantes, dont les enquêtes internationales reconnues par la feuille de route européenne des infrastructures de recherche. Dans les limites financières disponibles, le défi 8 peut financer en partie la collecte d'enquêtes ou la constitution de corpus (textes, images, archives orales) à trois conditions : 1/ qu'elle porte un projet de recherche ; 2/ que soit garanti le libre accès aux données et 3/ qu'un dispositif permette de les pérenniser.

À la suite des recommandations de la Stratégie nationale de recherche (SNR), de l'Alliance ATHENA et du comité de pilotage scientifique du Défi 8, cette édition 2017 renforce et complète les thématiques existantes. Le défi est structuré autour de huit axes :

- Axe 1 : Innovation sociale et rapport au risque
- Axe 2 : Inégalités, discriminations, migrations, intégration, radicalisation
- Axe 3 : Mutations du travail et de l'emploi, changement des organisations
- Axe 4 : Éducation, capacités cognitives, socialisation, formation tout au long de la vie
- Axe 5 : Cultures, création, patrimoines
- Axe 6 : Révolution numérique et mutations sociales
- Axe 7 : La Révolution numérique : rapport au savoir et à la culture (*conjoint avec le défi 7, Numérique et société*)
- Axe 8. Santé publique (*conjoint avec le défi 4, Vie, bien-être et santé*)

Chaque axe permet de doser diversement recherche fondamentale et recherche appliquée, sachant qu'on entend ici par recherche fondamentale les problématiques conceptuelles, l'élaboration d'un cadre théorique, la construction de modèles et de méthodes, mais aussi la critique des catégories et des données (construction, organisation, effets, portée et limites).

Par ailleurs, les porteurs seront invités à préciser au moment du dépôt si leur projet s'inscrit dans l'une des orientations définies par la Stratégie nationale de recherche pour le défi 8 :

- Orientation n° 30 : Étude des cultures et des facteurs d'intégration
- Orientation n° 31 : Nouveaux indicateurs de la capacité à innover
- Orientation n° 32 : Disponibilité des données et extraction de connaissances
- Orientation n° 33 : Innovations sociales, éducatives et culturelles

Les porteurs de projets seront, au moment du dépôt, invités à préciser si leur projet s'inscrit dans ces orientations prioritaires, ou le cas échéant dans d'autres orientations de la SNR, notamment l'orientation n° 28, « Exploitation des grandes masses de données ») ou n'en déclarer aucune.

## D-9) DEFI 9 - Liberté et sécurité de l'Europe, de ses citoyens et de ses résidents

Le champ du défi recouvre, sans s'y limiter, l'ensemble des recherches pouvant contribuer à la clarification des missions régaliennes ou non régaliennes en matière de sécurité, à la définition des modalités de protection de toutes les infrastructures essentielles ou encore au rôle des opérateurs publics et privés indispensables au bon fonctionnement de la nation. Naturellement, ces aspects se conçoivent dans le respect **de la protection** des droits fondamentaux.

L'ensemble des problématiques est à considérer dans un contexte de déploiement accéléré de nouvelles technologies, notamment les technologies numériques, qui offrent des opportunités pour les citoyens, les administrations et les entreprises mais créent aussi des vulnérabilités jusque-là inédites. Il convient, dès lors, de prendre en compte la mobilité toujours accrue des personnes, l'augmentation des flux de marchandises, la circulation des capitaux et celle des informations ou autres données, quels que soient les réseaux utilisés.

Toute recherche intéressant la liberté et la sécurité des personnes en Europe doit être menée à partir d'une réflexion approfondie sur le risque, dans un contexte où la sécurité est associée à la perception et à la gestion des risques, aux responsabilités sociales et à leurs impacts. Le défi 9 encourage une recherche basée sur une approche intégrée de la gestion du risque tant dans les espaces physiques que dans le cyberspace. Cela va de la caractérisation des menaces et des vulnérabilités jusqu'à la gestion des conséquences, en passant par les dispositifs de surveillance, de prévention et de protection.

Tous les types de recherche peuvent contribuer à relever ce défi. Des **recherches fondamentales ou très amont** sont nécessaires pour contribuer à la constitution d'un socle de connaissances. Que la finalité soit technologique ou pas, la recherche et l'innovation doivent souvent réunir, au sein d'une **démarche intégrée**, les sciences de la nature et de l'environnement, les sciences du numérique, l'ingénierie et toutes les sciences humaines et sociales.

Le défi 9 est structuré autour de cinq axes détaillés en annexe :

- Axe 1 : Recherches fondamentales en lien avec le défi
- Axe 2 : Risques, gestion de crise quelle que soit son origine, résilience des systèmes
- Axe 3 : Sécurité des personnes et des collectifs ; lutte contre le crime, le terrorisme et la radicalisation violente
- Axe 4 : Cybersécurité : liberté et sécurité dans le cyberspace, sécurisation des systèmes d'information, lutte contre la cybercriminalité et le cyberterrorisme
- Axe 5 : Protection des infrastructures et des réseaux d'importance vitale, surveillance des espaces souverains

Les travaux de la Stratégie Nationale de Recherche ont permis d'identifier 3 orientations prioritaires de recherche pour ce défi :

- Orientation n°39 : Prévention et anticipation des risques et des menaces
- Orientation n°40 : Approche intégrée de la gestion de crise
- Orientation n°41 : Résilience des systèmes de sécurité.

Les porteurs de projets seront invités, au moment du dépôt, à préciser si leur projet s'inscrit dans ces orientations prioritaires, ou le cas échéant dans d'autres orientations prioritaires de la SNR.



## D-10) DEFI « des autres savoirs » (DefAS)

Le défi « des autres savoirs » relève de la volonté réaffirmée de maintenir, pour toutes les communautés scientifiques, des possibilités de financement de projets de recherche fondamentale destinés à préparer l'avenir de nos sociétés et qui n'entrent pas dans les périmètres des neuf défis sociétaux actuels. Il complète ainsi le dispositif construit pour ces derniers, eux-mêmes très largement ouverts aux recherches fondamentales dans leurs champs thématiques respectifs. Un projet dont l'objet de recherche scientifique correspondrait à un champ disciplinaire couvert par un défi sociétal sera dans le cadre de son évaluation orienté vers le défi correspondant après avis du Comité d'évaluation scientifique concerné.

### La recherche aux limites de la connaissance

Le défi « des autres savoirs » est dédié aux recherches portant sur des sujets qui visent à l'avancement des connaissances et de l'innovation, et laissent toute liberté d'expression aux chercheurs.

Ces recherches devraient offrir des perspectives de création de nouveaux outils, de nouveaux instruments de mesure, de nouvelles méthodes, de nouvelles idées, de nouveaux concepts et paradigmes...

De telles recherches sont particulièrement précieuses, car c'est en référence aux limites de la connaissance sous toutes ses formes que nos sociétés construisent leurs capacités à évoluer et à se projeter dans l'avenir. Ce besoin d'avancement, qu'il se déploie dans la compréhension du monde qui nous entoure et des lois qui le régissent ou dans le développement d'abstractions, aura un impact majeur sur les décisions de demain, parfois bien au-delà de la quête initiale.

À ce titre, le défi « des autres savoirs » soutient des projets de recherche fondamentale :

- qui reposent essentiellement sur la curiosité, l'observation, la créativité, s'inscrivant ou non dans la suite d'écoles de pensées ;
- qui sont porteurs d'audaces, de prises de risque, de ruptures ;
- qui laissent place à la diversité des initiatives et des approches ;
- qui peuvent être le lieu de développement de démarches intégrantes, par la conjonction d'apports provenant de cultures ou de spécialités différentes.

L'excellence scientifique des projets est un critère déterminant, l'objectif étant, rappelons-le, de répondre à des interrogations qui se situent en dehors du cadre général ou d'un champ d'investigation particulier d'un défi sociétal du plan d'action 2017 de l'ANR.

### Des domaines privilégiés de recherche

Le défi « des autres savoirs » offre des possibilités de financement dans toutes les disciplines scientifiques, mais à des degrés divers car strictement en dehors des périmètres des défis sociétaux. Les projets peuvent relever de champs bien identifiés et reconnus par les communautés, de disciplines rares, ou d'approches reposant sur des interdisciplinarités originales ou peu explorées.

À titre d'illustration, et de façon non exhaustive, ce défi rassemble des projets de recherche dans de grands domaines tels que les mathématiques fondamentales, la physique de la matière condensée, la physique subatomique, les sciences de l'Univers ou la structure et l'histoire de la Terre. Le défi s'adresse à un degré moindre à certaines thématiques des humanités, des sciences sociales et de la chimie théorique non représentées dans les défis sociétaux.

Le défi « des autres savoirs » est aussi ouvert à la recherche fondamentale dans les disciplines rares dont le faible nombre de chercheurs ou la désaffection pourrait entraîner la perte d'un savoir nécessaire lorsque de nouvelles questions théoriques ou pratiques se poseront et auxquelles il faudra apporter des solutions.

Il s'agit enfin de promouvoir des sujets de recherche interdisciplinaires originaux susceptibles d'établir une correspondance nouvelle ou peu explorée entre des champs *a priori* bien distincts. Ces recherches peuvent éventuellement mettre en jeu des approches différentes au sein de ces champs. Les projets de recherche pourraient aussi permettre l'émergence et la pérennisation de thématiques interdisciplinaires prometteuses pour la société.

## E. Tableaux relatifs au plan d'action

**Tableau 1 : Collaborations bilatérales dans le cadre de l'Appel à projets générique  
Projets de recherche collaborative – Internationale (PRCI)**

(Tableau susceptible d'être modifié ou complété en fonction des négociations en cours.  
Les déposants sont invités à consulter le site internet de l'ANR avant toute soumission à  
l'ANR ou auprès du partenaire étranger.)

Pays (agences)	Thèmes de collaboration proposés par l'ANR en 2015 à confirmer après accord de l'agence étrangère	Défis concernés
<b>Brésil</b> (FACEPE) <i>à confirmer</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Technologies de l'information et de la communication</li> <li>Sciences humaines et sociales</li> </ul>	Défis 7, 8, Défi « des autres savoirs »
<b>Brésil</b> (FAPESP) <i>à confirmer</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Technologies de l'information et de la communication</li> <li>Sciences humaines et sociales</li> </ul>	Défis 7, 8, Défi "des autres savoirs"
<b>Canada</b> (NSERC) <i>à confirmer</i>	SPG Programme Environmental science and technologies, ICT, Manufacturing	Défis 2, 3, 5, 6, 7, Défi "des autres savoirs"
<b>Chine</b> (NSFC) <i>à confirmer</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sécurité de l'eau et aménagement des bassins versants</li> <li>(1) Cycle de l'eau dans les bassins versants et sa réponse au changement global</li> <li>(2) Impacts de l'activité humaine sur la sécurité de l'eau dans les bassins versants, dépollution et gestion de l'eau.</li> <li><b>Champs scientifiques à confirmer</b> : chimie verte (recyclage, revalorisation, dépollution, chimie bioresourcée, transformation de CO<sub>2</sub>), matériaux (métallurgie physique), stic vert</li> </ul>	Défis 1, 2, 3, 4, 7, Défi "des autres savoirs"
<b>Hong Kong</b> (RGC) <i>à confirmer</i>	Tous les champs disciplinaires financés par l'ANR et l'agence hong-kongaise	Défis 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, Défi "des autres savoirs"
<b>Japon</b> (MEXT/JST)	Technologies génériques pour opération en milieux hostiles sous condition extrêmes : robotique incluant cobotique, téléopération, localisation, identification et cartographie, traitement d'image, systèmes d'observation, capteurs, matériaux.	Défis 3, 7
<b>Mexique</b> CONACYT <i>à confirmer</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efficient resource management and adaptation to climate change</li> <li>Food security and demographic challenges</li> <li>Sciences humaines et sociales</li> </ul>	Défis 1, 5, 8, Défi "des autres savoirs"

<b>Taiwan</b> (MOST) <i>à confirmer</i>	Tous les champs disciplinaires financés par l'ANR et l'agence taiwanaise	Défis 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, Défi "de tous les savoirs"
<b>Turquie</b> (TUBITAK) <i>à confirmer</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Géosciences marines</li> <li>• Risques sismiques</li> <li>• Fonctionnement des écosystèmes marins</li> <li>• Sciences humaines et sociales</li> <li>• Technologies de l'information et de la communication</li> <li>• Energie</li> </ul>	Défis 1, 2, 7, 8, Défi "des autres savoirs"
<b>Singapour</b> (NRF)	Matériaux, nanotechnologies, nanosystèmes appliqué aux défis sociétaux 2, 3, 6, 7 : Clean, secure and efficient energy , Industrial renewal, Sustainable mobility and urban systems, Information and communication society	Défis 2, 3,6, 7
<b>Allemagne</b> (DFG)	Tous les champs disciplinaires financés par l'ANR et la DFG	Tous les défis sauf le Défi 8
<b>Autriche</b> (FWF) <i>à confirmer</i>	Tous les champs disciplinaires financés par l'ANR et la FWF	Tous les défis
<b>Luxembourg</b> (FNR) <i>à confirmer</i>	Tous les champs disciplinaires financés par l'ANR et l'agence luxembourgeoise	Tous les défis
<b>Suisse</b> (FNS) <i>à confirmer</i>	Tous les champs disciplinaires financés par l'ANR et la FNS	Tous les défis

#### Appels bilatéraux spécifiques

<b>Etats-Unis</b> (NSF)	Appel Bilatéral PIRE: Partnership for International Research and Education de la NSF	Défis 2, 3, 7
<b>Allemagne</b> (DFG)	ANR -DFG thématique des SHS (FRAL)	Défi 8

**Tableau 2 : Prévisions des appels à projets spécifiques transnationaux pour 2017**

*(Ces prévisions sont susceptibles d'évoluer en fonction notamment du lancement de programmes européens. Ce tableau disponible sur le site web de l'ANR sera actualisé régulièrement et il est recommandé de le consulter sur le site régulièrement.)*

Nom de l'Appel	Défi Sociétal Concerné
MARTERA - JPI OCEAN : Technologies marines	DEFSOC1
WATERWORKS 2017 : cycle de l'eau	DEFSOC1
Transformation to Sustainability - T2S	DEFSOC1,DEFSOC8
ERAMIN2 : Ressources primaires	DEFSOC3
CoBioTech: Biotechnology for sustainable bio-based economy	DEFSOC3, DEFSOC5
EJP Radioprotection CONCERT (sans financement de l'ANR)	DEFSOC4
ERACoSysMed - Médecine des systèmes	DEFSOC4
ERA-CVD Pathologies cardiovasculaires	DEFSOC4
ERA-HDHL Biomarqueurs en Santé/Nutrition en soutien à la JPI HDHL	DEFSOC4 DEFSOC5
HDHL-INTIMIC Microbiomique intestinale en soutien à la JPI HDHL	DEFSOC4 DEFSOC5
E-RARE 3: Maladies rares	DEFSOC4
EuroNanoMed 3: Nanomédecine	DEFSOC4
Appel en soutien à la JPI JPND Maladies neurodégénératives	DEFSOC4
NEURON 3: Neurosciences	DEFSOC4
CRCNS: Neurosciences computationnelles	DEFSOC4,DEFSOC7
Appel en soutien à la JPI AMR : Résistances antimicrobiennes	DEFSOC4, DEFSOC5
LEAP-AGRI (A long term EU-Africa research and innovation partnership on food and nutrition security and sustainable agriculture)	DEFSOC5
SUSFOOD 2: Sustainable Food Security – Resilient and resource-efficient value	DEFSOC5
ERA-CAPS "Europe-USA Call strengthening transnational research in the Molecular Plant Sciences"	DEFSOC5
Chist-ERA 2: Recherche Européenne Coordonnée sur les Défis à Long-terme dans les STIC	DEFSOC7
QUANT-ERA : Quantum Technologies	DEFSOC7
FLAG-ERA : FET Flagship	DEFSOC7,DEFSOC3, DEFSOC4
Appel en soutien à la JPI More Years Better Life	DEFSOC8

**Tableau 3 : Partenariats et cofinancements envisagés dans le cadre du Plan d'action 2017**

(L'ensemble des partenariats et co-financements est susceptible d'être modifié ou complété. *Les déposants sont invités à consulter le site internet de l'ANR avant toute soumission dans le cadre de l'Appel à projet générique.*)

Partenaire	Principaux thèmes pouvant être concernés par des cofinancements	Défis et AAP potentiellement concernés
<b>CNSA</b> Caisse Nationale de Solidarité pour l'Autonomie	Thèmes liés au vieillissement, à l'autonomie, la qualité de vie	Défis 4 et 8 : AAPG
<b>DGA</b> Direction Générale de l'Armement	Thèmes d'intérêt dual civil et militaire (énergie, sécurité globale, cybersécurité, etc.)	Défis 2, 3, 7, 9 : AAPG et Challenge MALIN Programmes Astrid et Astrid Maturation
<b>DGOS</b> Direction Générale de l'Offre de Soins	Recherche translationnelle en santé (synergie recherche fondamentale / recherche clinique)	Défi 4 : AAPG
<b>MAAF</b> Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire, et de la Forêt	Enjeux identifiés dans la loi d'avenir pour l'agriculture, de l'alimentation et de la forêt du 13/10/2014 et dans le plan agroécologique pour la France, essentiellement dans le cadre du plan Écophyto.	Défi 5 : AAPG Challenge ROSE
<b>SGDSN</b> Secrétariat Général pour la Défense et la Sécurité Nationale	Sécurité globale et cybersécurité	Défi 9 : AAPG
<b>APIS-GENE</b>	Efficacité globale de l'élevage de ruminants (EGER)	Défi 5 : AAPG

**Tableau 4 : Les instruments de la composante « Impact économique de la recherche et compétitivité »**

<b>Instruments</b>	<b>Entreprises visées</b>	<b>Nature des projets de recherche</b>	<b>Modalités de financement</b>
<b>Instrument PRCE</b> Appel à projets générique	Toutes entreprises hors associations et fondations	Projet de recherche collaborative avec partage des résultats, sans objectif de pérennisation au-delà du projet	Financement partiel du projet par l'ANR des organismes de recherche et des entreprises
<b>LabCom et LabCom-Consolidation</b> Appel à projets spécifique	TPE, PME et ETI	Programme de recherche collaborative structurant au-delà du financement ANR	Financement partiel du projet par l'ANR de l'organisme de recherche seul. Des apports au projet par l'entreprise sont exigés
<b>Chaires Industrielles</b> Appel à projets spécifique	ETI ou grandes entreprises, ou consortium d'entreprises	Programme structurant de recherche académique, soutenu par des entreprises, ayant un impact sur l'enseignement supérieur	Financement partiel par l'ANR de l'organisme de recherche seul, à hauteur équivalente du financement apporté par l'entreprise à l'organisme de recherche
<b>Carnot</b> Programme spécifique	Toutes entreprises	Prestations de recherche réalisées pour le compte des entreprises	Pas de financement du projet par l'ANR. L'abondement Carnot soutient le ressourcement scientifique et la professionnalisation des organismes de recherche
<b>Astrid</b> Programme spécifique DGA opéré par l'ANR	Participation facultative de tout type d'entreprise	Projet de recherche mixte valorisable par des dispositifs financés par la DGA (dont ASTRID Maturation)	Financement partiel du projet par la DGA via l'ANR, des organismes de recherche et des entreprises éventuellement participantes
<b>Astrid Maturation</b> Programme spécifique DGA opéré par l'ANR	Toutes entreprises (avec la participation d'au moins une PME)	Projet de recherche collaborative avec partage des résultats (faisant suite à des recherches financées par la défense dont ASTRID) et dont l'impact est suivi par la DGA	Financement partiel du projet par la DGA via l'ANR, des organismes de recherche et des entreprises participantes

**Tableau 5 : Correspondance Défi sociétal/SNR (P : Principale ; S : Secondaire)**

SNR	Titre	Défi 1	Défi 2	Défi 3	Défi 4	Défi 5	Défi 6	Défi 7	Défi 8	Défi 9
ORIENTATION 1	Suivi intelligent du système terre	P								
ORIENTATION 2	Gestion durable des ressources naturelles	P				S				
ORIENTATION 3	Évaluation et maîtrise du risque climatique et environnemental	P				S	S			
ORIENTATION 4	Éco et biotechnologies pour accompagner la transition écologique	P		S			S			
ORIENTATION 5	Le « laboratoire » littoral	P								
ORIENTATION 6	Gestion dynamique des systèmes énergétiques		P							
ORIENTATION 7	Gouvernance multi-échelles des nouveaux systèmes énergétiques		P							
ORIENTATION 8	Efficacité énergétique		P				S			
ORIENTATION 9	Réduction de la dépendance en matériaux stratégiques		P	S						
ORIENTATION 10	Substituts au carbone fossile pour l'énergie et la chimie		P	S		S				
ORIENTATION 11	Usine numérique			P						
ORIENTATION 12	Usine verte et citoyenne			P						
ORIENTATION 13	Procédés de fabrication flexibles, centrés sur l'homme			P						
ORIENTATION 14	Conception de nouveaux matériaux		S	P						
ORIENTATION 15	Capteurs et instrumentation	S		P						
ORIENTATION 16	Analyse multi-échelle de la diversité et des évolutions du vivant				P	S		S		
ORIENTATION 17	Traitement et collecte des données biologiques				P			S		
ORIENTATION 18	Réseau national de centres d'excellence pour la recherche et le soin				P					
ORIENTATION 19	Alimentation saine et durable					P				
ORIENTATION 20	Approche intégrée des systèmes productifs	S				P				
ORIENTATION 21	De la production aux usages diversifiés de la biomasse		S			P				
ORIENTATION 22	Observatoires de la ville						P			
ORIENTATION 23	Nouvelles conceptions de la mobilité						P			
ORIENTATION 24	Outils et technologies au service de la ville durable						P			
ORIENTATION 25	Intégration et résilience des infrastructures et des réseaux urbains						P			
ORIENTATION 26	5e génération des infrastructures réseaux						S	P		
ORIENTATION 27	Objets connectés							P		
ORIENTATION 28	Exploitation des grandes masses de données							P	S	
ORIENTATION 29	Collaboration homme-machine			S			S	P		
ORIENTATION 30	Étude des cultures et des facteurs d'intégration								P	
ORIENTATION 31	Nouveaux indicateurs de la capacité à innover								P	
ORIENTATION 32	Disponibilité des données et extraction de connaissances							S	P	
ORIENTATION 33	Innovations sociales, éducatives et culturelles							S	P	
ORIENTATION 34	Chaîne de services dans l'observation de la terre	PA ANR non concerné								
ORIENTATION 35	Compétitivité des secteurs des télécommunications et de la navigation	PA ANR non concerné								
ORIENTATION 36	Composants critiques	PA ANR non concerné								
ORIENTATION 37	Technologies pour l'observation et l'exploration de l'univers	PA ANR non concerné								
ORIENTATION 38	Défense et sécurité du territoire	PA ANR non concerné								
ORIENTATION 39	Prévention et anticipation des risques et des menaces									P
ORIENTATION 40	Approche intégrée de la gestion de crise									P
ORIENTATION 41	Résilience des systèmes de sécurité									P



## F. Les défis sociétaux en détail

### Contexte général

Neuf des dix défis sociétaux définis dans le cadre de la Stratégie nationale de recherche (SNR) (voir §G) ainsi qu'un défi supplémentaire, le défi « des autres savoirs » font partie intégrante du plan d'action 2016. Ces défis ont été rédigés de façon collective et concertée en intégrant les 41 orientations prioritaires de recherche de notre pays définies dans le document Stratégie nationale de recherche – France Europe 2020<sup>15</sup>. Il tient compte aussi des contributions des cinq Alliances<sup>16</sup>, du CNRS, des ministères concernés<sup>17</sup> et des comités de pilotage scientifiques de défi (CPSD) qui associent des experts nationaux et internationaux, des industriels et des représentants institutionnels.

Les défis couvrent des recherches à la fois fondamentales, finalisées et appliquées, des recherches cognitives sur des mécanismes fondamentaux et des recherches orientées selon des priorités thématiques à forts enjeux :

- Défi sociétal 1 « Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique »
- Défi sociétal 2 « Energie propre, sûre et efficace »
- Défi sociétal 3 « Stimuler le renouveau industriel »
- Défi sociétal 4 « Vie, santé et bien-être »
- Défi sociétal 5 « Sécurité alimentaire et défi démographique »
- Défi sociétal 6 « Mobilité et systèmes urbains durables »
- Défi sociétal 7 « Société de l'information et de la communication »
- Défi sociétal 8 « Sociétés innovantes, intégrantes et adaptatives »
- Défi sociétal 9 « Liberté et sécurité de l'Europe, de ses citoyens et de ses résidents »

### Multidisciplinarité, transversalités et interfaces

Alliant les aspects fondamentaux et appliqués d'un domaine, pour faire face aux grands enjeux sociétaux, les défis du plan d'action se caractérisent par un caractère multidisciplinaire marqué et nécessitent de mettre à profit, de façon intégrée, plusieurs types d'expertises et de savoir-faire.

Il existe par ailleurs, un certain nombre de sujets de recherche transversaux à plusieurs défis, et qui ont été identifiés en grande partie lors de la cartographie effectuée à partir des pré-propositions soumises à l'appel à projets générique des plans d'action 2014 et 2015. Dans le but de guider les déposants vers le défi le plus adéquat pour leur projet, une liste (non exhaustive) des sujets transversaux possibles a été constituée :

- Les sujets susceptibles d'être traités, selon l'objet d'étude, dans deux ou plusieurs défis sont indiqués dans l'encadré d'en-tête de chaque défi concerné, avec renvoi systématique vers les autres défis concernés (cf. item « Interfaces » du défi).

<sup>15</sup> [http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Strategie\\_Recherche/26/9/strategie\\_nationale\\_recherche\\_397269.pdf](http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Strategie_Recherche/26/9/strategie_nationale_recherche_397269.pdf)

<sup>16</sup> Allenvi (Alliance dans le domaine de la recherche environnementale), Allistene (Alliance des sciences et technologies du numérique), Ancre (Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie), Athena (l'Alliance nationale des humanités, sciences humaines et sciences sociales), Aviesan (Alliance nationale pour les sciences de la vie et de la santé)

<sup>17</sup> Ministère de tutelle : recherche et enseignement supérieur. Ministères également concernés : agriculture, écologie, santé, industrie, défense, affaires étrangères, culture, éducation nationale

- Les sujets devant être traités conjointement par deux ou trois défis sociétaux ont été identifiés et seront regroupés sous forme d'axes conjoints partagés par les défis. Ces thématiques sont les suivantes :
  - Environnement-Santé « One hearth » : axe conjoint aux défis sociétaux 1, 4 et 5
  - Inégalités sociales de santé, prévention, soins primaires, politiques et services de santé (anciennement intitulé Santé Publique) : axe conjoint aux défis sociétaux 4 et 8
  - Dynamique des écosystèmes : axe conjoint aux défis sociétaux 1 et 5
  - La Révolution numérique (rapports aux savoirs et à la culture) : axe conjoint aux défis sociétaux 7 et 8
- D'autres sujets transversaux sont susceptibles d'être traités très largement, selon l'objet d'étude, dans la plupart des défis. Ces derniers sont présentés en détail ci-dessous et sont cités, uniquement pour rappel dans l'encadré d'en-tête de chaque défi (cf. item « Interfaces »).

*Il est conseillé aux déposants de lire les défis concernés dans leur intégralité pour en connaître les contours précis. En fonction du contexte ou de la finalité de leur projet de recherche, et au regard des questions sociétales soulevées dans chacun des défis, il reviendra aux déposants de positionner leur projet dans le défi qui leur correspond le mieux.*

## BIOECONOMIES-BIOTECHNOLOGIES

Selon leurs champs d'études et d'applications, les projets de recherche en biotechnologies relèveront des défis 1, 2, 3, 4 ou 5.

Les projets de biotechnologies pour des applications en santé au sens strict sont à déposer en **Défi 4**.

Les projets de biotechnologies visant la production de carburants avancés relèvent du **Défi 2**.

Les biotechnologies visant la valorisation alimentaire ou non alimentaire des bioressources, ainsi que les projets portant sur la bioéconomie et l'économie circulaire et leurs intégrations dans les territoires relèvent du **Défi 5**.

Les projets visant l'optimisation ou le développement de nouveaux bioprocédés pour des applications industrielles, de produits originaux ou de molécules à forte valeur ajoutée sont à déposer dans le **Défi 3**.

Les projets visant la remédiation des milieux environnementaux ou le développement de capteurs environnementaux sont à déposer dans le **Défi 1**.

## BIOLOGIE

Les recherches fondamentales visant à décrypter des mécanismes généraux du vivant n'affichant pas de visées applicatives sont à déposer en **Défi 4**, et peuvent porter sur l'ensemble des clades ; il en est de même pour les recherches amont sur la mise au point d'outils génériques de recherche transposables à plusieurs utilisations. Les recherches ayant des visées applicatives pour l'homme, y compris à long terme sont également à déposer en **Défi 4**.

Les recherches fondamentales ou à visées applicatives, y compris à long terme, concernant les bioénergies sont à déposer en **Défi 2**, celles concernant les écosystèmes productifs, les productions alimentaires ou non alimentaires sont à déposer en **Défi 5**. Les projets concernant la biodiversité, l'écologie, l'évolution et la dynamique des espèces et des populations (non humaines) sont à déposer en **Défi 1**.

Les projets portant sur le management des situations à risque et la gestion de crises biologiques dans le sens restreint du bioterrorisme (incluant les systèmes de détection spécifiques) sont à déposer dans le **Défi 9**.

Les composantes de la biologie fondamentale, qui ne trouveraient pas explicitement leur place au sein des défis sociétaux mentionnés ci-dessus, sont à déposer avec une argumentation adaptée dans le **Défi « des autres savoirs »**.

## CAPTEURS

Les capteurs concernent plusieurs défis (**Défi 1, Défi 2, Défi 3, Défi 4, Défi 5, Défi 7** ou **Défi 9**) mais de manière différente et pour certains sur des aspects spécifiques. Il est recommandé de revoir ces points dans l'entête de chacun des défis concernés. Les projets « capteurs » dédiés à **un domaine d'application particulier** (environnement/climat, énergie, santé, alimentaire, industrie, sécurité globale...), dès la preuve de concept, doivent être soumis dans le défi correspondant.

Par exemple, la conception de capteurs de gaz et leur développement relèvent soit du **Défi 1** (métrologie environnementale), soit du **Défi 9** (agents de la menace chimique, ou explosifs). Par contre, le **Défi 2** n'accueille pas les projets capteurs de gaz.

Le **Défi 3** accueillera les projets concernant la conception et développement de capteurs pour l'usine et les produits du futur et plus généralement le contrôle en ligne (pilotage) et l'acquisition de données (machines instrumentées). De plus, les projets qui adressent les performances (sensibilité, sélectivité,...) des capteurs physiques, chimiques et biologiques à l'échelle nanométrique pour l'usine et les produits du futur et plus généralement la métrologie industrielle seront soumis au **Défi 3**, hors agents NRBC-E14, traités dans le **Défi 9** et applications environnementales traitées en **Défi 1**.

Les projets soumis dans le **Défi 7** concerneront la conception-fabrication de capteurs en tant qu'objets communicants, intelligents et/ou autonomes. La création d'une infrastructure de capteurs en réseau relève également du **Défi 7** (voir cependant la répartition par axe de ces thèmes dans le défi 7).

## DONNEES MASSIVES (BIG DATA)

Les données se trouvent désormais au centre des efforts de recherche à travers de toutes les disciplines et les défis scientifiques. Les projets de recherche portant sur les données massives (Big Data), la simulation, la modélisation et le calcul intensif sont susceptibles d'être déposés dans tous les défis. Les pré-propositions qui s'attachent à l'expérimentation ou la modélisation de phénomènes doivent être soumises dans les défis sociétaux correspondant au domaine d'application concerné (systèmes urbains, climat /environnement, énergie, industrie, santé, alimentaire, sécurité globale...).

Les pré-propositions impliquant des équipes interdisciplinaires ayant recours au traitement de données massives et/ou au calcul intensif relèvent du **Défi 7** (Axe 6 « Simulation numérique : du calcul intensif aux données massives »)

Les pré-propositions qui visent la collecte et l'analyse des données massives, l'extraction des connaissances pour comprendre et prévoir, l'aide à la décision relèvent également du **Défi 7** (Axe 5 « Connaissances : des données aux Big Data »).

Les pré-propositions qui s'intéressent aux enjeux épistémologiques ou cognitifs de l'utilisation des données massives relèvent de l'axe conjoint entre les **Défis 7 et 8**.

## ROBOTIQUE

Les projets de robotique industrielle, qu'ils concernent une brique technologique ou une solution complète, et quel que soit le type de recherche (recherche fondamentale, recherche industrielle, développement expérimental), doivent être déposés dans le **Défi 3** (axe 2 : Usine du futur).

Les projets de recherche portant sur la robotique dans le cadre des sciences du numérique, notamment la robotique cognitive, la commande, les interactions robots-robots et hommes-robots, relèvent du **Défi 7** (axe 4 : Interactions, Robotique, Contenus).

Les projets de robotique dédiés à d'autres domaines d'application particuliers, lorsque les bases scientifiques et technologiques de la solution robotique ne sont pas l'objet prioritaire de la recherche, doivent être soumis dans le défi correspondant, à savoir pour le climat et l'environnement, la santé, l'agriculture, les transports, ou la sécurité globale : le **Défi 1**, **Défi 4**, **Défi 5**, **Défi 6** ou **Défi 9** respectivement.

## DEFI 1 - Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique : vers une compréhension du changement global

### COLLABORATIONS EUROPEENNES ET INTERNATIONALES

L'objet de ce défi axé sur le climat et l'environnement nécessite une forte dynamique Européenne et internationale. Elle s'effectue dans le **cadre stratégique de la programmation conjointe Européenne** (JPIs Climate, Oceans, Water, FACCE/Agriculture, Urban Europe) **et internationale** (Belmont Forum, associant pays post-industrialisés et pays émergents) en lien avec les Groupes Miroirs mis en place par le MENESR, associant ministères, alliances et agences concernés. Sa mise en œuvre s'appuie sur 3 instruments complémentaires : i) les projets multilatéraux impliquant au moins 3 pays (appel spécifique **JPIs ou Belmont Forum**) ; ii) les projets multilatéraux impliquant un co-financement de la Commission Européenne (appel spécifique **ERA-NET**) ; iii) l'alignement international de projets nationaux via la mise en réseau sur des thématiques ciblées (appel générique **TAP/Thematic Annual Programming**).

Cette dynamique multilatérale est complétée par des **projets bilatéraux focalisés sur les pays hors de la programmation conjointe précédente** (appel générique **PRCI**).

Les thématiques 2016/2017 priorisées pour un support à l'international sont **contextualisés ci-après** et listées en complément dans les tableaux 1 et 2 (§E) du PA 2017. Ces listes étant susceptibles d'évoluer, les déposants qui souhaiteraient mener leurs projets à une échelle européenne ou internationale sont invités à consulter régulièrement le site de l'ANR pour en savoir plus sur ces partenariats et ces appels : <http://www.agence-nationale-recherche.fr>.

### INTERFACES

Ce défi couvre des sujets de recherche transversaux à d'autres défis. Il est indiqué ci-dessous dans quel(s) autre(s) défi(s) ces sujets sont traités afin d'orienter les proposant vers le défi le plus adéquat pour leur projet. Il est fortement recommandé de lire le(s) défi(s) dans son (leur) intégralité pour en connaître les contours précis.

Pour ces sujets transversaux qui concernent largement plusieurs défis (y compris le **Défi 1**), le lecteur est invité à se reporter au paragraphe « **Multidisciplinarité, transversalités et interfaces** » (en pages 39 à 42) dans lequel sont traités les domaines suivants : **Données massives (Big Data), Robotique, Capteurs, Biologie, Bioéconomie-Biotechnologies**.

Les autres interfaces du Défi 1 concernent les thématiques suivantes :

**Territoires urbains:** les territoires urbains et l'écologie urbaine, essentiels aux problématiques de changements globaux, sont regroupés dans le **défi 6** d'une manière générale, dès lors que le projet s'intéresse principalement à la dimension spécifiquement urbaine d'une problématique (adaptation aux changements climatiques, agriculture en ville...). S'il n'y a pas de dimension spécifiquement urbaine, le projet doit être rattaché au défi qui traite de l'autre enjeu.

**Aléas telluriques :** Les processus géophysiques et géodynamiques fondamentaux précurseurs des aléas telluriques relèvent du **DefAS**.

**Ressources minérales, matériaux :** la production de connaissances sur les gisements de ressources minérales primaires relève du **défi 1** ; les projets portant sur les méthodes et technologies pour extraire, séparer, traiter, recycler les matériaux utilisés par les technologies de l'énergie doivent s'inscrire dans le **défi 3** ; en revanche, toutes les recherches concernant l'utilisation de matières premières minérales pour des applications dans le domaine de l'énergie relèvent du **défi 2**.

**Socio-systèmes, migrations** : les aspects sociopolitiques et juridiques des migrations environnementales relèvent du **défi 8**, de même pour les catastrophes comme révélateurs des fractures sociales. Le débat sur la place des migrations climatiques ou environnementales dans l'ensemble des migrations en général relève de l'axe 2 du **défi 8**.

**Paléo-environnements** : les projets offrant peu d'analogues avec l'ère Anthropocène relèvent du **DefAS**.

**Ecosystèmes et gestion durable** : *Voir Axe 2 conjoint avec le défi 5.*

**Santé-Environnement** : *Voir Axe 3 conjoint avec les défis 4 et 5.*

#### COFINANCEMENTS POTENTIELS<sup>18</sup> DES PROJETS DE CE DEFI

Dans le cadre du sous-axe « Gestion durable et résilience des territoires à fort enjeu environnemental (notamment le littoral) » de l'axe 6 de ce défi, certains projets pourront être cofinancés par le biais du MEEM (Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer), s'ils sont également pertinents dans le cadre du programme GICC (Gestion et Impacts du Changement Climatique).

## Introduction

Dans un contexte marqué par l'augmentation de la population mondiale et le renouvellement accéléré des besoins en termes d'énergie, de matières premières, de produits et de services, les **changements environnementaux** prennent une acuité renforcée, **du niveau du paysage à celui de la planète** (climat, érosion de la biodiversité, dégradation des sols, pollution de l'air et des eaux douces et marines, etc.). Cette nouvelle ère, dite Anthropocène, impose la nécessité d'une **gestion intégrée** des **environnements** et des trajectoires de **développement** des sociétés humaines dans leurs diversités. Cette perspective de gestion intégrée nécessite, en amont, la compréhension des processus et mécanismes inhérents à ces systèmes complexes.

Le défi 1 nécessite à la fois de développer des **connaissances fondamentales** sur les **processus** à l'origine des **changements** et d'appréhender leurs **conséquences** locales ou régionales sur les **ressources** et les **écosystèmes**, les **sociétés** et les activités humaines, notamment celles qui reposent sur les **services écosystémiques** (cf. [Millennium Ecosystem Assessment](#)). Ce défi concerne aussi les **innovations sociales, politiques et technologiques** pour **éviter** ou **réduire** les impacts, **compenser** ou **réhabiliter** les milieux, et **s'adapter** aux nouvelles contraintes et opportunités. Il contribue aux grandes initiatives internationales du domaine ([GEO](#), [Future Earth](#), [GFCS](#), [IPCC](#), [IPBES](#), [SDG...](#)) et est soutenu par des appels internationaux du [Belmont Forum](#).

**Le défi 1 s'inscrit résolument dans le contexte de l'accord de Paris conclu fin 2015 dans le cadre de la COP21, premier accord universel sur le climat.** Le constat des menaces qui pèsent sur le bien-être humain, et le besoin d'élaborer les modalités d'application de l'accord de Paris posent des questions de recherche nouvelles qui s'adressent à l'ensemble des axes du défi 1, par exemple :

- i) Préciser la sensibilité climatique du système terre, y compris dans sa dimension biologique, aux variations du forçage radiatif et les impacts régionaux du réchauffement pour un plus vaste éventail de scénarios.
- ii) Développer des méthodes de surveillance des émissions.
- iii) Approfondir les potentialités de séquestration pertinente du carbone dans les sols (en lien avec l'initiative « 4 pour 1000 »).

<sup>18</sup> On entend par cofinancement le fait que l'aide attribuée à un projet provienne pour partie de l'ANR, et pour partie d'un ou plusieurs partenaires co-financeurs de l'Agence.

- iv) Apprendre à agréger des INDC hétérogènes (Intended Nationally Determined Contributions) et à en évaluer les conséquences socio-économiques.
- v) Evaluer les risques associés aux techniques de géo-ingénierie.
- vi) Développer des approches innovantes pour une mise en œuvre effective et efficiente des politiques publiques.
- vii) Proposer de nouveaux modes de gouvernance, et de nouvelles analyses en termes de justice, d'éthique et de responsabilité.

Ainsi, dans le contexte de la construction de l'Espace européen de la recherche (**EER**) et de sa place internationale, ce défi vise à encourager la **coordination française de projets européens** en utilisant l'**instrument de financement MRSEI** (« Montage de réseaux scientifiques européens ou internationaux ») décrit au §C.7, pour cibler :

- Les appels **Horizon 2020**, en particulier les thématiques du [Societal Challenge 5](#) « *Climate action, environment, resource efficiency and raw materials* » et ceux du Conseil européen de la recherche (ERC).
- Les appels des **Initiatives de Programmation Conjointe** ([JPI Climate](#), [JPI Oceans](#), [JPI Water](#), [JPI FACCE](#)) et des ERA-NET associés (e.g. [BiodivERsA](#)) : les déposants sont invités à consulter le détail et l'actualité des appels auxquels participe l'ANR sur le site web de l'Agence.

De **nombreuses disciplines scientifiques sont sollicitées** : les sciences humaines et sociales, de l'écologie et de l'environnement, de la vie et de la terre, de l'ingénieur, les mathématiques, mais également les sciences de l'information et de la communication pour les nombreux enjeux numériques, et des disciplines du domaine de la santé. Vue la **complexité des systèmes**, une forte variété de projets à caractère **pluri-disciplinaires**, est attendue selon les thèmes, allant de la recherche **académique** à des partenariats avec les acteurs du secteur **privé, public** et de la **société civile**.

Le défi 1 du PA 2017 de l'ANR s'organise en **6 axes** et **21 thèmes**, allant de la recherche fondamentale à des applications multiples, contribuant directement au programme d'action **Système Terre** (Observation, prévision, adaptation) et aux **5 orientations de la SNR** suivantes :

- Orientation n°1 : Suivi intelligent du système terre,
- Orientation n°2 : Gestion durable des ressources naturelles,
- Orientation n°3 : Évaluation et maîtrise du risque climatique et environnemental,
- Orientation n°4 : Éco et biotechnologies pour accompagner la transition écologique,
- Orientation n°5 : Le «laboratoire» littoral.

et secondairement à l'orientation n° 15 (Capteurs et instrumentation) ou l'orientation n° 20 (Approche intégrée des systèmes productifs).

De plus, les approches transverses permettent d'aborder les 5 enjeux SNR à traiter avec une urgence particulière : i) l'explosion du volume de données numériques et leur valorisation, ii) le rôle premier de la science et de l'innovation dans l'analyse et la gestion du risque climatique, iii) la révolution de notre compréhension du vivant, iv) la nécessité de développer une offre de soins innovante et efficace, v) l'importance de la connaissance des cultures et de l'homme.

**Priorité 2016-2017 LITTORAL :** En cohérence avec les orientations de la SNR, une attention particulière sera accordée aux projets concernant le littoral dans l'ensemble du défi.

Le littoral fournit un laboratoire naturel où se concentrent de nombreux risques d'origine naturelle ou anthropique, avec des enjeux liés aux ressources du sous-sol, aux ressources primaires biologiques, à l'énergie et au transport, au développement de l'urbanisme, à l'aménagement du territoire et au tourisme, à la préservation du patrimoine naturel et culturel. La France est le 2<sup>e</sup> pays au monde en rang de grand littoral, y incluant l'Outre-mer. Au niveau mondial 1,4 milliards d'habitants sont exposés sur les côtes. Cette thématique doit aussi mobiliser des communautés très "loin" en terre et en mer du fait des dynamiques environnementales, sociétales, économiques,...

## **Axe1 : Connaissances fondamentales en relation avec le défi (milieux et biodiversité)**

En cohérence avec les orientations SNR pour le Défi 1, la gestion sobre des ressources impose de comprendre les mécanismes qui régissent la formation, le fonctionnement et l'évolution des milieux et de leur biodiversité, pour mieux appréhender les impacts de leurs exploitations et des changements globaux, dont en priorité le changement climatique.

### **Fonctionnement et évolution du climat, des océans et des grands cycles**

Le domaine du climat touche l'ensemble des compartiments du système Terre : l'atmosphère, les océans, la cryosphère, et les surfaces continentales qui sont en interactions étroites avec la biosphère et les sociétés humaines. Les enjeux sont de mieux comprendre et représenter les processus et mieux caractériser et réduire si possible les biais et incertitudes des modèles (gaz-aérosols- nuages, circulations océaniques, biogéochimie marine, pilotes des flux et mécanismes dissipatifs, phénomènes non linéaires ou chaotiques, emboîtements d'échelles et d'espaces, télé-connexions, interfaces entre les milieux, grands cycles de l'eau, du carbone, de l'azote, du phosphore ...). Il s'agit aussi de comprendre les mécanismes sous-jacents de la sensibilité climatique, en particulier pour identifier les points de rupture. Il est en effet important de mieux connaître l'incertitude sur la sensibilité du système naturel et de viser à la réduire en s'appuyant sur les données d'observation. Il s'agit enfin de quantifier les impacts régionaux du changement climatique pour un large éventail d'augmentation de la température moyenne globale (de 1.5°C à 4°C à l'horizon 2100). D'autre part le comportement du système en phase d'émission négative de gaz à effet de serre demande aussi à être étudié.

Des études sur les processus responsables des transferts d'énergie, de matières, de polluants, au sein des domaines côtiers et littoraux et à leurs interfaces avec l'océan hauturier, le continent et l'atmosphère sont encouragées afin de débloquent les verrous qui freinent la capacité à modéliser ces domaines au sein du continuum Terre-Mer et leurs réponses (y compris futures) aux pressions anthropiques.

Le réchauffement climatique, chaotique et marqué d'événements extrêmes, conduit à s'interroger sur la variabilité naturelle et sur la séparation des signaux naturels et anthropiques (induits par les rejets de gaz et matières). Des études sont encouragées sur i) sur les derniers millénaires par l'utilisation des proxies et des chroniques historiques ou ii) sur des périodes anciennes pour lesquelles des analogues de transition rapide permettent d'éclairer l'interprétation des variabilités, des événements extrêmes et des tendances sur le siècle actuel. Tirer parti de grandes ré-analyses mondiales du système Terre sur les dernières décennies voire siècles est encouragé pour une meilleure compréhension des modes de variabilités régionales et des extrêmes associés et de leur prévisibilité.



Les échelles saisonnières à décennale, charnières entre prévisions saisonnières et projections climatiques sur le siècle, s'avèrent indispensables à la prise de décision sur l'adaptation. Parallèlement, les travaux sur la descente d'échelle spatiale en lien avec les projections climatiques sont attendus pour permettre de mieux prendre en compte l'hétérogénéité des états de surface et de l'occupation des terres dans l'établissement de propositions d'adaptation. Des études sont aussi encouragées sur les méthodes de détection/attribution du changement climatique et notamment l'occurrence des événements extrêmes passés, actuels et futurs; L'examen des effets des forçages anthropiques différenciés (gaz à effet de serre, aérosols, usage des sols...) reste également un défi à relever.

**Alignement international :**

- Séquestration du carbone dans les sols (TAP-SOIL)

**Appels spécifiques internationaux :**

- Closing the water cycle gap (JPI WATER/WATERWORKS 2017)

**Caractérisation, dynamiques et fonctionnements de la zone critique et de la biosphère associée**

La zone critique, zone la plus superficielle des continents, s'étend de la basse atmosphère aux aquifères et comprend un ensemble d'écosystèmes interdépendants qui concentrent des ressources critiques telles que l'air, la biosphère visible et invisible, le sol, l'eau de surface et souterraine. Elle assure de multiples fonctions de ces écosystèmes : transferts de matières biotiques et abiotiques, cycles biogéochimiques (C, N, P...),... et de nombreux services : régulation du climat (dont gaz à effets de serre et séquestration du carbone), approvisionnement (aliments, fibres, bois,...), et préservation et renouvellement des ressources (eau, fertilité et protection des sols, biodiversité liée au sol et à l'eau,...).

S'en dégagent des questionnements sur (i) les interactions/rétroactions biotiques et abiotiques entre sol, eau, atmosphère, végétation et autres organismes vivants, (ii) le couplage des cycles biogéochimiques des éléments majeurs, mineurs, traces et contaminants, et (iii) les transferts d'énergie et de matières (transports solides, en suspension, ou en solution...). Se posent également les questions de formation et/ou de l'évolution des composantes de la zone critique (biodiversité, sols, aquifères, versants,...), et du rôle des interfaces (écotones, zones hyporhéiques, zones humides, zones littorales,...).

Un effort particulier doit être déployé sur les questions du transfert d'échelles spatiales (connectivités, propriétés émergentes,...) et temporelles (constantes de temps, scénarisations, ...). A cet égard, le développement de nouvelles démarches, méthodes et technologies est encouragée pour mieux identifier et prendre en compte la variabilité des propriétés et des fonctionnements des différentes composantes de la zone critique.

Dans le domaine des sols, des recherches sont nécessaires pour identifier l'importance fonctionnelle et taxonomique (ou phylogénétique) de la biodiversité des organismes du sol, ainsi que pour caractériser et modéliser leur fonctionnement et leur rôle dans la fourniture de services écosystémiques et dans la restauration des écosystèmes.

Comprendre l'état et la dynamique des hydro- et écosystèmes aquatiques continentaux doit contribuer à réduire des aléas (crues, étiages, sécheresse ...) et risques (pertes du bon état physique, chimique, et/ou écologique).

En cernant mieux les temps de réponses et les résiliences de ses composantes face à des perturbations, l'enjeu est d'identifier, quantifier, analyser et modéliser la réponse de la zone critique aux pressions multiples des changements globaux, qu'ils soient liés au climat, aux changements d'utilisation des terres et/ou autres activités humaines, par une approche systémique et interdisciplinaire, en s'appuyant notamment sur des dispositifs d'observation et d'expérimentation long terme.

**Alignement international :**

- Séquestration du carbone dans les sols (TAP-SOIL)

**Appels spécifiques internationaux :**

- Closing the water cycle gap (JPI WATER/WATERWORKS 2017)

**Exploration de la biodiversité et analyse de l'écologie, de l'évolution et de la dynamique des espèces, des populations et des communautés**

La France a aujourd'hui l'ambition de renouveler la vision de la biodiversité et les principes d'action qui doivent permettre sa protection, sa restauration éventuelle, et son utilisation durable. Or, malgré des siècles de découvertes, la biodiversité planétaire reste encore largement méconnue, en dépit des enjeux de tous ordres (scientifiques, économiques, de santé publique, de bien-être, ...) qui sont associés à sa connaissance et à la compréhension des processus et mécanismes qui régissent son fonctionnement, intrinsèquement complexe aux différents niveaux d'organisation (gènes, individus, populations, communautés, écosystèmes) et en constante évolution. Il est donc essentiel que puisse s'intensifier l'exploration des branches méconnues de la biodiversité, notamment celle vivant à l'état sauvage dans des milieux peu ou pas anthropisés (à toutes les échelles des gènes aux écosystèmes), et l'analyse des mécanismes qui expliquent l'origine, le maintien, et l'évolution de la diversité biologique dans toutes ses dimensions, y compris génétique, phénotypique et fonctionnelle, à l'aide du puissant canevas conceptuel que fournissent la biologie évolutive et l'écologie scientifique. La recherche fondamentale sur la biodiversité doit jouer un rôle pivot sans lequel les recherches techniques et technologiques, y compris celles sur les ressources génétiques (pharmacologie, gènes d'amélioration, ...), seront incapables de répondre aux enjeux des défis sociétaux de manière efficace et pérenne.

Les recherches attendues incluent le développement de connaissances sur la diversité biologique, la systématique, l'histoire évolutive des organismes, tout particulièrement dans les régions géographiques et systèmes écologiques riches en biodiversité, et les mécanismes, ainsi que les interactions entre les dynamiques écologiques et évolutives qui sous-tendent les processus de divergence et de convergence des génomes, des espèces, et des populations.

Les recherches attendues portent également sur la dynamique des espèces, des populations et des cortèges d'espèces dans leur écosystème (émergence, extinction, colonisation, invasion, capacité adaptative rapide ou plus lente, plasticité, etc.), et sur l'évolution des comportements (sociaux, individuels, stratégies reproductives...) en interaction avec le milieu (qui influencent le milieu ou qui sont influencés par le milieu). Une attention particulière sera portée aux recherches qui aboutiront directement ou indirectement à une meilleure compréhension de la vulnérabilité et des réponses des organismes aux différentes pressions du changement global, notamment celles qui proposent :

- de s'appuyer sur les suivis à long terme de populations ou d'espèces en relation avec le milieu,
- d'analyser la capacité de réponses des organismes aux changements de leur environnement à l'échelle infra-spécifique,
- d'aborder la dynamique à long terme des peuplements, des populations, ou des espèces en incluant les périodes anciennes lorsqu'elles peuvent servir de modèle pour comprendre les changements actuels de l'environnement,
- de connaître la capacité d'adaptation ou d'évolution d'un système écologique en fonction de la diversité taxonomique et phylogénétique.

**Connaissance des ressources minérales (sous-sol et formations superficielles)**

Les ressources minérales sont essentielles pour l'activité industrielle et le développement des nouvelles technologies, particulièrement celles du transport et des énergies renouvelables (les ressources énergétiques relèvent du défi 2). Même optimisé, le recyclage ne suffira pas à couvrir les besoins croissants. Or trouver de nouvelles ressources, par exemple pour les métaux critiques (Ge, REE, Li, ...), et les exploiter en respectant le milieu

naturel est de plus en plus difficile. Une approche renouvelée des gisements potentiels terrestres ou marins dans leur contexte géologique et environnemental est nécessaire, notamment pour répondre aux besoins de nouvelles filières.

Le développement de nouvelles démarches, méthodes et technologies est indispensable pour progresser dans notre compréhension des processus régissant la genèse des gisements et des minéralisations, leur dynamique spatiale et temporelle depuis le transfert de fluides minéralisateurs complexes jusqu'aux structures favorables à des accumulations, et leurs déformations successives. Ces voies sont incontournables pour localiser ces ressources, évaluer leur potentiel et identifier précocement d'éventuels obstacles à leur exploitation et/ou les impacts sur les milieux naturels, les écosystèmes et la biodiversité (voir axe 4).

**Appels spécifiques internationaux :**

- Mineral primary resources: exploration and extraction (ERAMIN-2)

**Axe 2 : Dynamiques des écosystèmes et de leurs composants en vue de leur gestion durable (Axe conjoint avec le défi 5)**

Il s'agit de mieux comprendre comment les changements globaux, notamment climatiques, vont interagir avec le devenir des écosystèmes continentaux et marins sur l'ensemble du continuum allant des systèmes naturels ou peu anthropisés aux écosystèmes d'intérêt agronomique, forestier, halieutique et aquacole et d'élaborer des stratégies de gestion et d'adaptation dans des situations économiques, sociales et culturelles différenciées. Les enjeux concernent ainsi le développement durable et la gestion des milieux et des ressources, l'impact des modes de gestion sur l'environnement et les services écologiques, la complémentarité entre les écosystèmes productifs et naturels pour l'ensemble des services écosystémiques (approvisionnement en ressources, régulation de l'environnement, biens communs...). Cette thématique transverse est en cohérence avec la SNR (orientations 2, 3, 20 et programme Système Terre/Action 2),

**Appels spécifiques internationaux :**

- Sustainable and multifunctional forestry (SUMFOREST)

**Fonctionnement, adaptation et gestion durable des écosystèmes**

Les recherches attendues visent à mieux connaître le fonctionnement, l'évolution et la capacité de résilience et d'adaptation des écosystèmes – continentaux et marins – en fonction des interactions entre espèces et entre niveaux trophiques, de leur biodiversité fonctionnelle, et de leur contribution aux grands cycles (C, N, P, eau). Il s'agit également de comprendre les interactions, les continuités et les interfaces entre ces différents types d'écosystèmes.

Ces recherches permettront d'appréhender l'évolution des écosystèmes, leur adaptation, leur résilience, et leur capacité à délivrer une multiplicité de services écosystémiques. Elles permettront de faciliter la transition écologique et agro-écologique par l'aide à la conception ou la re-conception de systèmes productifs reposant sur une meilleure connaissance des interactions biotiques et de l'écologie fonctionnelle, afin d'améliorer leur durabilité. Les objectifs poursuivis sont une meilleure résilience et une meilleure utilisation des ressources renouvelables, avec des impacts attendus à différents niveaux : une amélioration de la qualité environnementale (eau, sols, air), une mobilisation de la biodiversité, y compris les ressources génétiques, préservant sa dynamique évolutive, une gestion intégrée des systèmes productifs dans les paysages, les territoires, les zones côtières et hauturières.

Sont concernées la gestion des ressources et le maintien des services des écosystèmes continentaux et marins ainsi que la transition de l'agriculture, l'élevage, la forêt, la pêche et l'aquaculture vers des systèmes productifs intégrés et durables : plan agro-écologie, Ecophyto, gestion durable des forêts, approche écosystémique des pêches, aquaculture durable... Les recherches viseront notamment à mieux comprendre :

- les dynamiques d'adaptation des écosystèmes face aux changements climatiques (extrêmes, saisonnalités amplifiées...) et environnementaux ; le rôle fonctionnel de la biodiversité ; sa contribution à la stabilité, la résistance et la résilience des écosystèmes et des services écosystémiques associés ;
- les interactions et les interfaces entre les systèmes productifs et les systèmes faiblement anthropisés ; les interactions positives entre espèces en vue d'en tirer bénéfice au sein des écosystèmes productifs ; les interactions entre services écosystémiques ;
- les rétroactions entre les changements de biodiversité et de fonctionnement des écosystèmes et les modifications des climats locaux, régionaux et mondiaux ;
- les réponses des systèmes vivants aux forçages multiples simultanés et/ou successifs afin de construire des scénarios réalistes d'évolution et de gestion durables des écosystèmes ;
- les impacts des agroécosystèmes et des diverses pratiques agricoles, aquacoles, de pêche sur les changements environnementaux ;
- l'altération des écosystèmes marins ou aquatiques ayant des enjeux de ressources halieutiques.

Les recherches porteront également sur les stratégies d'adaptation nécessaires permettant :

- la maîtrise des impacts des activités de production sur les ressources et les milieux, en particulier sur la ressource en eau et sur les milieux aquatiques ;
- la gestion durable des écosystèmes productifs à différents niveaux spatiaux – de la parcelle au paysage ou au bassin versant : gestion et conservation des sols et de leurs services intégrant notamment le rôle fonctionnel de la matière organique, gestion intégrée des cycles du carbone, de l'azote, du phosphore et de l'eau, gestion intégrée et durable de la santé végétale et animale ;
- l'intégration de systèmes productifs, d'aménagements, d'infrastructures écologiques et d'espaces protégés pour améliorer la durabilité et les performances.
- la séquestration du carbone dans les sols, qui est un objectif prioritaire en lien avec l'initiative « 4 pour mille », portée par la France à l'échelle internationale.

#### **Alignement international :**

- Séquestration du carbone dans les sols (TAP-SOIL)

#### **Trajectoires d'évolution des écosystèmes : stratégies et politiques d'accompagnement des transitions**

La transition des écosystèmes productifs, par des approches agro-écologiques, vers plus de durabilité, suppose d'identifier des trajectoires innovantes et de mettre en place un cadre favorisant l'évolution par des actions, des stratégies et des politiques. Les recherches attendues portent notamment sur le développement et l'utilisation de scénarios<sup>19</sup> pour permettre in fine d'informer la société et les décideurs en vue d'une meilleure orientation de la gestion et des politiques publiques. Les recherches doivent aussi stimuler le processus d'innovation pour la gestion des écosystèmes, des territoires et des filières. Accompagner la transition vers des trajectoires plus durables suppose de :

- développer des modèles intégrés couplant dimensions socio-économiques, biotechniques et écologiques permettant de construire des scénarios pour préfigurer l'évolution et de l'adaptation des écosystèmes en réponse aux changements globaux ;
- identifier les verrous et les leviers d'action facilitant la transition agro-écologique, à l'échelle des territoires comme à celle des filières ;
- comprendre les déterminants des comportements des acteurs face aux évolutions

<sup>19</sup> Les travaux de l'IPBES sur les scénarios pour la biodiversité, tout comme ceux du GIEC, pourront être une inspiration utile pour l'élaboration des projets.

en prenant en compte simultanément les dimensions biotechniques et socio-économiques;

- co-concevoir, avec les acteurs, des pratiques et systèmes productifs intégrés et durables ; analyser les processus d'apprentissage des acteurs eux-mêmes innovateurs et concevoir de nouvelles trajectoires d'innovation ;
- élaborer et évaluer des politiques publiques pour l'accompagnement des transitions ; ces évaluations concernent tant la performance environnementale que l'évaluation économique et celle des impacts sociaux ainsi que le champ de l'évaluation en sciences politiques. Les politiques publiques étudiées pourront inclure aussi la protection de la biodiversité, combinant des outils réglementaires classiques et des outils incitatifs, ou la gestion intégrée des risques sanitaires par des stratégies de biosurveillance, de biovigilance et de biocontrôle.

### Axe 3. Environnement-Santé- « One Health » (axe conjoint des Défis 1, 4, 5)

*Cet axe est commun aux défis 1, 4 et 5 ; les projets qui y seront soumis seront évalués conjointement. Il concerne les domaines à l'interface entre ces défis, ou des approches particulièrement transdisciplinaires.*

Le concept « Une seule santé » (« One Health ») postule que les dynamiques épidémiologiques et les jeux d'acteurs qui conditionnent la santé des populations animales et humaines sont à étudier dans leurs contextes microbien, écologique, socio-économique et politique, à l'interface de la santé humaine, de la santé animale et de la santé des écosystèmes. Les approches « One Health » constituent un cadre de travail fonctionnel pour aborder de façon intégrée et interdisciplinaire : 1) les effets des facteurs environnementaux sur les espèces vivantes et sur la santé humaine, 2) la place de l'environnement parmi les différents déterminants de santé, 3) l'impact de multiples déterminants sur les maladies, la santé et les systèmes de santé. Elles sont soutenues par la notion d'exposome et impliquent une analyse cohérente des risques émergents.

L'étude des effets des facteurs environnementaux sur les espèces vivantes ou sur la santé humaine et de la place de l'environnement parmi les différents déterminants de santé, concerne les impacts des contaminants (physiques, chimiques et biologiques) en prenant en compte les différents milieux et les différentes expositions. Elle concerne aussi les interactions entre environnement, santé animale et santé humaine et le rôle de l'environnement dans la dynamique des pathogènes et des maladies émergentes et réémergentes (écologie de la santé).

Il s'agit à la fois de mieux comprendre les phénomènes, les mécanismes, d'évaluer les risques, de proposer des méthodes de surveillance, de lutte et des politiques adaptées. Des coopérations sont donc attendues entre les différentes disciplines des sciences biologiques et médicales, de l'environnement et de l'écologie, physique, chimique, des mathématiques et de la modélisation, des sciences humaines et sociales....

Trois sous-axes seront considérés :

#### **Toxicologie environnementale.**

En toxicologie environnementale, les approches encouragées sont celles des voies ou réseaux de toxicité, de biologie systémique, d'épigénétique et celles qui ciblent des phases vulnérables du cycle de vie des individus, les effets transgénérationnels, les effets des mélanges notamment à faibles doses, ou les traits d'histoire de vie clés pour la dynamique des populations dans l'environnement. Un accent particulier sera porté sur les contaminants émergents et les perturbateurs endocriniens.

## Contaminants, écosystèmes et santé.<sup>20</sup>

Ce sous-axe s'intéresse à l'étude du transfert et de la toxicité des contaminants, de leurs métabolites et produits de transformation, sur les écosystèmes et la santé des populations humaines et sur la relation travail santé.

Des approches multidisciplinaires sont attendues pour : 1) étudier la notion d'exposome, les interactions entre différents contaminants et leurs effets cumulatifs éventuels ; 2) modéliser les transferts de contaminants dans les différents milieux et les réseaux trophiques, leurs remontées dans les chaînes alimentaires animales et humaines, et leurs impacts sur les écosystèmes et leurs composantes ; 3) caractériser les risques émergents et établir des systèmes adéquats de surveillance, et analyser les conditions sociales d'évaluation de ces risques, de débats et de prise de décision; 4) améliorer les capacités prédictives grâce à des approches systémiques ; 5) analyser les relations entre changements environnementaux et maladies chroniques non transmissibles et/ou allergiques ; 6) comprendre les facteurs environnementaux, économiques et sociaux qui déterminent ou modulent les expositions et les vulnérabilités des populations humaines, la mobilisation des acteurs sociaux ; 7) développer des approches de remédiation.

## Environnement, pathogènes et maladies infectieuses émergentes ou ré-émergentes

Ce sous-axe s'intéresse à la diffusion des pathogènes et aux mécanismes d'émergence des maladies infectieuses (humaines, végétales ou animales, y compris zoonoses) qui peuvent être conditionnés par des facteurs environnementaux (climat, biodiversité, utilisation des sols et des ressources...) en synergie avec des facteurs anthropiques (agriculture, élevage, industrie, urbanisation, mobilité, évolutions démographiques, pratiques sociales, globalisation...). Il concerne aussi les résistances aux antibiotiques, antiparasitaires, antifongiques, insecticides, biocides. Sont concernés les différents pathogènes (parasites, champignons, algues, bactéries, virus, agents pathogènes non conventionnels) et leurs produits.

L'objectif est de soutenir les recherches multidisciplinaires prenant en compte les dimensions sociales et environnementales de ces maladies dans une optique de préparation au risque épidémique, voire pandémique, mais aussi de prévention et d'anticipation, et de lutter contre les résistances aux antibiotiques et plus largement aux biocides. Une attention particulière sera portée aux maladies tropicales infectieuses négligées au sens de l'OMS.

Des approches pluridisciplinaires et intégratives sont attendues sur :

- 1) les agents pathogènes, leurs niches écologiques (réservoirs et arthropodes vecteurs), des conditions de leur persistance et de leur développement, de leur dynamique spatio-temporelle de transmission, du devenir des agents pathogènes dans les écosystèmes;
- 2) l'évaluation du risque de transfert inter-espèces d'agents pathogènes;
- 3) l'étude de la relation entre pathogènes, hôtes et mécanismes d'interactions entre les différents facteurs déterminants, favorisant la virulence et la dissémination des agents pathogènes;
- 4) la modélisation des paramètres d'émergence, de diffusion, d'exposition ou d'élimination (y compris à travers des analyses rétrospectives et des scénarii d'écologie prédictive). La constitution de bases de données, géographiques, environnementales et climatiques, biologiques, sociales, économiques, démographiques, épidémiologiques, cliniques et de santé, pouvant contribuer à la définition d'indicateurs pour une approche prédictive de l'évolution des épidémies dans le cadre de la veille sanitaire;
- 5) les méthodes de lutte ou de surveillance compatibles avec la santé humaine et l'environnement : vaccination, traitement, surveillance, politiques de prévention, lutte antivectorielle ou biologique, gestion des situations d'urgence...;

---

<sup>20</sup> Ce sous-axe s'inscrit notamment dans les orientations de recherche définies dans l'IFRES (Initiative Française de Recherche en Environnement et Santé) portée par le groupe Inter-Alliances AllEnvi-Aviesan-Athena.

6) la multi-résistance bactérienne ou parasitaire afin de caractériser les facteurs moléculaires et environnementaux impliqués dans l'expansion de la multi-résistance. Pourront être considérés, en particulier : l'impact de l'hôte et de son microbiote dans l'évolution de la résistance aux antibiotiques dans un contexte pathologique ; la dynamique des microbiotes en conditions normales et pathologiques ; le rôle de l'épistasie dans le développement des multi-résistances aux anti-infectieux et l'identification des zones et des populations à risques (approche éco-épidémiologique);

7) la perception et le comportement des différents acteurs face au risque, aux moyens d'alerte, d'information et de prévention, aux stratégies thérapeutiques et de lutte. Les modalités de conception, de définition, de mise en œuvre et d'évaluation des différentes politiques et mesures seront aussi étudiées.

**Actions internationales :**

Certains projets dans le cadre du JPI-AMR (Résistances antimicrobiennes) seront intégrés avec cet axe ainsi que certains axes du programme IMI2.

## Axe 4 : Innovations scientifiques et technologiques pour accompagner la transition écologique

La problématique environnementale répond à des enjeux d'atténuation des causes et / ou d'adaptation aux changements environnementaux et impacts, mais aussi des enjeux curatifs (remédiation) ou préventifs par réduction des risques associés (l'économie circulaire, associée aux nouvelles filières industrielles, relève du défi 3). Pour éviter, réduire ou compenser les risques environnementaux, les recherches devront prendre en compte les niveaux d'incertitude existant dans la connaissance de l'environnement et des écosystèmes. Les partenariats publics-privés sont privilégiés dans cet axe autour des priorités ci-dessous.

**Appels spécifiques internationaux :**

- Closing the water cycle gap (JPI WATER/WATERWORKS 2017)

### Développement de capteurs pour la surveillance de l'environnement (smart monitoring)

L'hétérogénéité de l'environnement limite l'apport de la métrologie conventionnelle et l'efficacité de nombreuses solutions de prévention et de protection. De nouvelles générations de capteurs ou ensemble de capteurs sont attendus pour alimenter les systèmes d'observation ou de diagnostics.

Sont attendues des ruptures technologiques, numériques, économiques et méthodologiques, intégrant l'abaissement des coûts, la miniaturisation, l'autonomie, la fiabilité et robustesse des capteurs en situation réelle (allant vers les très faibles doses), l'augmentation du flux de données, la mesure in situ et en continu, en particulier sur des matrices complexes, des cocktails de polluants, contaminants biologiques et des espèces invasives, ...

Dans ce champ d'innovation diversifié mobilisant de nombreuses entreprises, les transferts de technologies sont très attendus grâce aux sciences et technologies de l'information et de communication (robotique, drones, nanotechnologies, bio-mimétisme, relatifs aux « Big Data » et « crowd-sourcing »), aux sciences du vivant (biotechnologies, bioindicateurs et biomarqueurs dont marqueurs génétiques), aux géo-sciences (géophysique, géochimie, télédétection, géostatistiques). Tous les milieux sont concernés, par exemple eau, mer, littoral, air (extérieur et intérieur), sols, forêts, avec leurs composantes biotiques et abiotiques, pour des applications en environnements naturels ou anthropisés.

**Appels spécifiques internationaux :**

- Marine Technologies (JPI Oceans/MarTERA)

## Méthodes et outils pour services opérationnels d'alerte et de crise environnementale

Dans le domaine de la prévision, prévention et gestion d'alertes et de crises environnementales, la synergie ou effet « cascade » des risques naturels et/ou anthropiques est fréquemment avérée<sup>21</sup>.

Il est attendu des méthodes et outils pour les services opérationnels dédiés à ces risques multiples, pour l'ensemble des milieux, intégrant les outils de modélisation, d'assimilation et de visualisation de données. Ces avancées doivent permettre de maîtriser des informations multi-sources, à flux élevés, en temps réel ou quasi-réel et de les intégrer dans les modèles prédictifs. L'objectif final est de mieux évaluer les impacts, cerner les mécanismes et les conditions d'une mise en alerte, pour une gestion des risques ou de crise efficace.

Des propositions de systèmes prévisionnels intégrés produisant des informations et des scénarii selon les origines possibles d'une crise ou catastrophe, d'une succession de pressions et/ou d'une application simultanée sont encouragées, le couplage de plusieurs systèmes d'alerte sera concerté en lien avec les acteurs et utilisateurs concernés. Selon les domaines, les systèmes prévisionnels privilégieront des périodes allant de quelques jours à quelques décennies, sur des étendues variables, d'une ville à une région. Ceci inclut les services climatiques au sens large, des scénarios à l'adaptation des sociétés et à la résilience des écosystèmes, mais pas la prédictibilité du climat traité à l'axe 1 ci-dessus.

## Méthodes et technologies de remédiation durable, génie écologique et ingénierie climatique

En matière de remédiation, la priorité est donnée à la restauration de la qualité des sols (que ceux-ci soient contaminés ou plus largement dégradés suite au tassement, l'érosion, la perte de matière organique), des sédiments, de la biodiversité, de l'eau, et leurs services, et à l'ingénierie climatique. Il s'agit de faire évoluer le concept de « traitement curatif » vers des concepts plus systémiques de remédiation durable (incluant l'assistance à l'autoréparation des écosystèmes, aux solutions inspirées des processus naturels) et d'instaurer des stratégies intégrées traitant les besoins primaires tout en répondant à des besoins sociétaux (air, eau, énergie, foncier, voire stockage du CO<sub>2</sub>...). La solution projetée devra intégrer un socle méthodologique fondé sur des outils comme l'analyse du cycle de vie ou d'autres formes d'analyse coût-bénéfices (ex. valorisation de matières secondaires). L'insertion de trains de technologies (biotechnologies, dont génomique, nano-biotechnologies, couplage hydro-biogéochimie,...) sera centrée sur la capacité des matières ou produits à être recyclés et marquera les bases d'une nouvelle ingénierie de pratiques.

Dans le domaine des sites et sols pollués, il s'agit de mettre au point de procédés véritablement nouveaux et /ou des combinaisons de traitements à bilan environnemental positif (en fonction des usages ultérieurs et des risques). Sont notamment considérés comme relevant de cette approche l'ingénierie pédo-génétique, la reconstruction de sols (technosols).

Dans le domaine de l'eau, seront privilégiés des projets de rupture ciblés sur le concept d'« unités d'approvisionnement et de traitement du futur », intégrant i) une prise en compte des polluants émergents et tout particulièrement des métabolites associés, ii) une valorisation des matières premières issues des effluents (phosphore, azote, métaux, ...), et iii) une production accrue d'énergie pour atteindre des bilans d'énergie positifs. En particulier, la notion d'unités de traitement décentralisées (fonctionnant en réseau ou en cascade) pourra également être abordée.

Dans le domaine du milieu marin, le programme doit aider à : i) développer des stratégies nouvelles de conception ou d'éco-conception dans les ouvrages et infrastructures maritimes, intégrant le développement durable, le changement climatique (montée du niveau marin) et

---

<sup>21</sup> Pollutions chroniques et accidentelles, produits toxiques et d'allergènes, eutrophisation, invasions d'espèces, érosion de la biodiversité, crues & surcotes, érosion littorale, mouvements de terrain, éruptions, séismes, tempêtes, feux, sécheresses, étiage naturel ou induit, surexploitation de l'eau, ...



le bon état écologique, ii) des expérimentations de restauration écologique sur des sites ateliers à caractéristiques et échelles différentes (notamment milieux sensibles, intertropicaux), et iii) des mesures compensatoires écologiquement optimales et basées sur une stratégie écosystémique. La dimension de suivi à moyen - long terme des solutions proposées sera à développer.

En matière de génie écologique, les priorités s'appuieront sur le développement des solutions inspirées par les processus naturels (ex. infrastructures / trames vertes et bleues, prise en compte de la résilience des écosystèmes dégradés, lutte contre les espèces invasives, lutte contre le processus de simplification des écosystèmes, ...) et pour la préservation des écosystèmes en bon état écologique, tout en veillant à les adapter aux milieux naturels ou anthropisés. Les protocoles de suivi des solutions et l'intégration aux filières existantes seront à privilégier.

Dans le domaine du climat, des gaz à effet de serre et des objectifs de réduction des émissions à l'horizon 2030, le programme vise à développer une expertise française en ingénierie climatique (cf. [www.arp-reagir.fr](http://www.arp-reagir.fr)), notamment sur i) la gestion du rayonnement solaire et ses impacts, souvent négatifs, ii) le captage du CO<sub>2</sub> atmosphérique ou la séquestration du CO<sub>2</sub> océanique. Sur ce dernier volet, sont attendues a) des techniques originales de capture du CO<sub>2</sub> dite de « seconde intention » à greffer à une activité industrielle déjà existante, b) de la géo-ingénierie « territoriale » où l'utilisation des sols contribue à améliorer le climat local, ou c) de l'agriculture « orientée climat ». Pour l'ensemble des techniques envisagées, une réflexion environnementale, éthique et politique est attendue sur les risques associés et sur la gouvernance des solutions envisagées (dans un contexte éventuellement international).

### Vers l'impact environnemental réduit et maîtrisé de nouvelles filières économiques

De nouvelles filières économiques sont appelées par la transition écologique (activités industrielles, énergétiques, agricoles, minières incluant le stockage), et sont soit totalement nouvelles, soit issues d'une transformation en rupture de filières plus anciennes. Ces filières doivent s'engager sur une exploitation écologiquement respectueuse des ressources naturelles, offrir un faible impact environnemental, voire un impact positif, en veillant à maximiser les bénéfices socio-économiques (activité économique, emploi et qualité de vie), en valorisant les synergies. Dans le contexte de développement de ces nouvelles filières, des recherches spécifiques doivent être conduites sous cet angle préventif pour analyser et prévenir l'impact potentiel et les risques environnementaux (eau, air, sols, sous-sol, biodiversité, écosystèmes, climat...), les risques socio-économiques et en dégager les recommandations spécifiques aux filières économiques pour minimiser a priori les impacts sur les milieux, tout en maximisant les bénéfices socio-économiques, comme par exemple :

- Développer des processus bio- et géo-inspirés (à des fins de production de matières premières, d'énergie ou de matériaux, à des fins d'épuration ou à des fins de stockage de carbone, énergie, ...).
- Apprécier la synergie territoriale en vue d'une efficacité accrue de l'utilisation des ressources (eau, énergie, matières premières, sols) par des outils d'écologie industrielle.
- Elaborer des scénarios de pressions et d'impacts potentiels de ces nouvelles filières sur l'environnement, et la santé et les tendances à long terme.
- Proposer des méthodes et outils facilitant la mise en place de ces nouvelles filières (planification, approches collaboratives...), notamment sur la base des avancées numériques en matières de données (crowdsourcing, opendata, Big Data).
- Anticiper et identifier des points clés d'une surveillance des impacts de ces filières, et d'un suivi conjoint des bénéfices et des risques à l'échelle sectorielle ou territoriale.
- Tout en maximisant les bénéfices socio-économiques.

#### Appels spécifiques internationaux 2016/2017 :

- Mineral primary resources: exploration and extraction (ERAMIN-2)

## Axe 5 : Les sociétés face aux changements environnementaux

La réduction des conséquences environnementales négatives des activités humaines passe par des modes de développement et de gouvernance adaptés. Il s'agit d'explorer les vulnérabilités et les opportunités dues aux changements environnementaux, les évolutions sociales, culturelles, économiques ou politiques, les conditions d'adaptation des sociétés à ces contraintes et les perspectives d'action. Les dimensions de la technologie et des ressources sont à intégrer. Les travaux peuvent aborder différentes échelles temporelles et spatiales, selon des approches sectorielles ou multisectorielles et s'appliquer à différents terrains. Les analyses comparatives sont bienvenues.

### Politiques et acteurs, actions et instruments

La prise en compte des problèmes dépend autant de leur acuité que de la façon dont ils sont portés par différents acteurs publics et privés. Comment ces acteurs contribuent-ils à structurer et diffuser les propositions ; comment sont reconfigurés les rapports de pouvoir, les coalitions, les logiques et espaces d'action ? Comment les questions environnementales émergent-elles comme nécessitant une action publique (justification, hiérarchisation, connaissances, controverses, incertitudes, etc.) ? Une attention particulière doit être accordée aux interfaces entre scientifiques et décideurs.

Les politiques et formes d'action peuvent être analysées à travers leurs modalités d'élaboration, leur contenu, leur mise en œuvre, les modes d'apprentissages et de coopération. Quels sont les instruments mobilisés (concertation, incitation, contrainte...) ? Comment combiner les différents outils (normes techniques, autorégulation...) ? Quelle est la pertinence des concepts de services écosystémiques, climatiques ou environnementaux ?

Les interconnexions entre différentes politiques appellent des investigations (environnement, santé, agriculture, commerce, industrie, innovation, énergie...) ainsi qu'une réflexion sur leur mise en cohérence. La définition d'un objectif global d'adaptation dans l'Accord de Paris ouvre un nouvel agenda pour la recherche. Comment évaluer les politiques à cette aune ?

Dans quelle mesure les territoires sont-ils centre d'impulsion ? Quelle place occupent les différents acteurs territoriaux, dont les villes ? Ne faut-il pas renouveler les modes de soutien aux initiatives locales ? Les travaux portant sur les outils d'évaluation et sur les mécanismes favorables à l'action collective, quelle que soit l'échelle géographique, sont particulièrement attendus.

### Conflits, coopération, gouvernance

Les changements environnementaux sont susceptibles d'engendrer de nouveaux rapports de force géopolitiques, voire des conflits. À l'inverse, certains affrontements peuvent accentuer les effets de ces changements. Les liens entre modes de développement, environnement, vulnérabilité et relations internationales méritent d'être explorés. Quelle est la place du multilatéralisme ? Après l'adoption des objectifs mondiaux de développement durable et de l'Accord de Paris, quel peut être le rôle des Nations Unies, des organisations et agences intergouvernementales ? Dessinent-elles une nouvelle conception de l'articulation entre souveraineté nationale et gouvernance internationale ? Quelles modalités de coopération et mécanismes de solidarité peuvent être mis en œuvre ? Les articulations ou interférences entre des régimes juridiquement et institutionnellement fragmentés mériteraient une attention particulière (CCNUCC, Protocole sur l'ozone, Convention sur la biodiversité, Objectifs mondiaux de développement durable, OMC, FMI, etc.). Quel rôle jouent les acteurs privés, les organes internationaux et les juges dans cette articulation ? Les circulations de normes et des acteurs contribuent-elles à améliorer la cohérence et l'effectivité des politiques conduites ?

## Vulnérabilités, inégalités, résilience et adaptation des sociétés

Les effets du changement climatique conduisent à dépasser les approches aléa par aléa et à développer des approches multirisques, intersectorielles, intégrant des effets inédits (seuils, points de bascule ou « dominos »). La notion de résilience invite à qualifier les capacités de résistance et d'adaptation des sociétés, aujourd'hui fortement inégales. Quels facteurs économiques, sociaux, culturels permettent l'adaptation à des événements extrêmes, soudains ou graduels ? Comment s'articulent les dimensions objectives et subjectives de la perception des risques et des vulnérabilités ? Quel est le lien entre représentations sociales des risques et stratégies d'adaptation ? Dans quelle mesure l'instabilité politique compromet-elle la gestion environnementale ? Comment corriger ces inégalités croissantes d'adaptation ou de résilience ? Comment réduire ces vulnérabilités ?

L'efficacité des politiques préventives dépend, en partie, de la connaissance que les individus peuvent avoir des menaces, des conséquences probables et de leur vulnérabilité. Comment articuler raccourcir la distance entre l'évaluation scientifique du risque, sa gestion politique et la perception sociale ?

Les approches historiques aident à comprendre ces phénomènes, par l'analyse des dynamiques passées. Quelle est la place de la mémoire et des savoirs des populations dans les différentes aires culturelles ? Comment la prise en compte du long terme peut-elle s'articuler avec d'autres temporalités (finance, infrastructures, innovation, politique, modes de vie, etc.) ? Quels sont les systèmes de responsabilité, de protection, d'assurance, de réparation les plus pertinents ? Quels facteurs influencent la perception des risques ? De quelle marge de manœuvre disposent les populations ? Les recherches pourront porter sur des zones vulnérables (intertropicale, insulaires, etc.). Une approche intégrée des trajectoires à long terme des socio-écosystèmes est encouragée. L'étude des périodes de ruptures culturelles, environnementales et climatiques, ainsi que des catastrophes passées, doit contribuer à la connaissance des relations entre sociétés humaines et environnement. Les différentes formes d'expression culturelles peuvent être analysées du point de vue de leur rôle dans la mémoire collective, dans les représentations des risques et des catastrophes, des visions de l'avenir et des mondes possibles.

## Production et consommation, innovation et croissance

Une adaptation durable passe par la modification, selon une approche multi-sectorielle, des modes de gestion, de production et de consommation des ressources, notamment énergétiques. Quelles options envisager pour promouvoir les solutions telles que celles envisagées dans l'Accord de Paris, étant donné les contraintes et les déterminismes ? Comment des acteurs innovants peuvent-ils émerger ? Quelles sont les dynamiques permettant la construction de marchés, de nouvelles filières, l'investissement privé, etc. ? Comment promouvoir les circuits courts et l'économie circulaire dans une économie mondiale intégrée ? Quels sont les « verrous » qui empêchent la diffusion des technologies innovantes ? Quels sont les instruments appropriés pour adapter les modes de production ou de consommation (certification, labellisation, réglementation, fiscalité, bonnes pratiques, analyses coût-bénéfice, cycle de vie...) et les formes d'organisation et d'incitation économique ? La technologie peut être abordée à travers ses objectifs, ses modes de légitimation, ses modalités de transfert, son articulation avec les infrastructures existantes. Comment concilier aménagement du territoire, respect de l'environnement et compétitivité ?

Dans quelle mesure la croissance économique et le développement prennent-ils en compte les changements environnementaux ? Comment les modes de production et de consommation s'adaptent-ils à la raréfaction de certaines ressources (incitation pour développer de nouvelles sources de croissance, politiques industrielles, de recherche, etc.).

## Justice et responsabilité

La question de l'équité et de l'injustice environnementale mérite d'être approfondie (inégal accès aux ressources, appropriation de biens communs par les acteurs privés, risques environnementaux différenciés d'un point de vue socio-économique, dont habitat, pollutions localisées, etc.). Comment concilier exigences d'équité et de solidarité ? Quels sont les indicateurs des injustices (effets différenciés sur la santé, par exemple) ? La question de l'équité peut aussi être abordée dans une perspective plus longue, prenant en compte les générations futures. Quels pourraient alors être les fondements d'une « démocratie intergénérationnelle » ?

Est-il possible de mobiliser les grands principes de « justice distributive », de responsabilité, de la philosophie morale et politique pour « légitimer » la répartition des efforts de réduction entre pays ? L'éthique de la responsabilité qui découle de ces principes peut-elle se traduire par des mesures concrètes au quotidien.

Reconnu dans la Déclaration de Rio de 1992, le principe dit "des responsabilités communes mais différenciées" joue un rôle central dans le régime du climat car il permet de tenir compte des différences, des injustices, dans le degré d'adaptation, et donc de résilience, des pays face au risque de changement climatique. Même si son interprétation a été une source constante de blocages dans les négociations internationales. La différenciation est une question de justice et d'équité internationales, mais aussi d'effectivité. Comment la construction par agrégation des contributions nationales s'articule-t-elle avec la question du partage équitable du « fardeau » ? Après l'accord de Paris, cette discussion sur l'équité de l'effort va-t-elle se déplacer à l'échelle nationale ?

Des enjeux importants, tels que la prévention et la réparation des « pertes et préjudices » causées par les changements climatiques, ont fait l'objet de compromis provisoires qui ne satisferont pas durablement les pays du Sud y compris s'agissant des migrants climatiques. Quels mécanismes mobiliser ou dessiner pour assurer une réparation de ces dommages ? Quelle vision de la solidarité internationale reflète l'Accord ? Comment concilier justice, équité, responsabilité et souveraineté des États ? La question d'équité que porte le principe des responsabilités communes mais différenciées se pose à l'échelle nationale, mais aussi à au sein des États, en particulier ceux du Sud dans lesquels les inégalités (entre zones urbaines et rurales, par exemple) restent fortes. Plus généralement, et dans une perspective de long terme, ce principe sera-t-il suffisant pour réduire les injustices climatiques ?

*Une partie de ces thématiques de l'Axe 5 est également traitée au sein du Défi 8*

## Axe 6 : Approches intégrées pour un développement durable des territoires

Les questions relatives à la gestion sobre des ressources et à l'adaptation aux changements des activités humaines et du climat concernent plusieurs champs disciplinaires et problématiques de recherche traités dans les axes à 1 à 5 du défi. Ultimement, c'est à l'échelle des socio-écosystèmes que des réponses au défi 1 de l'ANR doivent être trouvées. L'ambition de l'axe 6 est en conséquence de promouvoir des démarches scientifiques intégrées qui mettent l'accent sur les interactions complexes entre écosystèmes et systèmes socioéconomiques.

Des recherches, à caractère pluri- ou interdisciplinaire, transverse aux cinq autres axes du Défi 1, et avec toujours une contribution significative des communautés SHS, sont attendues dans cet axe. La caractérisation et l'analyse des interactions entre milieux, usages et pratiques des acteurs selon des approches intégrées ou systémiques sont les bases attendues pour (i) aborder des modifications de pratiques, de comportements, de gestion des ressources et des territoires, et (ii) anticiper, détecter, faciliter et amplifier les transitions. Ces recherches doivent contribuer à une adaptation et/ou une plus grande résilience des socio-écosystèmes face aux changements.

Des approches multi-échelles, spatiales ou temporelles, explicitant les interactions internes et les forçages externes au socio-écosystème ciblé qui font l'objet du questionnement scientifique, sont attendues. Une attention particulière sera portée aux projets co-construits avec des acteurs du monde socio-économique<sup>22</sup> engagés comme partenaires. Il pourra s'agir de projets exploratoires courts aidant à construire des consortiums innovants, comme de grands projets intégratifs sur des questionnements déjà avancés.

### Services écosystémiques: évaluation, concurrences et arbitrages

Les services écosystémiques, et plus largement les services environnementaux, recouvrent de multiples aspects allant des services d'approvisionnement<sup>23</sup> aux services de régulation de l'environnement<sup>24</sup> et aux services immatériels ou de loisirs<sup>25</sup>. Les identifier, en caractériser les fonctions, les quantifier et les évaluer relève d'un domaine de recherche en plein essor, stimulé par différentes initiatives nationales et internationales (Convention internationale sur la diversité biologique, IPBES, Ministère chargé de l'environnement, FRB, ADEME, ...).

Des projets sont attendus notamment sur l'analyse des synergies et des concurrences entre différents services écosystémiques rendus, et sur les processus de construction de compromis entre des parties-prenantes, voire d'arbitrage, en particulier dans le cadre d'une réflexion sur la pertinence des services écosystémiques, et de leurs méthodologies d'évaluation, de valorisation et de compensation, comme outil des politiques environnementales.

Ces services pourront être analysés, si besoin, par compartiments du milieu en tenant compte des multifonctionnalités offertes et aussi des limites d'approches mono-services. Ces questions peuvent faire l'objet le cas échéant d'études rétrospectives portant sur les processus d'identification de ces services.

**Alignement international** concernant l'appel générique 2017 :

- Séquestration du carbone dans les sols (TAP-SOIL)

### Gestion durable et résilience des territoires à fort enjeu environnemental (notamment le littoral)

Le développement durable des territoires passe autant par une réduction ou une mitigation des impacts environnementaux cumulatifs des activités humaines, que par une adaptation des sociétés pour renforcer leur résilience. Ceci implique d'évaluer les potentiels des territoires à des fins de meilleure gestion à moyen et long terme, et à une échelle spatiale « intermédiaire » (typiquement de l'échelle du paysage ou d'un petit bassin à celui d'une grande région, donc de 1 à 100 000 km<sup>2</sup>). De même, des retro-analyses peuvent fournir des pistes d'adaptation et de mitigation transposables. Autour d'une problématique partagée et d'un territoire commun, les projets attendus rassembleront chercheurs, acteurs locaux du monde socio-économique et/ou porteurs de politiques publiques. Les résultats pourront faire appel à des scénarisations et modélisations et nourrir des méthodes de planification et d'accompagnement de projets de territoires.

Dans ce contexte, les territoires privilégiés pour 2017 sont des territoires particulièrement vulnérables et/ou insuffisamment étudiés :

- Zones littorales : du bassin versant à la mer, territoires insulaires, estuariens et deltas,
- Zone intertropicale, y compris les régions ultramarines,
- Espace méditerranéen,
- Villes (par exemple : îlots de chaleur, rôle du végétal, interactions entre urbanisme et risques environnementaux)

<sup>22</sup> associations, entreprises, collectivités, gestionnaires publics, ...

<sup>23</sup> nourriture, fibres, molécules utiles, ressources génétiques, eau, sols, énergie, ...

<sup>24</sup> climat, cycle de l'eau, cycles biogéochimiques, barrières naturelles et réduction des risques, ...

<sup>25</sup> qualité des paysages, chasse et pêche, bénéfices spirituels, récréatifs...

L'ANR et le Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer (MEEM) constatent des synergies possibles au sein de ce sous-axe, qui représente un champ d'intérêt commun entre l'ANR et l'appel GICC (Gestion et Impacts du Changement Climatique) du MEEM. Des projets dans ce champ contribueront à **stimuler l'incubation de projets innovants en appui aux politiques publiques, redéfinir les politiques d'adaptation au changement climatique et déterminer les conditions de leur mise en œuvre, dans le contexte de la transition écologique.**

Il est recommandé aux chercheurs de s'intéresser aussi à l'appel GICC du MEEM, pour des projets de plus petite taille correspondant à un instrument de financement exploratoire complémentaire.

### **Chaîne intégrée de l'évaluation des risques, intégrant aléas, vulnérabilités et impacts sur les territoires**

Les changements globaux impactent l'ampleur et la portée des risques environnementaux pour les populations. Il s'agit de mieux anticiper les risques et d'augmenter les capacités de résilience des socio-écosystèmes. Les forçages climatiques, les mécanismes contrôlant les aléas, l'identification des zones exposées, la vulnérabilité des acteurs socio-économiques, sont autant d'éléments qui entrent dans l'évaluation des risques environnementaux.

Des projets sont attendus sur les effets induits, tels que les composantes multi-aléas, les effets cascades, les points de bascule, les interactions entre risques naturels, industriels et technologiques, et les rétroactions. Le traitement de cette chaîne du risque dans des bassins de risque identifiés géographiquement devra aller jusqu'aux questions d'évaluation économique ou encore de perceptions et de représentations du risque.

Les verrous identifiés portent sur la prise en compte de processus complexes et en interaction, leurs impacts potentiels et sur la modélisation de ces éléments. Une telle évaluation intégrée doit permettre des approches innovantes en prévention des risques environnementaux sous toutes ses composantes.

## DEFI 2 - Energie propre, sûre et efficace

### COLLABORATIONS EUROPEENNES ET INTERNATIONALES

*Ce défi s'inscrit dans une dynamique de construction européenne et internationale de la recherche. Les indications suivantes sont destinées à informer les équipes françaises des accords conclus (ou en cours d'être conclus) entre l'ANR et ses homologues étrangères pour faciliter la construction de projets et de consortiums internationaux.*

*Les thématiques 2016/2017 priorisées pour un support à l'international sont contextualisées ci-après et listées en complément dans les tableaux 1 et 2 du PA 2017. Ces listes étant susceptibles d'évoluer, les déposants qui souhaiteraient mener leurs projets à une échelle européenne ou internationale sont invités à consulter régulièrement le site de l'ANR pour en savoir plus sur ces partenariats et ces appels : <http://www.agence-nationale-recherche.fr>.*

Ce défi est particulièrement concerné par les actions suivantes: • ERA-NET Cofund CoBioTech • AAP NSF ANR programme PIRE (Partnerships for International Research and Education)

### INTERFACES

*Ce défi couvre des sujets de recherche transversaux à d'autres défis. Il est indiqué ci-dessous dans quel(s) autre(s) défi(s) ces sujets sont traités afin d'orienter les proposant vers le défi le plus adéquat pour leur projet. Il est fortement recommandé de lire le(s) défi(s) dans son (leur) intégralité pour en connaître les contours précis.*

Pour ces sujets transversaux qui concernent largement plusieurs défis (y compris le **Défi 2**), le lecteur est invité à se reporter au paragraphe « **Multidisciplinarité, transversalités et interfaces** » (pages 39 à 42) dans lequel sont traités les domaines suivants : **Données massives (Big Data), Robotique, Capteurs, Biologie, Bioéconomie-Biotechnologies**.

Les autres interfaces du Défi 2 concernent les thématiques suivantes :

**Impacts environnementaux** : la quantification des impacts globaux (besoins en eau, émissions de CO<sub>2</sub>...) des systèmes énergétiques relève du **défi 1** ; en revanche, la conception de technologies de l'énergie à moindre impact environnemental ainsi que les recherches dédiées à la gestion/prévention de risques induits par les nouvelles technologies de l'énergie relèvent du **défi 2**.

**Ressources minérales, matériaux** : La production de connaissances sur les gisements de ressources minérales primaires relève du **défi 1** ; les projets portant sur les méthodes et technologies pour extraire, séparer, traiter, recycler les matériaux utilisés par les technologies de l'énergie doivent s'inscrire dans le **défi 3** ; en revanche, toutes les recherches concernant l'utilisation de matières premières minérales pour des applications dans le domaine de l'énergie relèvent du **défi 2**.

**Bioraffineries et molécules plateforme biosourcées** : les projets visant la production, à partir des bioressources, de carburants avancés, éventuellement conjointement avec des molécules plateforme pour l'industrie chimique, relèvent de l'axe 4 du **défi 2**, ceux visant la production d'autres produits biosourcés relèvent du **défi 5**. En revanche, les projets portant sur la fabrication de produits de commodité ou de produits fonctionnalisés à partir des molécules plateforme biosourcées ou sur l'aval des filières de la chimie du végétal (chimie fine, chimie de spécialité) sont à soumettre dans le **défi 3**.

**Valorisation du CO<sub>2</sub>** : les projets visant à produire, à partir du CO<sub>2</sub>, des carburants de synthèse ou des molécules plateforme pour la chimie (éventuellement conjointement) relèvent du **défi 2**.

**Efficacité énergétique des bâtiments et des transports** : les projets portant sur l'intégration dans les bâtiments ou les transports de composants et systèmes énergétiques (accumulateurs électrochimiques, pompes à chaleur...) - et non sur le design et la fabrication de ces composants, qui relèvent du **défi 2** - doivent être soumis dans le **défi 6**. Les nouveaux modes de combustion, l'usage de nouveaux carburants, dont les biocarburants, et les systèmes de dépollution qui visent essentiellement des applications transport relèvent aussi du **défi 6**.

**Smart-grids** : les projets sur les réseaux énergétiques intelligents relèvent du **défi 2** et non du **défi 7**, dès lors qu'il ne s'agit pas principalement d'informatique (algorithmique...), de techniques de gestion de données massives ou de télécom (protocoles de communication).

**Protection des infrastructures et réseaux liés à l'énergie** : Les recherches relatives à la protection physique et numérique des infrastructures et réseaux liés à l'énergie relèvent du **défi 9**.

**Capteurs de gaz** : leur conception et leur développement relèvent soit du **défi 1** (métrologie environnementale), soit du **défi 3** (métrologie industrielle), soit du **défi 9** (agents de la menace chimique, ou explosifs).

**LED et OLED** : leur conception et fabrication relèvent du **défi 3** et, pour les applications en électronique, du **défi 7**.

#### COFINANCEMENTS POTENTIELS<sup>26</sup> DES PROJETS DE CE DEFI

*Dans le cadre de ce défi, certains projets pourront être cofinancés par la DGA (Direction Générale de l'Armement).*

## Introduction

Les **5 orientations de la SNR** qui concernent principalement le **Défi-2** du plan d'action 2017 de l'ANR sont les suivantes :

- Orientation n°6 : Gestion dynamique des systèmes énergétiques,
- Orientation n°7 : Gouvernance multi-échelles des nouveaux systèmes énergétiques,
- Orientation n°8 : Efficacité énergétique,
- Orientation n°9 : Réduction de la dépendance en matériaux stratégiques,
- Orientation n°10 : Substituts au carbone fossile pour l'énergie et la chimie.

Le défi 2 est aussi concerné secondairement par les orientations de la SNR n°2 (Gestion durable des ressources naturelles), n°3 (Évaluation et maîtrise du risque climatique et environnemental), n°4 (Éco et biotechnologies pour accompagner la transition écologique), n°14 (Conception de nouveaux matériaux) ou n°21 (De la production aux usages diversifiés de la biomasse).

A travers ce défi, l'ANR a pour ambition de mobiliser les meilleures compétences scientifiques et technologiques nécessaires pour répondre aux enjeux de la transition énergétique au niveau national et contribuer à la construction du futur bouquet énergétique dans la perspective du Facteur 4 à l'horizon 2050, et, plus globalement, au niveau mondial.

Six grands objectifs sont visés :

- Promouvoir les approches **systemiques, intégratives** et, en général **pluridisciplinaires** que requièrent souvent les enjeux de l'énergie ; si les sciences humaines et sociales ont un axe spécifique (axe 7), leurs capacités de travail en interdisciplinarité appellent à soutenir aussi leur déploiement sur les autres axes, plus technologiques, du défi.

<sup>26</sup> On entend par cofinancement le fait que l'aide attribuée à un projet provienne pour partie de l'ANR, et pour partie d'un ou plusieurs partenaires co-financeurs de l'Agence.



- Mobiliser davantage toutes les disciplines scientifiques pouvant produire les **connaissances fondamentales** utiles à cette transition énergétique, qu'elles relèvent des sciences de la matière, des sciences de l'ingénieur, des sciences de la Terre, des sciences du vivant, des mathématiques et des sciences de l'information et de la communication ou des sciences humaines et sociales ; ces travaux de recherche amont peuvent s'inscrire dans le cadre de l'axe 1 mais doivent aussi nourrir les enjeux thématiques décrits dans les autres axes du défi.
- Faire émerger et permettre l'**exploration** d'idées radicalement nouvelles et de **concepts en rupture** par rapport aux paradigmes existants : ce type de recherche est principalement attendu dans l'axe 1.
- Concevoir des **matériaux, méthodes et procédés** qui seront mis en œuvre dans les technologies de l'énergie ; on vise à soutenir un large éventail de travaux sur les **matériaux pour l'énergie**, allant de la recherche et du design de matériaux possédant des propriétés intéressantes pour les applications visées (conduction électronique, conversion photonique, barrière...) jusqu'à leur intégration dans des systèmes fonctionnels ; ces projets doivent trouver leur place dans les différents axes thématiques du défi, selon les applications.
- Donner des **preuves de concept technologique**, pouvant aller jusqu'à l'élaboration de dispositifs expérimentaux de laboratoire ou intégrés à des sites d'expérimentation existants. Le périmètre d'intervention de ce défi se limite toutefois à des niveaux relativement amont (Technology Readiness Level de 1 à 5), en complémentarité avec d'autres guichets de financement de la R&D positionnés sur des phases plus avales, aux niveaux national (ADEME, BPI France...) et européen (Horizon 2020). Cependant, on encourage les porteurs de ce type de projets, même lorsqu'ils portent sur des phases de recherche amont, à se poser des questions autour des conditions et contraintes d'usage, de la durée de vie, des coûts, d'un moindre recours ou de recherche de substituts à des matières premières rares ou toxiques...
- Promouvoir les apports des **sciences humaines et sociales** pour contribuer aux débats sur la transition énergétique et caractériser la façon dont des choix sociétaux sont effectués au travers du déploiement des technologies de l'énergie. Les sciences humaines et sociales, par la pluralité de leurs concepts et de leurs méthodes, sont appelées à dépasser une approche sectorielle des technologies et à aborder les dimensions systémiques des innovations ainsi que leurs impacts.

Outre le premier axe, dédié à la production de connaissances de base et aux concepts en rupture et l'axe 7, qui fédère les contributions des sciences humaines et sociales, les autres axes couvrent les enjeux de l'énergie en allant du captage des ressources primaires jusqu'à l'utilisation finale, notamment dans le domaine industriel, en passant par les voies de conversion entre vecteurs énergétiques, stockage et distribution. Chaque axe comprend les recherches visant à acquérir des connaissances fondamentales en relation avec la thématique concernée.

## Axe 1 : Recherches fondamentales, exploratoires et concepts en rupture

Orienté vers la production de connaissances de base et l'exploration de concepts en rupture, cet axe vise aussi à attirer de nouvelles communautés vers les enjeux de l'énergie et à favoriser de nouveaux partenariats. Il est transversal aux autres axes thématiques du défi 2.

## Socle de connaissances et recherche fondamentale d'intérêt pour l'énergie

Les enjeux à long terme de l'énergie nécessitent de produire un **socle de connaissances fondamentales** et de consolider des compétences scientifiques, qu'elles relèvent des sciences de la matière (physique, chimie...), des sciences de l'ingénieur (mécanique, thermique, procédés...), des sciences de la Terre, des sciences du vivant, des mathématiques et des sciences de l'information et de la communication (modélisation, simulation, algorithmique, contrôle, automatique...) ou des sciences humaines et sociales.

Inspiré du programme « Basic Energy Sciences » du DOE<sup>27</sup>, ce sous-axe vise à soutenir des **recherches amont, orientées par des applications à moyen-long terme dans le domaine de l'énergie** (production, conversion, transmission, stockage, efficacité, usages de l'énergie), et qui pourront constituer les fondations de technologies du futur.

La **recherche interdisciplinaire** est naturellement encouragée, étant donné le caractère complexe des problématiques pouvant relever de ce défi.

Toutefois, les travaux de recherches fondamentales en lien avec le défi 2 ne relèvent pas exclusivement de ce sous-axe : ils doivent s'inscrire dans un autre axe dès lors qu'ils visent à créer des connaissances nouvelles ou résoudre des problèmes dans des domaines spécifiques décrits dans les autres axes thématiques.

### Concepts en rupture

Comme des programmes similaires d'autres agences (ARPA-E du DOE, EFRI de la NSF, A-STEP High Risk de la JST au Japon, FET – Future Emerging Technologies - d'Horizon 2020...), ce sous-axe vise à susciter des projets voulant explorer des **idées ou approches radicalement nouvelles et des concepts en rupture** par rapport à des travaux de recherche plus incrémentaux et scientifiquement mieux balisés. Ces ruptures peuvent s'inscrire dans le cadre du développement de domaines déjà identifiés ou venir créer un champ de recherche nouveau. Il s'agira notamment de donner la **preuve de concept** du potentiel de l'idée nouvelle pour une application dans le domaine de l'énergie.

Les propositions devront argumenter en quoi elles ne se reconnaissent pas dans des domaines ou concepts de recherche mieux balisés, en se positionnant notamment par rapport à la littérature scientifique.

## Axe 2 : Captage des énergies renouvelables et récupération des énergies de l'environnement

Conformément aux conclusions de la SNR, l'attention des chercheurs est attirée sur la nécessité d'une baisse des coûts et d'une augmentation des rendements de conversion des énergies produites à partir des ressources renouvelables, qui facilitera le développement des énergies renouvelables et augmentera leur taux de pénétration dans le mix énergétique (orientation SNR n°6 - Gestion dynamique des systèmes énergétiques), et de réduire, voire d'éliminer le recours à des matériaux stratégiques (Terres rares, Pt...) pour ces technologies (orientation SNR n°9 - Réduction de la dépendance en matériaux stratégiques).

### La ressource solaire

En une heure, la Terre reçoit du soleil une quantité d'énergie équivalente à la consommation mondiale totale annuelle. Seul 0,1% de cette énergie est utilisé par la photosynthèse pour produire de la biomasse et une infime fraction pour les usages humains. Trois voies de transformation de cette ressource en vecteurs énergétiques se dégagent et demandent à être développées :

- La production directe d'électricité, par effet **photo-électrique** ; les pistes de progrès concernent tant l'utilisation de semi-conducteurs inorganiques, organiques ou hybridés pour le photovoltaïque, éventuellement combinés en multi-jonctions que la

<sup>27</sup> <http://science.energy.gov/bes/>

concentration solaire et les concepts à très hauts rendements. Sont également visées les technologies de fabrication des modules.

- La production de chaleur, basse (**solaire thermique**) ou haute température (**solaire thermodynamique concentré**) pour chauffer directement mais aussi pour produire du froid, de l'électricité ou de l'hydrogène (dissociation de l'eau par cycles thermo-chimiques).
- La production de **combustibles**, soit par la **voie photosynthétique** naturelle pour produire une biomasse dédiée essentiellement aux applications énergétiques<sup>28</sup> où il s'agit de mieux comprendre et améliorer les rendements « énergétiques » de certains micro-organismes (production de lipides, sucres, hydrogène...), soit par la voie bio-inspirée de la **photo-électrolyse**, éventuellement combinée à la **photo-catalyse du CO<sub>2</sub>** (production de « **fuels solaires** »).

### Autres ressources renouvelables (air, eau) et récupération des énergies de l'environnement

Les milieux naturels ainsi que certaines activités humaines (chaleurs fatales...) offrent d'autres ressources énergétiques dont l'exploitation pourra conduire à diversifier et compléter le mix énergétique ou à produire de l'énergie pour des applications ciblées : flux aérodynamique, hydraulique, de chaleur, gradients thermiques, de pression, vibrations, déchets organiques... Au-delà des technologies arrivées au stade de démonstrateur, le captage de ces ressources nécessite encore des travaux de recherche qui permettront d'ouvrir la voie à des technologies innovantes économiquement viables à moyen et long termes, tant pour les énergies renouvelables (**éolien, hydraulique, énergies marines**) que pour la récupération (*energy harvesting*) et la valorisation d'énergies diffuses (**biopiles à combustible, thermoélectricité, piézoélectricité...**).

### Axe 3 : Usage du sous-sol dans une perspective énergétique

Alors qu'il produit une large part de nos ressources actuelles en énergie, le sous-sol reste un milieu encore insuffisamment exploré et connu. Des recherches sont nécessaires, tant pour l'extraction de ressources énergétiques clés que pour l'utilisation de ses capacités de stockage. Elles devront viser l'acquisition de connaissances et le développement d'outils, de méthodes (modélisation multi-échelles en particulier) et technologies permettant un usage du sous-sol et une exploitation de ses ressources, compétitifs et à faible impact environnemental, trouvant une place dans le mix énergétique futur.

Que ce soit l'exploration, la caractérisation, la conception et la construction ainsi que le suivi des opérations et la fermeture des sites d'exploitation ou de stockage des différentes énergies ou du CO<sub>2</sub>, des recherches reposant et/ou intégrant les diverses composantes des sciences de la Terre (géologie, géochimie, géophysique, géo-mécanique, géothermique...) sont nécessaires en amont. Des avancées sont attendues, tant sur le contexte et la caractérisation géologiques (toutes les échelles de la problématique : du microscopique au macroscopique et prise en compte des hétérogénéités), que sur la faisabilité technique (lois de comportement, couplages..), les rendements et la sécurisation à long terme des dispositifs de stockage et d'extraction, impliquant des recherches sur le suivi des sites et la gestion des risques environnementaux (stratégies de surveillance...). Ces recherches s'inscrivent pour partie dans un corpus suffisamment général pour être utiles aux différents usages du sous-sol dans une perspective énergétique et pour partie en lien avec des questions scientifiques spécifiques autour de certains usages. L'ouverture et l'intégration de méthodes et approches développées dans d'autres domaines relevant, entre autres, de la chimie, physique, thermique et mécanique appliquées au sous-sol et à ses spécificités peuvent constituer un nouvel éclairage qu'il serait bénéfique d'explorer.

<sup>28</sup> Voir l'axe 4 de ce défi pour les projets portant sur une des voies de transformation de la biomasse en biocombustibles/biocarburants (et, éventuellement, en molécules plateforme).

Un usage raisonné, optimisé et durable du sous-sol contribuera à l'atteinte de certains des objectifs de la LTECV du 18 août 2015 en cohérence avec la SNR (orientation n°6). Cela concerne la réduction des émissions de GES, la diversification du mix énergétique, l'autonomie énergétique dans les DOM via le confortement ou le développement de nouvelles filières et de nouveaux usages avec notamment :

- La **géothermie** (basse, moyenne et haute températures) pour la production de chaleur/froid et/ou d'électricité étendue à des périmètres géographiques plus larges (diversification des sources exploitées) et son rôle dans les procédés de stockage thermique (exploration, récupération de la chaleur souterraine, réinjection des fluides géothermaux...).
- Le **stockage souterrain de CO<sub>2</sub>**: caractérisation des formations et aquifères profonds, injectivité, capacité et confinement des stockages.
- Les stockages souterrains des énergies :
  - **stockage de chaleur** : si des stockages de basse température sont déjà développés, les stockages à moyenne et haute températures restent problématiques ;
  - **CAES** ;
  - **stockage d'hydrogène** ;
  - **nouveaux concepts de stockage en souterrain.**
- L'exploitation de l'**hydrogène natif**.

Il peut s'agir aussi de maintenir le niveau de filières matures dans des conditions plus respectueuses de l'environnement (en surface et en profondeur):

- Un **nucléaire** plus sûr, en accroissant la sûreté des stockages de déchets radioactifs et
- Une exploitation « responsable » des **hydrocarbures** : accroître l'efficacité, en termes de consommation d'énergie et de ressources, des technologies mises en œuvre tout au long de la chaîne pétrolière, et réduire leur impact en termes de rejets ;

L'exploitation et les usages du sous-sol ne peuvent pas être considérés indépendamment de systèmes énergétiques plus globaux et des effets systémiques. Les projets pourront proposer des collaborations interdisciplinaires sur les dimensions suivantes :

- L'articulation avec d'autres énergies (hybridation/combinaison/cogénération), et différentes formes de stockage (hydraulique par exemple).
- L'organisation des acteurs (public, privé) en matière de collecte, de partage et de conservation des données sur les ressources énergétiques du sous-sol, et la mise à disposition de ces données pour l'élaboration de stratégies collectives de gestion.
- La mise en cohérence des droits minier, civil, de l'environnement et du foncier afin d'ajuster les cadres juridiques aux processus contemporains d'exploration/exploitation de ces ressources.
- Les processus de leur territorialisation, en particulier les modalités d'information et de délibération autour des incertitudes (santé, environnement, gestion de l'eau...).

Le développement d'un **socle de connaissances transversales**, et de méthodologies d'exploration et d'évaluation des caractéristiques et du potentiel du sous-sol dans l'objectif d'un stockage ou de l'extraction de ressources énergétiques bénéficiera à l'ensemble des filières. C'est le cas aussi des nouvelles technologies numériques qui sont d'un apport essentiel aux géosciences et doivent être développées sous deux aspects :

- Le calcul haute performance pour la modélisation statique et dynamique des systèmes souterrains.
- De nouveaux concepts, algorithmes et approches méthodologiques, pour faire face à l'accroissement du volume et des flux de données (mesurées ou calculées).

## Axe 4 : Conversion des ressources primaires en carburants et molécules plateforme, chimie du carbone

Les hydrocarbures, biosourcés ou non, joueront encore longtemps un rôle important dans le mix énergétique futur, ne serait-ce que comme mode de stockage à grande densité énergétique et longue durée, ainsi que comme source de carbone pour l'industrie chimique. L'enjeu principal est de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> que la production, les transformations et l'utilisation de ces ressources génèrent. Cet enjeu est en correspondance avec l'orientation SNR n°10 - Substituts au carbone fossile pour l'énergie et la chimie.

Outre la **combustion directe** des ressources énergétiques primaires, fossiles ou biosourcées (biomasse ligno-cellulosique, déchets organiques...) pour produire de la chaleur, de l'électricité ou un mix (cogénération), qui demandera à être couplée au **captage du CO<sub>2</sub> sur les sources stationnaires**, deux voies sont à explorer pour **produire plus efficacement des combustibles liquides ou gazeux peu émetteurs de CO<sub>2</sub> (essentiellement des biocarburants) ainsi que pour fournir des molécules plateforme biosourcées (ou synthons) d'intérêt pour l'industrie chimique** :

- Les **procédés physico-chimiques et thermiques**, technologies les plus matures, où les pistes de progrès concernent les procédés de séparation, la purification des syngaz pour l'utilisation directe ou la conversion en carburants et la recherche de nouveaux catalyseurs pour améliorer l'efficacité des procédés de conversion des et en hydrocarbures ; l'intégration et l'optimisation énergétique des chaînes de procédés devront faire l'objet d'une attention particulière.
- Les **procédés biologiques, biotechnologiques ou biochimiques**, utilisant des **micro-organismes** et/ou des **enzymes** pour convertir la biomasse en composés énergétiques liquides ou gazeux et/ou en molécules plateforme. La caractérisation de ces écosystèmes ainsi que les synergies et les modes de communication des micro-organismes entre eux mérite un effort particulier au niveau de leur connaissance et au niveau de la maîtrise de leur fonctionnement ensuite. Ces procédés biologiques ou biochimiques pourront éventuellement être couplés à la voie chimique.

Les voies de conversion et de **valorisation conjointe de la biomasse** en énergie, produits chimiques, matériaux et le concept de **bio-raffinerie** sont importantes à considérer.

Dans ce contexte, les différentes voies de **transformation / valorisation du CO<sub>2</sub>, particulièrement du CO<sub>2</sub> fossile capté**, pour la **production d'hydrocarbures**, notamment comme mode de stockage des énergies renouvelables intermittentes, et/ou fourniture de molécules carbonées pour la chimie, sont à explorer et à développer.

Des recherches sont particulièrement attendues sur la production d'**hydrocarbures de synthèse**, en particulier pour des secteurs sans autres alternatives actuelles que le pétrole (aéronautique par exemple).

## Axe 5 : Gestion dynamique des systèmes énergétiques : stockages, réseaux, vecteurs

Une part importante des énergies renouvelables est intermittente par nature et leur production est déconcentrée : il faut être en mesure de garantir leur transport et leur distribution par **les réseaux dans des conditions optimales et d'apporter des solutions de stockage de l'énergie** permettant de pallier le décalage entre les besoins et la production. De plus, le développement de dispositifs de stockage embarqués devrait réduire la dépendance des transports aux énergies fossiles (via l'électrification par exemple). Ces enjeux relèvent de l'orientation SNR n°6 - Gestion dynamique des systèmes énergétiques.

## Hydrogène et piles à combustible

L'**hydrogène** pourra constituer un moyen de stockage massif d'énergie. Il devra toutefois être produit sans émissions de CO<sub>2</sub> (**électrolyse** ou **thermolyse de l'eau** notamment). Parallèlement, des recherches restent nécessaires pour permettre le développement **des piles à combustible et des moyens de stockage de l'hydrogène**, où des travaux amont sont encore requis sur les matériaux et les structures adaptés au stockage solide.

## Stockages de l'énergie

Si certains types de stockage sont déjà matures, d'autres disposent de marges de progrès majeures voire nécessitent encore des travaux de recherche fondamentaux pour émerger :

- Le stockage dans les **accumulateurs électrochimiques**, tant pour le stockage stationnaire que pour des applications embarquées et nomades, doit améliorer ses densités d'énergie et ses puissances spécifiques ainsi que sa fiabilité, sa sécurité et son bilan environnemental, tout en réduisant ses coûts ; le stockage dans les **supercapacités** demande aussi des recherches pour améliorer la densité d'énergie et la sécurité.
- D'autres types de **stockage nécessaires** pour **stocker massivement l'électricité ou la chaleur**.
- De **nouveaux concepts de stockage/gestion de l'énergie**, en lien avec l'**autoproduction**, l'**autoconsommation** et le découplage partiel du réseau ou par addition d'une nouvelle fonctionnalité à un système existant (par exemple, les batteries des véhicules électriques, les ballons d'eau chaude sanitaire) peuvent être explorés.

## Transport, distribution, gestion et autoconsommation de l'énergie

Il est important de travailler sur les éléments qui permettent l'intégration dans les réseaux et la gestion de l'énergie électrique, pour le stationnaire et l'embarqué : **génie électrique, électronique de puissance, machines électriques** (actionneurs et générateurs), dont l'efficacité repose notamment sur la conception et l'utilisation de matériaux à très hautes performances (matériaux magnétiques, diélectriques, électromagnétiques...).

Le développement de sources énergétiques davantage distribuées spatialement et intermittentes et de moyens de stockage invite à travailler sur les concepts de **réseaux énergétiques intelligents**, à différentes échelles spatiales, destinés à assurer une optimisation en temps réel du système énergétique. Pour cela, des recherches, faisant notamment appel aux sciences de l'information et de la communication, sont attendus sur :

- Le pilotage des réseaux, en y intégrant la prédiction spatio-temporelle du productible des énergies renouvelables et des appels de puissance ; dans cette perspective, les questions de développement de micro-réseaux, de consommation locale (dont l'autoconsommation) et de conception d'usages en mode flexible (notamment dans les procédés industriels), délestables ou effaçables devraient être considérées.
- La dynamique de pilotage de charge du parc électronucléaire pour compenser au mieux l'intermittence des énergies solaires et éoliennes et limiter les besoins en stockage d'électricité : cela nécessite d'adapter le système de conduite des réacteurs et de concevoir des modes de cogénération interruptibles de chaleur ou d'hydrogène.
- La sûreté (résilience et fiabilité) et la sécurité intrinsèque (« *by design* ») des réseaux<sup>29</sup>.
- L'interopérabilité des réseaux d'énergie (électricité, différents gaz, chaleur...).

<sup>29</sup> Les recherches relatives à la protection des infrastructures et réseaux liés à l'énergie doivent être traitées dans le défi 9 « Liberté et sécurité de l'Europe, de ses citoyens et de ses résidents ».

## Axe 6 : Efficacité énergétique des procédés et des systèmes

Des économies d'énergie substantielles et une plus grande efficacité dans l'utilisation de l'énergie peuvent être obtenues en travaillant directement sur les **procédés spécifiques des industries manufacturières**<sup>30</sup> (réduction des besoins énergétiques de procédés de production existants ou recherche de procédés alternatifs plus économes en énergie ou en émissions de CO<sub>2</sub>) et de **production d'énergie** (amélioration des rendements de conversion, réduction des pertes, récupération d'énergie).

Il convient aussi de traiter les **équipements et systèmes auxiliaires** (pompes, systèmes de production de chaud ou de froid, ventilation...). Ces recherches doivent tenir compte des contraintes environnementales (fonctionnement en conditions extrêmes, contraintes mécaniques, limitation de l'encrassement, de la corrosion...), mais aussi d'usage (fiabilité, robustesse, facilité d'utilisation, faibles temps de retour sur investissement).

Un enjeu majeur de l'efficacité énergétique est de travailler sur des méthodes et procédés de récupération, de transport et de valorisation de la chaleur, dont la **chaleur fatale**, soit par des **dispositifs thermodynamiques** (échangeurs thermiques, pompes à chaleur, cycles de Rankine organiques...), soit par des **dispositifs mettant en œuvre des matériaux** (MCP, absorbeurs de chaleur...).

Ces thématiques sont en correspondance avec l'orientation SNR n°8 – Efficacité énergétique.

Au-delà de la recherche d'une plus grande efficacité énergétique, la « décarbonation » de l'énergie devra s'appuyer sur l'augmentation de la part d'électricité décarbonée dans les procédés industriels (par exemple, chauffage par induction ou micro-onde) mais aussi sur le développement et l'optimisation de procédés de **combustion** moins émetteurs de gaz à effet de serre, en intégrant notamment le **captage** et le **transport du CO<sub>2</sub>**.

## Axe 7 : Approches de la transition énergétique par les sciences humaines et sociales

Au-delà des besoins d'avancées essentiellement techniques décrits dans les axes thématiques précédents, se posent aussi des questions qui interpellent les sciences humaines et sociales, comme l'indiquent notamment des orientations SNR n°7 - Gouvernance multi-échelles des nouveaux systèmes énergétiques et SNR n°8 – Efficacité énergétique. En effet, les évolutions attendues en matière de nouvelles technologies de l'énergie sont indissociables d'enjeux politiques, sociétaux et environnementaux auxquels elles répondent. Ces enjeux influencent le dimensionnement de ces technologies à toutes les étapes des processus d'innovation, depuis leurs prémisses jusqu'aux déploiements de grande ampleur. Les sciences humaines et sociales approchent cet ensemble aux **dimensions combinées grâce à une vision renouvelée de la technologie**, abordée comme un assemblage ouvert, social et technique, composé d'entités multiples, parfois instables et changeantes. Cette perspective rend compte du **caractère systémique des processus de transition énergétique**, des changements de parties prenantes, et du besoin constant de s'accorder sur ce qui est "prioritaire" et fait "valeur".

Grâce à la diversité de leurs concepts et de leurs méthodes, les sciences humaines et sociales (aménagement, anthropologie, droit, économie, géographie, histoire, psychologie, sciences politiques, sociologie, urbanisme...) peuvent contribuer à l'analyse des nombreux enjeux soulevés dans le défi 2, et cela bien au-delà des périmètres disciplinaires attendus. Cette capacité de **travail en interdisciplinarité** est déclinée autour de quatre sous-axes majeurs présentés ci-après. Ils convergent autour d'un objectif central : **caractériser la façon dont le déploiement des technologies de l'énergie** (passées, présentes ou en

<sup>30</sup> Seuls sont inscrits dans ce défi les projets dont l'objectif principal est d'économiser de l'énergie ou de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, les projets portant sur d'autres enjeux pour les procédés industriels relèvent du défi 3.

devenir) implique **des dimensions sociétales** (pauvreté, santé, environnement, paysage...), et ce à **différentes échelles**, depuis l'émergence de collectifs sociotechniques jusqu'au choix de politiques publiques ou aux mutations sociétales majeures (gouvernance, marchés, biodiversité...).

### Les territoires dans la transition énergétique

L'émergence des politiques climat-énergie, davantage systémiques et ouvertes à des initiatives locales, modifient la question territoriale. Il s'agit de comprendre **l'émergence de nouveaux systèmes énergétiques**, les modalités de leur **articulation à des organisations socio-spatiales existantes** et **l'intensité des recompositions** qui en résultent. Plusieurs thèmes retiennent l'attention : le rôle (levier ou freins) des **héritages socio-géographiques** sur les trajectoires de transition ; la gouvernance multi-échelles des nouveaux systèmes énergétiques et la redéfinition de **l'espace des politiques énergétiques** ; les processus de **construction de nouvelles ressources** énergétiques territorialisées, les effets re-distributifs comme les effets de captation qu'elles peuvent susciter. Ces enjeux suggèrent des **perspectives de recherche internationales**, en Europe et hors-Europe. En France, ils invitent à étudier l'espace des solutions, dans toute leur diversité, en réponse à la Loi de transition énergétique pour une croissance durable.

### Demandes, usages de l'énergie

Les **politiques de sobriété et d'efficacité énergétiques** constituent des leviers majeurs pour la transition énergétique. Néanmoins, l'infléchissement des **comportements** de consommation et des styles de vie échappent à un pilotage simple. Au-delà de notions parfois normatives, comme celle de comportement, la demande appelle pour être comprise à tenir compte de processus systémiques entrecroisant des **dimensions sociales, culturelles, politiques, voire historiques**, dans une mise en acte routinière mais toujours renouvelée des usages de l'énergie. En particulier, il s'agit d'analyser : l'articulation entre les **pratiques sociales** et les **dispositifs de gestion et d'accès à l'énergie** (systèmes domestiques, systèmes sociotechniques) ; la construction de la demande et ses transformations (tendances sociétales et démographiques, émergence du consommateur-producteur-citoyen, pratiques de sobriété énergétique...) ; le rôle des **instruments économiques et non économiques** et leur usage par l'action publique (incitations - notamment non-financières telles que les « nudges » -, quotas, écotaxes...).

### Transition énergétique, marchés, réglementation et gouvernance

La transition énergétique interroge bien au-delà de la seule conduite des politiques énergétiques par les Etats. La gouvernance de ces politiques est prise entre plusieurs feux : les **héritages sectoriels** (pétrole, gaz, nucléaire, éolien...) en matière de politiques de l'énergie, le jeu des négociations internationales sur le climat, le **renouvellement de la géopolitique de l'énergie** (diversification des ressources énergétiques, grands pays émergents), la **libéralisation des marchés de l'énergie**, et enfin la **multiplication des parties prenantes** dans l'élaboration des politiques publiques. Les sciences humaines et sociales sont appelées, dans toute leur diversité, afin d'analyser les processus en cours et les choix qui sont devant nous, s'agissant : des **instruments** (tarifs, quotas échangeables, primes, enchères ...), des **architectures de marchés** (règles, cadres réglementaires) ou de réseau, des modèles économiques et organisationnels de **filières** (vulnérabilités, résilience) à même de porter le développement et **l'intégration** (équité, sécurité énergétique) de **nouvelles formes d'énergies** (intermittence, flexibilité, stockage) ; des **nouvelles offres** (kWh différenciés) et **formes d'accès à l'énergie** (production distribuée, réseaux intelligents, solidarités entre territoire)... Les sciences humaines et sociales pourront contribuer à **l'évaluation** de ces différentes **options** sur le plan de leur capacité à satisfaire les objectifs de transition comme des enjeux sociaux, économiques, industriels, environnementaux qui leur sont associés.



### *Construction des futurs, prospective, modélisation*

Les trois dernières décennies ont été marquées par une utilisation accrue des **scénarios** quantifiés de long terme, adossés à des **modèles de prospective**, dans la définition des politiques énergétiques. Ces modèles interdisciplinaires, souvent complexes, se sont développés jusqu'à constituer un champ de recherche à part entière et une pratique sociale de construction des futurs énergétiques. Les sciences sociales sont appelées à double titre à contribuer dans ce domaine. En tant qu'acteurs de ces modèles « énergie et économie », elles sont en charge d'une **meilleure intégration de dimensions du réel** dans ces outils de prospective (e.g. comportements des acteurs, caractéristiques des technologies, processus d'innovation, inerties du capital technique et de la sphère du financement...), de manière à mieux **éclairer nos évaluations**, prendre en compte une plus grande **diversité d'enjeux** (e.g. sécurité énergétique, impacts sociaux ...), mettre en perspective les objectifs et moyens que se donnent la loi française de transition énergétique. Elles sont aussi appelées à mettre en perspective le recours aux **modèles** et à la **scénarisation** comme **modes de construction des futurs**. Il s'agit alors d'analyser ces modèles et les **mondes sociaux** qui les portent au travers des **pratiques** qui leur sont associées (fabrication, validation, circulation, rôle/influence dans les processus politiques...).



## DEFI 3 - Stimuler le nouveau industriel

### COLLABORATIONS EUROPEENNES ET INTERNATIONALES

*Les thématiques 2016/2017 priorisées pour un support à l'international sont contextualisées et listées en complément dans les tableaux 1 et 2 du PA 2017. Ces listes étant susceptibles d'évoluer, les déposants qui souhaiteraient mener leurs projets à une échelle européenne ou internationale sont invités à consulter régulièrement le site de l'ANR pour en savoir plus sur ces partenariats et ces appels : <http://www.agence-nationale-recherche.fr>.*

Pour ce défi, il s'agit de : Appel JTC de l'ERANET COBIOTECH ; Appel JTC de l'ERANET FLAG-ERA sur le Graphène ; Appel JTC de l'ERANET ERAMIN-II

*La liste des partenariats faisant l'objet d'un accord bilatéral dans le cadre de l'appel à projets générique figure dans le tableau 1 ; on citera notamment pour ce défi : Allemagne ; Autriche ; Suisse ; Luxembourg ; Canada ; Taïwan ; Hong Kong ; Singapour.*

### INTERFACES

*Ce défi couvre des sujets de recherche transversaux à d'autres défis. Il est indiqué ci-dessous dans quel(s) autre(s) défi(s) ces sujets sont traités afin d'orienter les proposant vers le défi le plus adéquat pour leur projet. Il est fortement recommandé de lire le(s) défi(s) dans son (leur) intégralité pour en connaître les contours précis.*

Pour ces sujets transversaux qui concernent largement plusieurs défis (y compris le Défi 3), le lecteur est invité à se reporter au paragraphe « **Multidisciplinarité, transversalités et interfaces** » (pages 39 à 42) dans lequel sont traités les domaines suivants : **Données massives (Big Data), Robotique, Capteurs, Biologie, Bioéconomie-Biotechnologies**.

Les autres interfaces du Défi 3 concernent les thématiques suivantes:

**Bioraffineries et molécules plateforme biosourcées** : la production, à partir des bioressources, de carburants avancés et/ou de molécules plateforme pour l'industrie chimique relève de l'axe 4 du **défi 2**. En revanche, les projets portant sur la fabrication de produits de commodité, de produits à forte valeur ajoutée ou de produits fonctionnalisés à partir des molécules plateforme biosourcées ou sur l'aval des filières de la chimie du végétal (chimie fine, chimie de spécialité) sont à soumettre dans le **défi 3**. Les recherches sur l'intégration dans les territoires des filières d'utilisation de la biomasse, sur leurs impacts environnementaux, sociaux, économiques, sur le développement rural ou local et sur la compétitivité relèvent du **défi 5**.

**Ressources minérales, matériaux** : la production de connaissances sur les gisements de ressources minérales primaires relève du **défi 1** ; les projets portant sur les méthodes et technologies pour extraire, séparer, traiter, recycler les matériaux utilisés par les technologies de l'énergie doivent s'inscrire dans le **défi 3** ; en revanche, toutes les recherches concernant l'utilisation de matières premières minérales pour des applications dans le domaine de l'énergie relèvent du **défi 2**.

Une **connaissance adéquate des processus humains du travail**, au niveau individuel et au niveau socio-organisationnel, sera nécessaire pour concevoir l'usine du futur. Sont particulièrement concernés ici les "nouvelles organisations de la chaîne productive", l'"usine virtuelle", la "robotique industrielle" de l'axe 1 'Usine du futur'. Ces sujets impliqueront un effort de collaboration entre les spécialistes des sciences humaines et sociales et des sciences technologiques car il faudra concevoir des systèmes de production qui intègrent ou corrigent les dimensions humaines en tenant compte de l'utilisateur et de son travail réel. Les recherches basées sur la physiologie, psychologie, sociologie, économie et ergonomie aideront à développer des alternatives à la conception selon laquelle les hommes vont s'adapter à la technologie ou en compenser les défauts.

En revanche, « les mutations du travail et de l'emploi, les transformations des organisations » quels que soient le secteur d'activité et les formes d'emplois, sont traitées dans plusieurs rubriques de l'axe 3 du défi 8 : « marchés du travail et de l'emploi, politiques d'emploi, organisation du travail », « qualité du travail, place du travail dans la société, émotions au travail, lien santé-travail » ; « femmes et hommes au travail : le défi de l'égalité professionnelle »

**Energie** : Les matériaux fonctionnels pour la production et le stockage d'énergie (photovoltaïques, batteries, ...) sont traités dans le défi 2.

**Les molécules pour l'énergie** (applications en électrochimie, à la production d'énergie, aux nouveaux systèmes de stockage moléculaires) sont traitées dans le défi 2. De même, la valorisation du CO2 pour la production de molécules est traitée dans le défi 2.

**Santé** : Les projets traitant principalement de l'usage médical des matériaux sont traités dans le défi 4. De même, les projets concernant les nano-objets innovants pour la santé qui peuvent être accueillis dans l'axe 4 du défi 3, et pour lesquels le verrou étudié concerne principalement l'activité thérapeutique, doivent alors être soumis au défi 4.

**Nanotechnologies** : le défi 3 vise les aspects génériques des nanoparticules, nanomatériaux et de leur assemblage en produits du futur. Les projets portant sur la fabrication/l'élaboration de nanomatériaux en vue de leur intégration dans des composants et/ou dispositifs pour applications STIC, ou plus largement pour des applications en électronique, devront s'orienter vers l'axe micro-nano du défi 7.

La conception, la synthèse, la formulation et la mise en œuvre des Matériaux actifs pour l'électronique flexible et imprimable relèvent du défi 3. Cependant, la fabrication et la caractérisation de dispositifs pour l'électronique flexible et imprimable relève du défi 7.

**LED et OLED** : leur conception et fabrication pour l'éclairage basse-consommation relèvent du défi 3 et, pour les applications en électronique, du défi 7.

#### INTERFACES AVEC LE DEFAS

Les projets traitant de « catalyse » dans ses diverses composantes, que les études soient fondamentales, en rupture, en amont ou plus proches d'applications en cours relèvent du défi 3 et doivent essentiellement être déposées en axe 3.

Les projets traitant de « matériaux, matériaux intelligents et de leur caractérisation » dans leurs diverses composantes, que les études soient fondamentales, en rupture, en amont ou plus proches d'applications en cours relèvent du défi 3 et doivent être déposés dans l'axe leur correspondant.

Les projets relevant du développement de la « chimie théorique et des méthodes de modélisation et calcul » ainsi que des « développements amonts, théoriques et méthodologiques en spectroscopie et spectrométrie » relèvent essentiellement du DefAS.

#### COFINANCEMENTS POTENTIELS<sup>31</sup> DES PROJETS DE CE DEFI

Dans le cadre de ce défi, certains projets pourront être cofinancés par la DGA (Direction Générale de l'Armement).

<sup>31</sup> On entend par cofinancement le fait que l'aide attribuée à un projet provienne pour partie de l'ANR, et pour partie d'un ou plusieurs partenaires co-financeurs de l'Agence.

## Introduction

Dans le prolongement de la structuration stratégique de l'Appel à Projets autour de grands Défis sociétaux décidée par l'ANR, le Défi3 a été organisé, en écho aux travaux de la Stratégie nationale de recherche (SNR), autour des 4 axes suivants :

- Axe 1 : Usine du futur : Homme, organisation, technologies
- Axe 2 : Matériaux et procédés
- Axe 3 : Chimie durable et procédés associés
- Axe 4 : Nanomatériaux et nanotechnologies pour les produits du futur

Ces axes correspondent à une appréciation intégrée des projets de recherche allant de l'amont vers des applications à venir. Ils répondent aux **5 orientations de la SNR qui concernent principalement le Défi 3** :

- Orientation n°11 : Usine numérique
- Orientation n°12 : Usine verte et citoyenne
- Orientation n°13 : Procédés de fabrication flexibles, centrés sur l'homme
- Orientation n°14 : Conception de nouveaux matériaux
- Orientation n°15 : Capteurs et instrumentation

Les projets déposés dans le défi 3 peuvent également correspondre secondairement à d'autres orientations.<sup>32</sup>

Les 4 axes sont ensuite précisés et détaillés en thématiques correspondant à de OPR<sup>33</sup> (Objet Principaux de Recherche) qui ont vocation à permettre **une focalisation de la recherche française sur ces thématiques globales jugées prioritaires** en lien avec la SNR. Les déposants sont invités à considérer que le choix d'un OPR permettra d'identifier la communauté scientifique la plus à même d'évaluer le projet.

Les recherches financées dans ce défi visent à préparer une évolution industrielle prenant en compte :

- la nécessité de mettre en place une compétitivité durable (avec les emplois correspondants et une recherche de cohésion sociale) ;
- les besoins de création de richesses (en minimisant la consommation de ressources) ;
- les contraintes de ce début de siècle, notamment environnementales : empreintes CO<sub>2</sub> et eau, économie d'énergie, réduction des pollutions, élimination des substances toxiques, économie de ressources naturelles, recyclage...

L'industrie française doit tendre progressivement vers une fabrication propre et durable, favoriser une économie circulaire, et ceci en avance de phase sur ses concurrents. La valorisation du capital humain, la place sociale de l'industrie, la flexibilité des procédés de production et leur adaptation aux avancées du numérique, et, bien entendu, l'attractivité et la compétitivité sont également des facteurs clefs du renouveau industriel.

Dans ce contexte, l'objectif du défi est donc de soutenir les projets de recherche permettant cette mutation dans une vision à moyen et long terme. Ce défi concerne des **domaines industriels** (par ex. industries manufacturières, industries chimiques, industries agroalimentaires, ...) et des **disciplines scientifiques** (par ex. organisation du travail, ergonomie, génie industriel, robotique, économie, physique, chimie, mécanique, matériaux, génie des procédés, ...) très larges.

---

<sup>32</sup> Orientation n°4 : Éco et biotechnologies pour accompagner la transition écologique ; orientation n°9 : Réduction de la dépendance en matériaux stratégiques ; orientation n°10 : Substituts au carbone fossile pour l'énergie et la chimie ; orientation n°21 : De la production aux usages diversifiés de la biomasse ; orientation n°29 : Collaboration homme-machine.

<sup>33</sup> Le défi contient 27 sous-axes et 29 OPRs car le domaine « Systèmes catalytiques » de l'axe 3 contient 3 OPRs (Voir annexes de l'Appel à projets générique)

Toutes ces disciplines produisent des acquis de connaissances et de technologies qui favorisent l'émergence d'innovations de rupture à même de renouveler des secteurs industriels parfois très amont dans les chaînes de valeur. L'objectif de ce défi est bien de soutenir des recherches qui peuvent ouvrir de nouvelles voies vers l'innovation technologique, sans que nécessairement les recherches visent directement une innovation particulière. Il s'agit plutôt de rechercher de nouveaux résultats scientifiques permettant à terme cette innovation et la propagation vers l'aval des chaînes de valeur de ces bouleversements dans les chaînes amont.

Ainsi, le renouveau industriel ne passera pas que par un soutien direct aux industries existantes (qui n'est pas le but de ce défi) mais aussi par la capacité que les résultats des recherches que souhaite le défi, offriront à ces industries de se réinventer comme à celle de voir émerger de nouvelles activités industrielles innovantes.

Les (r)évolutions apportées par les recherches attendues dans ce défi que ce soit dans les méthodes de conception et de fabrication ou d'assemblage des objets, comme dans la structure industrielle ou le monde du travail, doivent être pensées et conçues comme source amont d'un renouveau industriel du pays, qui devra conjuguer innovation, économie et réponse aux attentes de plus en plus forte de la société (respect de l'environnement, création de valeur et d'emploi, etc.).

Aussi, en correspondance avec le programme de recherche et d'innovation de l'union européenne, Horizon 2020 et notamment la priorité "primauté industrielle" et le volet "technologies clés génériques" (KET), le défi 3 vise à soutenir des études sur un spectre large de TRL (Technology Readiness Level), allant de recherches fondamentales (TRL 1), largement en amont d'applications éventuelles, à des recherches proches de problèmes industriels (TRL jusqu'à 4). Lorsque pertinents, une analyse de cycle de vie ou même un bilan simplifié du cycle de vie seront appréciés.

#### **Accueil des projets de recherche fondamentale:**

Le besoin de faire émerger des innovations à tous les stades de la chaîne de valeur demande que soient entreprises des recherches dans les différentes disciplines mises en œuvre, avec des maturités très faibles si nécessaires, porteuses des ruptures les plus importantes. **Ainsi, les différents axes prendront en compte les projets amont ou fondamentaux, qui ont vocation à renouveler les approches dans ces domaines à moyen ou long terme.**

### **Axe 1 : Usine du futur : Homme, organisation, technologies**

L'usine du futur doit s'inscrire dans un contexte exigeant. Elle doit répondre à une demande du consommateur pour des produits plus personnalisés. Cela suppose d'organiser une relation flexible et interactive avec le réseau de fournisseurs et sous-traitants. Elle doit également optimiser le produit en concevant des produits haute qualité, durables et à prix compétitifs, au sein d'une chaîne dans laquelle intégrer des services. Par ailleurs, il existe une forte attente sociétale autour d'une usine éco-responsable, sûre et intégrée dans son environnement.

**Soutenir et amplifier le développement des nouvelles technologies du numérique ou de la fabrication** (IoT, Big Data, cloud, simulation, capteurs et machines intelligents, robots collaboratifs, fabrication additive...) représente un premier axe majeur de rupture pour répondre aux enjeux de la production. La compétitivité par l'offre devenant cruciale pour les entreprises, il faut innover plus rapidement en réduisant les temps de développement pour répondre à une demande de produits personnalisés et optimisés.

**Promouvoir une vision et une organisation systémique de l'usine dans ses dimensions cycle de vie et chaîne de valeur** s'impose comme un deuxième axe de rupture, complémentaire au précédent. Les impératifs de flexibilité supposent un processus de développement plus agile, intégré au cycle de vie du produit : le client, acteur du cycle de vie, interagit avec le système industriel dans son ensemble (conception, fabrication,

utilisation, recyclage). La vision « système » de l'usine repose aussi sur l'organisation de la relation avec les fournisseurs (de matière, pièces, services) qui deviennent des acteurs majeurs de la chaîne de valeur et de la performance globale de l'usine.

**Centrer l'usine sur l'humain** est le troisième axe de rupture. Les femmes et les hommes restent au centre des opérations de fabrication alors que l'organisation du travail devient plus flexible, les possibilités de régulation du travail au niveau individuel ou collectif peuvent diminuer. Aussi, un verrou important sera de répondre aux enjeux de production tout en allégeant le travail cognitif et physique de l'opérateur. De nouvelles approches d'automatisation seront nécessaires afin de compenser les limites ou de mieux tirer parti de l'expérience du travailleur. Il faudra faire du système d'information un outil d'aide au travail dans l'usine et évaluer les avantages et les risques d'organisations collaboratives (internes ou externes à l'usine) rendues possibles par l'usine système. La qualité de relation au travail et du management au quotidien contribuera à la responsabilisation, à la reconnaissance et la valorisation des acteurs. Une solide connaissance des processus humains du travail, au niveau individuel et organisationnel, sera donc nécessaire pour concevoir l'usine du futur.

Les projets attendus dans les 7 thématiques décrites ci-dessous peuvent être issus de différentes communautés : Sciences Pour l'Ingénieur, Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication, Sciences des Systèmes, Sciences Humaines et Sociales... Les projets transversaux prenant en compte les aspects technologiques comme les aspects humains sont fortement encouragés car ils sont de nature à apporter une rupture significative pour concevoir les futurs systèmes de production. Enfin, comme la considération de finalités industrielles, la prise en compte de problématiques amont fait partie intégrante des attentes de l'appel à projets. A ce titre, les projets de recherche exploratoires (type PRC) en forte rupture sont particulièrement bienvenus.

### L'Homme dans les nouvelles organisations productives

La conception du système de fabrication moderne reposera sur une répartition optimale des tâches entre humains et machines, ainsi que sur une adaptation plus continue du travail aux capacités physiques, sensorielles et cognitives des travailleurs. Des questions se poseront de façon accrue : comment donner des moyens de régulations individuelles et collectives de l'activité ? Comment intégrer la santé/sécurité dans les logiques de production ? De nouvelles organisations du travail émergent (par ex., entreprises en réseaux) et qui renvoient à des opportunités (par ex., travail en mode projet entre entreprises) et à des risques (par ex., fragmentation des collectifs et responsabilités) qu'il convient d'étudier. L'Homme sera au centre de l'usine pour piloter, décider. Mais comment l'aider à gérer les situations anormales et non anticipées qui constituent un enjeu crucial pour la sécurité du système Hommes-Machines ? Les multiples niveaux de contraintes du processus de fabrication et son caractère dynamique impliquent de combiner les informations de façon signifiante pour que l'opérateur conserve la maîtrise du système. La représentation sémantique du procédé industriel est une piste possible. Elle consiste à reporter des relations et contraintes importantes dans le système (par ex., du point de vue de la production) sur les relations visuelles dans l'affichage, de sorte que les états normaux et anormaux du système puissent aisément être perçus.

### Usine intelligente, connectée, pilotée

L'usine du futur sera intelligente et connectée. Avec l'internet des objets, le produit devient acteur du pilotage de l'usine : il porte les données utiles pour l'approvisionnement de ses constituants comme à la traçabilité de sa fabrication. La connexion avec les données de conception produit et process permet d'adapter en temps réel le process et offre flexibilité et qualité au produit. Compilation, analyse et diffusion des informations captées, machines et flux de produits facilitent les décisions de l'opérateur et de la chaîne de management, augmentant l'efficacité opérationnelle (qualité du produit, efficacité des installations). Les nouvelles technologies, telles que l'humain augmenté, contribuent aussi à faciliter la prise de décision sur les différents postes de travail de la production : fabrication, qualité, logistique, maintenance. Enfin, l'interconnexion des systèmes entre l'usine, ses fournisseurs et ses

clients raccourcit la durée de fabrication, réduit les stocks et contribue à l'agilité du dispositif industriel. L'usine du futur sera un système cyber-physique réparti et interconnecté, incluant des processus temps-réel, de la commande à distance, de la coordination et des échanges de données. La cyber-sécurité est un aspect qui doit être intégré dès la conception de l'usine du futur.

### **Usine virtuelle**

L'usine virtuelle doit permettre d'anticiper les évolutions. Elle nécessite des modèles numériques fidèles aux performances mesurables. Des technologies innovantes d'interaction doivent permettre de valider de nouveaux scénarios d'usage. Il faut maîtriser des solutions avancées de réalité virtuelle et augmentée, des méthodes innovantes de conception et d'optimisation produits-process, des techniques de simulation de la collaboration, des mécanismes de reconfiguration de la production permettant de concevoir juste au premier coup. L'usine virtuelle doit aussi améliorer les activités des équipes d'ingénierie, de production ou de maintenance agissant dans un environnement plus intégré et connecté via les systèmes d'information d'entreprise. Des besoins en formation sont identifiés pour les métiers existants dans l'usine. Le virtuel va donner lieu à la création d'outils pour renouveler les formations, la gestion des connaissances. Les multiples usages de la réalité augmentée pouvant transformer la nature du travail il importe d'en anticiper les effets. Par exemple, des expériences sont lancées pour équiper de lunettes intelligentes les équipes chargées de l'approvisionnement de pièces détachées dans l'usine. Cette situation a-t-elle des effets positifs sur la charge de travail (physique et cognitive) et la régulation de l'activité ?

### **Usine flexible et agile**

L'entreprise doit fournir des produits plus personnalisés et plus complexes, de manière compétitive, dans des marchés de masse mais aussi de niche. Des renouvellements rapides des produits nécessitent une capacité de conception et d'industrialisation intégrant une gestion de la diversité et des services associés aux produits. Il faut donc des possibilités de reconfiguration du système de production, en réutilisant au mieux des sous-ensembles et composants personnalisables, des moyens de production en place, avec des approches « plug&play » et d'ingénierie système, mais aussi de l'organisation industrielle des projets de développement et des process de production. La dimension agilité doit être présente tant dans la prise de décision que dans les process opérationnels dès la phase de conception du produit, du process, du système ou de l'unité de production. Ces exigences imposent également de repenser la place de l'Homme dans les projets, de prendre en compte les interactions avec les équipes d'ingénierie, d'industrialisation, de production ou de maintenance et de penser les évolutions de leurs compétences.

### **Usine verte**

La conformité aux nouvelles réglementations, la hausse des coûts logistiques... incitent l'entreprise à concevoir des systèmes de production plus durables intégrant l'impact économique, environnemental et sociétal. Ces systèmes s'inscriront dans une logique d'économie circulaire et d'éco-conception. Il faut accroître l'innovation sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement pour obtenir des procédés moins énergivores et moins consommateurs de matière. Il faut favoriser la création d'écosystèmes industriels où sont optimisés, à l'échelle locale, la production et la consommation d'énergie, la consommation et les flux de matières. Afin de réduire l'empreinte environnementale, l'éco-conception intègre l'environnement dès la conception du produit ou service, et lors de toutes les étapes de son cycle de vie (de la conception au recyclage). En particulier la conception de la chaîne logistique inverse et des systèmes de production performants dédiés au recyclage et à la réutilisation de tout-ou-partie du produit soulèvent de nombreux problèmes d'optimisation et de gestion industrielle.



## Robotique industrielle et systèmes coopératifs multi-robots

Les robots manufacturiers autonomes sont une composante essentielle de la fabrication et de l'assemblage. Pour permettre une meilleure flexibilité, la programmation en vue d'une réadaptation à des séries ou des produits différents pourrait s'appuyer sur l'utilisation de techniques d'apprentissage et de commande avancées. Le développement de dispositifs de perception, de capteurs ou d'effecteurs performants et novateurs est aussi d'intérêt pour améliorer l'adaptation du robot à la tâche. L'étude de flottes de robots de type AGV déployés dans l'atelier ou l'entrepôt pour la manutention, ou de drones pour l'aide à la coordination de flottes de cobots, pour le transport et la livraison, est également pertinente. Plusieurs questions concernent la collaboration opérateur-robot dans l'usine de demain. Ilot robotisé coopératif, robot mobile, ou cobot/exosquelette, il s'agit chaque fois de diminuer le coût du travail humain : le robot doit apporter précision, endurance et effort là où l'humain capitalise expertise, jugement et décision. Reproduire sur un robot les aptitudes sensori-motrices humaines reste cependant aujourd'hui un enjeu essentiel. Des technologies de capteurs (sensoriels, de perception) permettent d'augmenter la sensibilité du robot, sa dextérité, de le rendre expressif. Peuvent-elles être mobilisées pour rendre plus naturelle l'interaction du robot avec l'opérateur et son environnement de travail tout en le rendant plus sûr ? Enfin, les cobots apprennent par imitation. L'opérateur est alors en mesure de le façonner pour son propre usage.

## Nouvelles technologies de production et de contrôle

L'usine du futur nécessite que la valeur ajoutée apportée soit maîtrisée dans toutes ses dimensions sur le plan technologique. Des technologies innovantes de fabrication, d'assemblage et de contrôle (in-process ou post-process) apportent une forte valeur ajoutée pour des produits personnalisés. Des innovations industrielles, qui nécessitent des propositions scientifiques et techniques nouvelles dans les technologies de contrôle et de mesure, sont attendues. La fabrication additive est une évolution majeure de la fabrication dans l'usine : le gain de complexité offert aux géométries des objets améliore leur résistance, leur poids et l'impact environnemental. Elle présente encore des défis scientifiques considérables et l'amélioration du taux de rendement synthétique des technologies de fabrication innovantes est un enjeu majeur. Une des priorités actuelles des entreprises mettant en place de nouveaux moyens de production est l'assurance qualité. La surveillance à partir de multiples mesures pose des problèmes de traitement de gros volumes de données et d'extraction de connaissances en vue d'actions de correction ou d'assistance à l'opérateur de conduite des nouveaux processus industriels. Les projets attendus doivent cibler l'amélioration de performances de production par l'intégration de ces nouvelles technologies.

## Axe 2 : Matériaux et Procédés

Les matériaux (métaux et alliages, polymères, céramiques et verres, composites, multimatériaux et hybrides, matériaux naturels...) et leurs surfaces et interfaces sont des éléments stratégiques pour le renouveau industriel et la compétitivité des entreprises, en particulier pour les aspects relatifs aux ressources, aux performances (au sens très large), ou aux nouvelles fonctionnalités. Les performances et propriétés de ces matériaux sont indissociables des voies utilisées pour les obtenir (élaboration, mise en forme, assemblage...), que l'on s'efforce de rendre notamment plus économes et plus respectueuses de l'environnement, ainsi que compatibles avec les réglementations. Cette démarche s'applique également au recyclage. Dans cet ensemble de matériaux et procédés, la métallurgie (par ex. procédés d'élaboration, simulations, thermodynamique), la science des polymères, ainsi que les études sur le suivi (instrumentation, mesure...) et le pilotage en ligne des procédés sont jugés comme des enjeux majeurs. Le développement de matériaux destinés à être employés dans des conditions d'utilisation extrêmes (très hautes températures, contraintes mécaniques sévères, forte vitesse de déformation, milieux fortement corrosifs, irradiation...) est également recherché.

Les développements industriels bénéficient de la création de matériaux innovants (multifonctionnels, adaptatifs), de la conception de nouveaux modes de mise en forme d'assemblage, et de procédés fiables, performants, économiques, et susceptibles de suivi et contrôle en temps réel, tout en restant flexibles.

**L'axe cherche à promouvoir des projets de recherche amont pouvant présenter une prise de risque significative. Les porteurs de projets sont invités à déposer des projets innovants, par la nature et/ou les fonctions du matériau, ses procédés d'élaboration et de mise en œuvre, l'association de simulations prédictives... L'amélioration incrémentale de l'existant n'est pas dans les objectifs du défi.**

Les projets devront nécessairement être en cohérence avec les orientations souhaitées par la SNR (Stratégie Nationale pour la Recherche) – conception de nouveaux matériaux, capteurs et instrumentation qui sont elles-mêmes en cohérence avec les OPR de l'axe. Afin de faciliter aux déposants le choix de l'OPR (lors de la soumission), un découpage impliquant un nombre réduit de rubriques (par rapport aux années précédentes) est proposé. Dans chaque cas, quelques indications et illustrations sont données sans prétendre à l'exhaustivité.

Les projets déposés dans le domaine du recyclage et de la substitution sont invités à expliciter le positionnement national de cette demande par rapport à la possibilité de déposer sur ce thème dans l'appel multilatéral qui sera lancé par l'ERANET ERAMIN-II en 2017 et auquel participe l'ANR.

### Matériaux inorganiques fonctionnels

Les matériaux inorganiques (dont les matériaux à base de céramiques ou les verres) ont de nombreuses applications dans notre vie quotidienne, par exemple dans le domaine de l'électronique, du stockage de l'information, du stockage et de la conversion de l'énergie... Il est important de poursuivre les efforts dans ce domaine vers la recherche de nouveaux matériaux à propriétés fonctionnelles (électriques, magnétiques, thermiques...), voire multifonctionnels. On pourra déposer dans cette catégorie des projets destinés au développement de nouvelles structures, de nouvelles fonctionnalités, ou ayant pour finalité de remplacer les éléments sensibles (rareté, risque chimique, coût...).

Les approches de modélisation / simulation des propriétés du matériau en relation avec sa structure ou sa composition, afin d'améliorer sa compréhension et sa maîtrise sont à favoriser.

### Science et génie métallurgiques

Chaque évolution ou innovation de rupture dans la conception ou la mise en œuvre des matériaux métalliques a un impact sur le secteur industriel, en raison du nombre élevé de domaines dans lesquels ceux-ci interviennent : aéronautique, automobile, ferroviaire, construction, emballage.... Le développement d'alliages innovants est un challenge du domaine. Les propositions s'orienteront autour de ce besoin et pourront valoriser l'utilisation d'éléments de bases issus du recyclage. Elles s'articuleront autour d'une approche relation microstructure-propriétés et pourront impliquer l'utilisation de simulations (méthodes de calcul *ab initio*, couplage thermodynamique / cinétique, simulation de la genèse des microstructures). Ces approches, fortement couplées à de l'expérimentation opérant aux mêmes échelles que les simulations, deviennent des outils puissants pour raccourcir les délais de développement et se substituer aux approches empiriques classiques, offrant ainsi au secteur industriel un atout de compétitivité majeur.

### Matériaux polymériques et composites fonctionnels

Sont attendus dans ce sous-axe des projets proposant des avancées dans le domaine de l'élaboration de matériaux à base de polymères, possédant des propriétés particulières (thermomécaniques, autoréparatrices, antiadhésives, antibactériennes...), pour des applications spécifiques (membranes, textiles intelligents, capteurs...).

Des challenges d'intérêt industriel sont encore présents, par exemple, dans le domaine des résines pour matériaux composites, sous la forme de polymérisations contrôlables à des températures modérées, de compositions conduisant à une bonne tenue à des températures élevées, de temps de cycle notablement plus courts qu'actuellement.

### **Surface et interface : fonctionnalisation, traitement de surface**

Le matériau massif assure généralement une fonction principale, par exemple structurale, mais son interaction avec l'environnement est assurée par sa surface et son revêtement éventuel. Les traitements de surface ou les revêtements en couches minces ont pour objet de conférer des caractéristiques ou des fonctionnalités nouvelles en relation avec leur environnement. Les techniques mises en œuvre sont multiples et peuvent également être couplées. On cherchera dans ce domaine à développer des approches innovantes, tant par le procédé proposé, que par les propriétés recherchées.

### **Assemblages**

Les procédés d'assemblage (collage, rivetage, soudage, brasage...) sont très largement utilisés dans le domaine industriel notamment pour la création d'architectures multimatériaux ou de structures complexes. Les problématiques liées aux zones d'hétérogénéité interfaciales (gradient de composition ou de microstructure, localisation des phénomènes sous sollicitation) qui sont inhérentes aux processus d'assemblage seront également traitées. On favorisera les approches couplées expérimentation/simulation, ainsi que le développement de procédés originaux.

### **Mise en œuvre des matériaux**

Pour la mise en œuvre des matériaux par des procédés de transformation ou d'assemblage, il s'agit de bien mettre en relation les spécificités des matériaux avec les procédés utilisés pour les obtenir, en ayant recours notamment aux outils de simulation. L'appel concerne toutes les classes de matériaux, ainsi que les matériaux hybrides. La fabrication additive qui est un des moyens appelé à se développer fortement dans les années à venir est éligible dans cet axe.

### **Méthodes de mesure et instrumentation**

L'augmentation de la qualité et de la productivité des matériaux requiert un meilleur contrôle de leur mise en œuvre. Ceci implique en particulier un suivi en ligne des caractéristiques des matériaux fabriqués, afin d'ajuster en temps réel les conditions d'opération. Pour obtenir ces données, le développement de caractérisations et diagnostics en ligne est fondamental. On recherchera dans cet axe des projets en rupture soit par la technologie de détection, soit par les modes d'action sur le procédé.

## **Axe 3 : Chimie durable et procédés associés**

La chimie durable et les procédés associés sont les bases incontournables d'une industrie dont les produits sont utilisés par nombre de secteurs industriels. Aussi, toute avancée fondamentale, tout concept en rupture dans les synthèses chimiques, le choix des matières premières employées, les procédés mis en œuvre, etc., sur lesquels pourront ensuite être développées des innovations de rupture, ont un grand potentiel d'application dont bénéficieront de nombreux acteurs industriels. Or, ces sciences et technologies de synthèse, de production et de transformation des molécules et matériaux sont en évolution profonde et de plus en plus rapide. La chimie doit aussi répondre aux enjeux du développement durable et placer les impacts sur l'homme et l'environnement au centre de ses priorités. Pour cela, elle doit accélérer l'évolution de ses pratiques pour réduire sa consommation en matières premières, son coût énergétique et environnemental (rejets gazeux et liquides, empreinte toxicologique et écotoxicologique...), tout en créant des molécules, macromolécules et matériaux (polymères ou par assemblages supramoléculaires, ...) aux propriétés innovantes. Cette évolution passe notamment par la diversification des matières premières. Dans ce contexte, la montée en puissance de la chimie du végétal est l'un des éléments de réponse

important auquel doivent s'ajouter une meilleure gestion des ressources en carbone fossile, la recherche de matières premières alternatives et le développement de filières de valorisation des déchets par le recyclage et les usages en cascade. Ceci est aussi amplifié par les développements des biotechnologies industrielles qui donnent accès à de nouvelles familles de molécules plateformes. L'évolution de l'industrie chimique vers une économie « circulaire » doit s'appuyer sur un effort de recherche et d'innovation en chimie et en génie des procédés, associée à des techniques d'activation en rupture. L'éco-conception, l'analyse coûts-bénéfices et l'analyse du cycle de vie doivent être autant que possible intégrées à tous les niveaux de maturité technologique, de manière réfléchie pour que les données acquises soient pertinentes dans une perspective de développement industriel.

Ainsi, les projets attendus concernent la recherche, le développement et la mise en œuvre de procédés conduisant d'une part aux molécules, matériaux, produits actuels et d'autre part à de nouvelles molécules, nouveaux matériaux. Sont notamment attendus des projets explorant des solutions en réelle rupture, permettant l'émergence à terme de productions chimiques très innovantes et compétitives. Ils pourront aborder toutes les étapes de la fabrication allant de la sélection des matières premières, à la mise au point de la voie réactionnelle (recherche de nouvelles réactivités, nouvelles méthodes d'activation, objets catalytiques, solvants « verts » ...) et au procédé associé, intégrant si nécessaire les étapes de séparation et purification. Le développement de procédés plus sûrs et à faible impact environnemental, en s'appuyant notamment sur les concepts de l'intensification des procédés (éco-efficaces), fait également partie des attentes de cet axe. Les applications visées concernent tous les secteurs de la chimie sans exception. Il est rappelé que les thématiques spécifiques relevant du Défi des Autres Savoirs ont été citées au début du Défi 3.

De façon globale, dans toutes les thématiques proposées, les projets soumis dans cet axe pourront être de nature **expérimentale, théorique, technologique, industrielle** (procédés), tout en privilégiant une **approche pluridisciplinaire**. Les travaux **fondamentaux** et ceux proposant des **approches en rupture sont attendus**. Les **projets pourront s'appuyer** sur des **outils expérimentaux** (de préparation, de caractérisation avancée et d'évaluation de propriétés physico-chimiques et toxicologiques) mais aussi sur des **outils de simulation et modélisation à différentes échelles** (de la molécule au procédé). Ils instruiront si possible les conséquences sur **l'analyse du cycle de vie du produit**.

La prise en compte des préoccupations environnementales et sociétales définies par la Stratégie Nationale de Recherche, et en particulier l'orientation « Usine verte et citoyenne », conduit à proposer les objets principaux de recherche prioritaires suivants :

### **Nouvelles molécules, nouveaux schémas réactionnels et outils associés**

Cette thématique s'intéresse à la conception de nouvelles molécules présentant des propriétés originales en accord avec les attentes sociétales.

Les avancées attendues concernent la recherche i) de voies de synthèse, économes en fonctionnalisations intermédiaires et en groupes protecteurs, ii) de solutions de substitution à l'utilisation de substances toxiques, ou conduisant à des produits plus respectueux de l'environnement ou à de nouvelles propriétés plus ciblées (par exemple : nouvelles propriétés thérapeutiques).

Les innovations peuvent concerner de nouveaux schémas réactionnels, de même que des réactions, réactifs et mises en œuvre originales. On s'intéressera également aux innovations dans les domaines de la détection, de la séparation et de la caractérisation de ces nouvelles molécules. Le développement de méthodes de conception et d'évaluation *a priori* de la réactivité en même temps que des propriétés attendues (approche *in silico*) aura un rôle clef, dans un contexte de compétition croissante et de sécurité des installations et des impacts biologiques et environnementaux.

## Chimie biosourcée

Les projets déposés dans cette thématique sont invités à expliciter le positionnement national de cette demande par rapport à la possibilité de déposer un projet sur ce thème dans l'appel multilatéral qui sera lancé par l'ERANET COBIOTECH en 2017.

Les projets en chimie biosourcée devront notamment viser l'obtention de molécules et produits aux propriétés innovantes, basées sur la transformation de matières premières issues du végétal comme de flux secondaires d'industries de transformation des différentes biomasses. La différenciation des propriétés viendra plus particulièrement de la valorisation de la spécificité des structures des matières et molécules, macromolécules et polymères biosourcés. Par exemple peuvent être cités les voies d'hémisynthèse à partir de synthons biosourcés et les procédés associés, la maîtrise de la fonctionnalité ou la formation de composites par association de macromolécules, notamment celles issues d'un fractionnement contrôlé et non intégral de la biomasse, la transformation ou la fonctionnalisation de macromolécules naturelles.

Les projets pourront aussi répondre aux problèmes posés par la diversité et la variabilité intrinsèque de ces matières en recherchant à en limiter l'hétérogénéité, la présence d'impuretés spécifiques de ces flux pouvant contaminer les catalyseurs, ou par le développement des méthodes particulières de transformation et fonctionnalisation des molécules non fossiles (ex : carbohydrate et non pas hydrocarbures). On s'intéressera aussi aux problèmes de recyclage comme à l'identification de nouvelles matières premières renouvelables en tenant compte des gisements disponibles et mobilisables. Il s'agit notamment d'intégrer la possibilité d'usages en cascade et la valorisation en fin de vie. Les problèmes de caractérisation, les procédés d'extraction, de séparation, de purification devront également être regardés. Les spécificités de ces matières premières entraînent également des problèmes en modélisation (représentation de la biomasse) qu'il convient d'intégrer lors du développement de procédés efficaces.

## Systèmes catalytiques

Ce domaine recouvre trois objets principaux de recherche : ***catalyse homogène, catalyse hétérogène et catalyse multiple (et autres systèmes catalytiques)***. La catalyse est un principe essentiel de la chimie durable et au cœur des grands défis industriels de demain. Les innovations attendues concernent aussi bien la mise au point de nouveaux systèmes catalytiques quels qu'ils soient (homogène, hétérogène, multiple) que la mise en œuvre de systèmes performants pour des réactions clés économes en atome.

Des formulations innovantes de complexes catalytiques plus performants et sélectifs (chimio-, régio-, énantio-) sont attendues. Il s'agit notamment d'élaborer des systèmes homogènes à base de nouveaux ligands possédant des propriétés singulières (ambiphiles, coopératifs, redox...) ou de définir des systèmes hétérogènes pour lesquels les interactions entre la phase active, le support et le milieu réactionnel sont optimisées. L'apport des systèmes catalytiques multiples combinant plusieurs principes chimiques ou/et enzymatiques constituera un axe complémentaire. Les projets peuvent aussi traiter de la stabilité des systèmes catalytiques y compris dans des conditions réactionnelles sévères (température, solvant, pH...), à l'influence des impuretés des substrats envisagés et à l'effet des poisons potentiellement présents afin notamment de pouvoir établir des mécanismes de désactivation et de proposer les solutions à apporter. Des avancées sont aussi attendues dans les technologies aval pour le recyclage des catalyseurs (métal et ligands) qu'ils soient homogènes, hétérogènes ou multiples. Une attention particulière doit être portée à l'utilisation de métaux et/ou ligands non toxiques et dont la disponibilité et le coût ne sont pas des critères sensibles.

Des techniques de mise en œuvre spécifiques et innovantes seront les bienvenues, par exemple permettant de maintenir des espèces instables ou hautement réactives (nanoparticules, degrés d'oxydation intermédiaires...) tout en admettant des milieux solvants bénins pour l'environnement.

Toutes les approches (caractérisation notamment in situ, cinétique, modélisation...) permettant d'améliorer la connaissance des étapes catalytiques doivent être considérées. L'association d'autres modes d'activations (électro, photocatalyse, microondes, ultrasons, plasma...) ainsi que l'élaboration de micro- ou nanoréacteurs constituent des thèmes d'intérêt.

### **Biotechnologies blanches, mécanismes bio-inspirés et procédés correspondants**

Les projets déposés dans cette thématique sont invités à expliciter le positionnement national de cette demande par rapport à la possibilité de déposer sur ce thème dans l'appel multilatéral qui sera lancé par l'ERANET COBIOTECH en 2017 et auquel participe l'ANR.

La biologie et les biotechnologies sont en évolution très forte de par l'intensification de la recherche dans ces domaines, l'usage accru de modèles métaboliques des souches, les capacités de transformation ciblée du vivant.... Ces progrès impressionnants permettent d'envisager la substitution d'un nombre toujours plus important de procédés de production chimiques par des procédés biotechnologiques, de même que la production de molécules ou macromolécules plus complexes. Ces procédés devraient pouvoir bénéficier des capacités accrues de modification des microorganismes, notamment de par le raccourcissement des temps de développement de ceux-ci : ainsi, la bio-informatique, le criblage haut-débit, la constitution de bases de données sont des éléments clés de cette évolution. La capacité d'utilisation d'un nombre croissant d'enzymes, allant jusqu'à celle d'enzymes non naturels est aussi un facteur de rupture important.

Eminemment compatibles avec l'utilisation de matières premières renouvelables mais aussi utilisées de plus en plus sur des matières fossiles, les biotechnologies industrielles (biotechnologies blanches) doivent s'intéresser à l'identification, au développement, à la mise au point et à l'optimisation de nouveaux procédés (procédés enzymatiques, procédés fermentaires, mise en œuvre de consortium microbiens, ...) viables économiquement. Ceci demandera la définition de nouvelles voies métaboliques permettant l'accès compétitif à des produits originaux, mais aussi les progrès nécessaires en ingénierie des procédés spécifiques aux biotechnologies industrielles (séparation, ...).

Les procédés et voies de synthèse chimique inspirés de ceux exercés par les organismes vivants (catalyseurs inspirés des enzymes, modes d'activation.) et leur traduction dans des schémas réactionnels nouveaux et industrialisables en insistant sur le recyclage des espèces actives pourront aussi être explorés

Les aspects applicatifs, notamment dans le domaine industriel, pour les bio-capteurs ou la bio-remédiation sont également envisagés.

### **Chimie et synthèse des polymères**

La conception de matériaux polymériques performants et répondants aux attentes sociétales passe par la mise au point de méthodes de synthèse et de procédés économes en matières premières et en énergie. Ceci demande une maximisation des rendements réactionnels, une réduction drastique des quantités de solvants utilisés, une valorisation des produits secondaires et une pureté élevée.

On privilégiera l'utilisation de monomères et oligomères issus de la biomasse ou du recyclage de matériaux en fin de vie. La valorisation de matériaux polymères en fin de vie passe également par le développement de méthodes et de procédés efficaces de dépolymérisation, de dégradation contrôlée ou de modification/fonctionnalisation. La proposition de chimies permettant à la fois la synthèse et le recyclage efficace des polymères sera particulièrement appréciée. D'autre part, il est fortement souhaitable de développer des voies efficaces pour la synthèse de polymères de haute performance permettant l'utilisation dans des matériaux soumis à des conditions extrêmes.

Le présent axe couvre également la conception de nouveaux monomères et oligomères non-toxiques, la fonctionnalisation de polymères naturels et la chimie macromoléculaire de précision. Les projets pourront aussi explorer les chimies permettant la construction de polymères répondant à différents stimuli ou biomimétiques, ou sur lesquels seront basés de nouvelles méthodes d'industrialisation (fabrication additive).

### Chimie supramoléculaire et assemblages moléculaires

L'assemblage de molécules par liaisons faibles joue un rôle essentiel dans le domaine du vivant (structures du vivant aux échelles méso et macro, reconnaissance moléculaire, récepteurs moléculaires, interactions enzyme-substrat,) ou pour la conception de matériaux dits "intelligents" (possédant des propriétés ou des fonctionnalités au-delà de ceux de leurs constituants, auto-réparation, régulation et / ou adaptation autonome, reconnaissance et / ou catalyse supramoléculaire).

Cet OPR concerne notamment la production des synthons permettant la construction d'organisations supramoléculaires, grâce à leurs propriétés d'auto-assemblage ou d'auto-organisation. Elle inclut de même l'étude des architectures ou des assemblages eux-mêmes, comme celle des systèmes moléculaires réversibles ou programmables. La chimie et les relations structure-propriétés associées pourront être abordées tant d'un point de vue théorique qu'applicatif.

### Procédés économes, intensifiés et nouveaux milieux

Cette thématique concerne la recherche de nouvelles méthodes pour développer des procédés innovants, compétitifs et éco-efficients. Il peut notamment s'agir de : i) la conception de nouveaux procédés, notamment ceux en lien avec les chimies particulières innovantes en cours de développement (des nouveaux modes d'activation, des réacteurs intensifiés catalytiques...), ii) la mise en œuvre de technologies nouvelles, sur des opérations unitaires comme sur des procédés entiers, permettant d'obtenir des ruptures économiques comme environnementales. Ce peut être par exemple la miniaturisation des équipements, ou des enchainements réactionnels efficaces en vue de limiter le nombre d'étapes d'un procédé ou de matériels utilisés lors de la mise en œuvre d'un procédé, iii) l'exploration de nouveaux milieux (nouveaux solvants, sans solvant, milieu éco-compatibles, etc.) et iv) la refonte de procédés existants pour en améliorer la compétitivité et l'efficacité environnementale par la mise en œuvre de solutions innovantes : diminution des rejets, recyclage, amélioration du bilan énergétique, couplage des transferts, intégration des rejets à l'économie du procédé.

## Axe 4 : Nanomatériaux et nanotechnologies pour les produits du futur

L'industrie du futur reposera pour partie sur des matériaux multi-fonctionnels et sur des systèmes de mesure et de détection intégrés. Ceux-ci seront d'autant plus performants que l'intégration de leurs fonctions à différentes échelles (micro-macro) et de leur assemblage sera pensée dès l'échelle nanométrique. Cette échelle est encore peu maîtrisée aujourd'hui dans les procédés industriels. La mise au point de ces procédés nécessitera l'organisation de la chaîne de briques scientifiques et technologiques essentielles à ces développements.

Les déposants sont invités à considérer que la présence d'objets ou de phénomènes **spécifiques de l'échelle nano** dans le résultat final visé par le projet doit être le critère principal pour motiver le dépôt du projet dans cet axe 4 plutôt que dans les axes chimie ou matériaux. Les projets proposés dans cet axe doivent donc s'attaquer aux verrous scientifiques et technologiques génériques à l'échelle nano et en préciser le positionnement dans les chaînes de connaissances et de valeurs. Les projets plus applicatifs doivent être déposés dans le défi ad hoc. Les verrous ont été rassemblés en six thématiques (OPR) répondant aux priorités de la Stratégie Nationale de Recherche concernant la « conception de nouveaux matériaux » et les « capteurs et instrumentation ».

## Nano-objets complexes fonctionnels

La première brique technologique pour les produits du futur est la production en volume de nanomatériaux (nanoparticules, nanofils, nanotubes, cœur-coquille...) pouvant être hybrides ou composites. Dans le cas des composites, l'interface peut elle-même être assimilée un nano-objet d'étude. La mise au point de matériaux et substrats innovants pour l'optoélectronique souple doit être considéré comme un sujet transverse à plusieurs approches possibles, (compatibilité avec le vivant, l'adaptation aux structures de formes variables, la communication visuelle etc.) Les schémas de production doivent intégrer si possible les principes d'écoconception et d'objets *safe by design*. La durabilité ainsi que le cycle de vie des nanomatériaux peuvent également faire l'objet d'études. Ces nano-objets peuvent présenter des propriétés fonctionnelles (mécaniques, chimiques, biologiques, thermiques...) permettant d'envisager leur utilisation dans des matériaux aux propriétés nouvelles. Cependant, les projets concernant les nanomatériaux pour les applications électroniques, spintroniques et optiques pour l'information et la communication doivent être déposés dans l'axe 8 du défi 7.

## Gestion des interfaces à l'échelle nano, fonctionnalisation, interaction entre interfaces

La seconde brique technologique requise concerne la fonctionnalisation de surface à l'échelle nanométrique incluant les films ultraminces et la modification de nano-objets, leur apportant ainsi un caractère fonctionnel (réactivité chimique ou biologique, passivation, interaction dirigée entre surfaces, adhésion, propriétés optiques, magnétiques...). Les voies sèches ou humides peuvent être considérées. Les modifications des propriétés physiques des surfaces comme la mouillabilité, l'étude des stabilités des interfaces liquide/liquide, ou liquide/solide, les émulsions fluides, les stabilités des compounds polymères avec charges de stabilisation ou de renforcement font partie de cette approche.

## Assemblages de nano-objets et nano-structuration 2D et 3D

Les capacités à assembler ou diriger l'auto-assemblage de nano-objets constituent un challenge pour obtenir des matériaux fonctionnels bi ou tri-dimensionnels. Les développements des procédés de nanostructuration, de mise en forme et de gestion des assemblées d'objets (électrospinning, revêtements nanostructurés, microfluidique, nanofluidique, rhéologie des nanopoudres...) constituent une autre brique pour la mise en capacité à produire des produits nouveaux (nanostructurés) et peuvent donc être soumis dans cet axe. Dans cette optique, la compatibilité des nanomatériaux avec les procédés industriels peut également faire l'objet d'études.

## Nano-objets et nanomatériaux innovants pour la santé

Les connaissances fondamentales acquises dans les vingt dernières années sur la physico-chimie des nanoparticules peuvent être mises à profit pour apporter des ruptures dans le domaine des applications biotechnologiques. Les projets doivent se focaliser sur la définition et l'étude de nouvelles familles innovantes de nano-objets multifonctionnels (imagerie, encapsulation/vectorisation de produits actifs (hors applications traitement du cancer)). Les projets peuvent traiter des questions amont sur les mécanismes de formation, de stabilité, de biocompatibilité, de relargage et de visualisation.

Si la démonstration *in vivo* d'une capacité thérapeutique est une priorité du projet, ceux-ci doivent être adressés à l'axe 11 du défi 4. Quels que soient les verrous visés, les projets répondant aux besoins de la lutte contre le cancer, le VIH/Sida et les hépatites virales, ne pourront pas être proposés dans ce défi si ces thèmes sont pris en considération par l'INCA et l'ANRS.



## Capteurs innovants à l'échelle nanométrique

La fabrication de capteurs innovants pour l'usine du futur ou en tant que produits est une priorité de la SNR. La conception et l'utilisation de capteurs où la partie sensible est de taille micrométrique (sans nano-structuration ou fonctionnalisation de surface d'épaisseur nanométrique) pour le suivi de procédés relèvent de l'axe 2 du défi 3. Dans cet axe 4, les projets doivent se focaliser sur l'amélioration ou la rupture que peut apporter l'échelle nanométrique aux performances de ces capteurs en termes de détection (physique, chimique, biologique) de sensibilité, de spécificité, de localisation ou d'action. L'intégration de nano-capteurs au cœur des matériaux peut également être considérée. Par contre, la conception de capteurs en tant que composants dans le domaine STIC ainsi que la gestion de leur alimentation (autonome ou non) et de leur capacité de communication relèvent de l'axe 8 du défi 7. La même problématique relève du défi 1 pour le suivi environnemental, du défi 5 pour la sécurité alimentaire et du défi 9 pour les aspects sécurité.

### Instrumentation, caractérisation, caractérisation *in situ*, *operando*

L'utilisation de nanomatériaux requiert une instrumentation dédiée afin de répondre aux besoins de la métrologie et de la caractérisation des nano-objets. Des projets portant sur le développement d'instruments ou de méthodologie instrumentale dans ce domaine sont donc attendus. La détection et le comptage de nano objets dans les milieux complexes, fluides ou solides, dilués ou non, et les méthodologies associées sont également des challenges intégrés dans cette brique. Le couplage de techniques d'analyses sur un même objet ou en un même point font partie de cette brique ; les propriétés physiques sur lesquelles sont fondés ces instruments peuvent être de toute nature (Raman, SERS, LSPR, microscopie optique, principe de super-résolution, microscopie électronique, champ proche, acoustique, magnétique, thermique...). Les méthodes de caractérisation *in situ* voire *operando* sont particulièrement souhaitées lorsque les nanomatériaux sont utilisés dans des dispositifs fonctionnels.

Un objectif de l'axe est de favoriser l'accroissement des liens entre les laboratoires académiques et les entreprises pouvant aller jusqu'à un transfert technologique. **Les projets pourront donc être de nature expérimentale, théorique, technologique, industrielle et instrumentale pouvant inclure des aspects fondamentaux d'acquisition de connaissances. Les projets pourront se focaliser sur des aspects en forte rupture avec l'existant, mais ils pourront également se focaliser sur des étapes de production demandant l'élimination de verrous technologiques mettant en jeu la dimension nanométrique.** D'un point de vue général, les aspects modélisation et simulation peuvent être présents dans des projets répondant à l'ensemble des verrous définis précédemment ou faire l'objet de projets spécifiques.

Les projets traitant de graphène et autres matériaux 2D sont invités à présenter les liens potentiels avec l'initiative européenne FET Flagship « Graphene ».



## DEFI 4 - Vie, Santé et Bien-être

### COLLABORATIONS EUROPEENNES ET INTERNATIONALES

Les thématiques 2016/2017 priorisées pour un support à l'international sont contextualisées ci-après et listées en complément dans tableau 1 et tableau 2. Ces listes étant susceptibles d'évoluer, les déposants qui souhaiteraient mener leurs projets à une échelle européenne ou internationale sont invités à consulter régulièrement le site de l'ANR pour en savoir plus sur ces partenariats et ces appels : <http://www.agence-nationale-recherche.fr>.

Ce défi est particulièrement concerné par les actions suivantes :

- Appel à projets franco-américains en neurosciences computationnelles en lien avec le programme « Collaborative Research in Computational Neuroscience » (CRCNS), avec les Etats-Unis (NSF, NIH), l'Allemagne (BMBF) et Israël en association avec le défi 7,
  - ERA-NETS intégrés dans la programmation européenne du 7e PCRD ou Horizon 2020
  - EuroNanoMed 3 – Nanomédecine,
  - Era-Net EraCoSyMed – Médecine des systèmes,
  - E-Rares 3– Maladies rares,
  - Era - CVD - Pathologies cardiovasculaires,
  - ERA-NET to support JPI HDHL – Biomarqueurs en Santé / Nutrition,
  - ERA-NET to support JPI HDHL - Intestinal Microbiomics,
  - ERA-NET Cofund Neuron3 - Neurosciences,
  - Appels à projets dans le cadre du JPND Maladies neurodégénératives
  - FLAG-ERA (en lien avec le Human Brain Project),
  - Appel à projets dans le cadre du JPI AMR – résistance aux antimicrobiens ;
  - Appels à projets dans le cadre de l'EJP Concert - Radioprotection (sans financement ANR)

### INTERFACES

Ce défi couvre des sujets de recherche transversaux à d'autres défis. Il est indiqué ci-dessous dans quel(s) autre(s) défi(s) ces sujets sont traités afin d'orienter les proposant vers le défi le plus adéquat pour leur projet. Il est fortement recommandé de lire le(s) défi(s) dans son (leur) intégralité pour en connaître les contours précis.

Pour ces sujets transversaux qui concernent largement plusieurs défis (y compris le **Défi 4**), le lecteur est invité à se reporter au paragraphe « **Multidisciplinarité, transversalités et interfaces** » (pages 39-42) dans lequel sont traités les domaines suivants : **Données massives (Big Data), Robotique, Capteurs, Biologie, Bioéconomie-Biotechnologies**.

Les autres interfaces du Défi 4 concernent les thématiques suivantes :

Les aspects de **santé publique** représentent une interface forte avec le **défi 8** et bénéficieront d'experts communs. L'approche médicale ou épidémiologique des inégalités de santé est confiée au **défi 4**, mais leur analyse sociologique ou économique (accès aux soins, couverture assurantielle, vulnérabilités, déterminants liés au capital social, aux liens entre générations) relève du **défi 8**.

Les aspects de **Santé environnementale** inscrits dans l'Axe 13 sont également gérés en interactions étroites entre défis, défi 1, 4 et 5 principalement, mais également défi 8 pour les aspects comportementaux et leur influence sur les expositions, et le défi 7 pour les aspects de modélisation.

**Menace NRBC et gestion de crise:** les recherches liées au management des agents de la menace NRBC (Nucléaire, Radiologique, Biologique, Chimique), ou à la gestion de crise (face à ces menaces ou à des risques environnementaux) sur le plan opérationnel, organisationnel, logistique, économique... relèvent du **défi 9**.

**Axes en interface dans les différents défis** : pour les axes communs aux différents défis ou lors de similitudes de thématiques entre les axes de différents défis, les porteurs sont invités à déposer dans le défi 4 lorsque le projet contient une partie de recherche importante dans le secteur biologique ou physiologique / physiopathologique, ou d'application aux pathologies ou d'implication des patients.

**Recoupements entre les différents axes au sein du défi 4** : lorsque leur projet peut s'inscrire dans différents axes, les déposants sont encouragés à s'inscrire dans l'axe le plus spécifique disponible : par exemple, physiopathologie des agressions externes toxiques ou infectieuses sans volet environnemental dans l'axe 3 Exploration des systèmes et organes et de leur fonctionnement normal et pathologique ; les projets de plasticité synaptique dans neurosciences, la biologie des lymphocytes en axe 6, ...

### COFINANCEMENTS POTENTIELS<sup>34</sup> DES PROJETS DE CE DEFI

Dans le cadre de ce défi, certains projets pourront être cofinancés par la CNSA (Caisse Nationale de Solidarité pour l'Autonomie) ou la DGOS (Direction Générale de l'Offre de Soins).

## Introduction

Le défi « Vie, santé et bien-être » recouvre un large champ de recherche pour répondre à la naturelle aspiration des citoyens à leur bien-être dans un contexte d'optimisation des politiques de Santé. Celle-ci implique l'avancée du front des connaissances, en développant les recherches les plus fondamentales sur les mécanismes du vivant à différents niveaux : moléculaire, cellulaire, tissulaire, systémique et organique. L'intégration est nécessaire et crée des frontières avec les sciences de la matière, de l'environnement et les sciences humaines. L'analyse multi-échelle de la diversité et des évolutions du vivant vise à identifier, quantifier et formaliser les propriétés de l'ensemble du vivant, de la molécule et des fonctions biologiques élémentaires jusqu'aux systèmes et aux populations. Les projets participant au socle de connaissance générique peuvent s'adresser à tous les clades, considérés comme cible primaire de la recherche ou comme organismes modèles. Ces études s'appuyant sur la diversité des modèles expérimentaux bénéficieront, en particulier, au développement de la biologie de synthèse et de la biologie des systèmes. Elles contribueront à ouvrir des voies originales dans les domaines industriels, environnementaux et médicaux.

Les sciences de la vie et de la santé constituent un champ en permanente évolution au regard des concepts, des échanges entre disciplines, et des enjeux scientifiques, technologiques, sanitaires et socio-économiques. La santé humaine bénéficie aujourd'hui d'une extraordinaire accélération de la production de données provenant de cette observation du fonctionnement des organismes vivants à toutes les échelles et de la conjonction d'approches pluridisciplinaires. Les approches et les concepts de la biologie font désormais appel aux domaines de l'ingénierie, de la physique, de la chimie, des biomatériaux, des mathématiques, de l'informatique, des sciences humaines, économiques et sociales, et nourrissent en retour ces disciplines en impulsant les technologies bioinspirées.

Ce champ de la recherche particulièrement large doit tenir compte d'un contexte marqué notamment par le vieillissement croissant de la population ou les changements de cadre de vie et de comportement social. Ces éléments peuvent favoriser le développement de pathologies nécessitant des mesures de prise en compte nationales, telles que les atteintes du système nerveux, les pathologies métaboliques ou nutritionnelles, ou les maladies infectieuses.

<sup>34</sup> On entend par cofinancement le fait que l'aide attribuée à un projet provienne pour partie de l'ANR, et pour partie d'un ou plusieurs partenaires co-financeurs de l'Agence.

« Vie, santé et bien-être » constitue donc un défi riche de potentialités aux frontières de la connaissance et de son transfert vers l'individu et la société. Ce défi représente également un vecteur d'innovation et de croissance économique pour les secteurs industriels des biotechnologies, de la pharmacie, du diagnostic et du dispositif médical.

Le défi Vie, Santé Bien-être du PA2016 de l'ANR est structuré en 13 axes, se positionne en concordance avec l'avis du Conseil Supérieur de la Recherche sur les orientations prioritaires du défi " santé et bien-être " de la SNR et s'articule autour des onze orientations de recherche qu'il propose. Il contribue aussi à quatre des programmes d'action de la SNR devant être traités avec une urgence particulière : l'explosion du volume de données numériques et leur valorisation, le rôle premier de la science et de l'innovation dans l'analyse et la gestion du risque climatique, la révolution de notre compréhension du vivant et la nécessité de développer une offre de soin innovante et efficace.

L'action de l'ANR se veut complémentaire des actions portées par d'autres organes de financement. Par exemple, l'ANR n'a pas vocation à soutenir les recherches sur le Cancer, le VIH/Sida et les hépatites virales, déjà prises en charge par l'Inca, le Plan Cancer, et l'ANRS. Les projets dans ces domaines mais en partenariat avec des industriels pourront toutefois être soutenus par l'ANR, ainsi que les projets soumis dans le cadre des appels à projets de type ERA-NET ouverts à ces thématiques. Les projets de recherche clinique seront préférentiellement soumis au Programme Hospitalier de Recherche Clinique (PHRC), et les projets de recherche sur les systèmes de santé et de soins au Programme de Recherche sur la Performance du système des Soins (PREPS) de la Direction générale de l'offre de soins (DGOS).

Le défi « Vie, santé et bien-être » s'appuie sur trois approches-piliers :

- (i) La première vise à décrypter les mécanismes multi-échelles de la cellule vivante, de la physiologie, du développement et du vieillissement mis en œuvre dans les formes du vivant, une étape indispensable à la compréhension et au diagnostic des pathologies dérivées du dysfonctionnement de ces mécanismes. Les approches doivent dépasser le stade descriptif de l'observation et du séquençage des génomes et aborder la compréhension des mécanismes fonctionnels intimes.
- (ii) La seconde vise à une meilleure connaissance des processus pathologiques et ouvre vers des approches de soustraction au risque, de prise en compte au niveau de l'individu comme de la communauté, ou de la mise en place de stratégies de compensation. Elle implique aussi des approches en innovation biomédicale : nouveaux biomarqueurs biologiques ou en imagerie de la cellule, du tissu et de l'organisme, nouvelles cibles et molécules thérapeutiques, criblages innovants à haut-débit et haut-contenu, innovations en galénique et pharmacologie, biothérapies régénératrices et de substitution, biomatériaux, recherche technologique en e-santé et télé-médecine.
- (iii) La troisième concerne la santé publique et les sciences sociales de la santé. Elle explore en particulier les chaînes causales des inégalités socio-économiques, de genre, environnementales ou culturelles, les effets de chocs de santé ou de la chronicité sur les individus ou leur environnement ; les dynamiques sociales, économiques et politiques relatives à l'innovation en santé et la régulation des activités liées à la santé ; la recherche méthodologique, quel que soit le domaine d'application.

L'ANR apportera aussi son soutien dans le cadre du défi 4 à certaines actions internationales ou européennes.

Afin de répondre aux enjeux du défi « Vie, santé et bien-être » et d'encourager des domaines transversaux en émergence, 13 axes scientifiques, pour la plupart transversaux et pluridisciplinaires, seront particulièrement soutenus en 2016. **La plupart de ces axes sont très ouverts aux projets de recherche fondamentale, pour laquelle un effort de soutien particulier pourrait être mis en place.**

Par ailleurs, les travaux de la Stratégie Nationale de Recherche ont permis d'identifier 2 orientations prioritaires de recherche pour ce défi dont l'orientation n°16 : Analyse multiéchelle de la diversité et des évolutions du vivant et l'orientation n°17 : Traitement et collecte des données biologiques.

## **Axe 1. Etude des systèmes biologiques, de leur dynamique, des interactions et interconversions au niveau moléculaire**

L'objectif de cet axe est de caractériser les mécanismes biologiques et les machineries moléculaires à l'œuvre dans le fonctionnement et les dysfonctionnements des systèmes vivants. Il s'agit de comprendre, visualiser et quantifier les processus biochimiques et physicochimiques permettant aux composants moléculaires d'œuvrer ensemble dans leur environnement cellulaire. Cet axe inclut des recherches pouvant faire appel à différents champs : chimie, physique, informatique, biophysique, biochimie, biologie moléculaire, structurale, imagerie, avec pour objectif de décrypter et prédire les architectures des macromolécules biologiques et de leurs complexes, la dynamique de leurs interactions et leurs réactivités au sein de systèmes cellulaires ou subcellulaires.

Cet axe vise notamment à élucider des questions biologiques avec des approches de biologie structurale intégrative, à soutenir et à inciter de nouveaux développements technologiques pour la recherche, par exemple des approches sur molécules ou cellules uniques, des stratégies originales dans les domaines en émergence en biologie structurale, microscopie à super-résolution, spectroscopie de masse ou "Chemical Biology". Il pourra aussi concerner de nouvelles approches expérimentales visant à agir sur le vivant avec des applications possibles en biologie fonctionnelle et en santé humaine (sonde, inhibiteurs, molécules à visées thérapeutiques ou diagnostiques) ou en biotechnologies. Il inclut la conception de nouveaux systèmes biologiques (biologie de synthèse).

## **Axe 2. Décryptage des fonctions biologiques élémentaires et de leur intégration**

Cette rubrique vise à comprendre comment les cellules, bactériennes, animales et végétales sont constituées à partir d'assemblages moléculaires, comment elles croissent, se multiplient, se différencient, meurent, sont remplacées et se déplacent en réponse aux stimuli de l'environnement, comment elles coopèrent pour former un organisme multicellulaire, un tissu, un organe, et comment ces mécanismes se sont mis en place au cours de l'évolution. L'émergence de nouveaux modèles d'étude sera soutenue, en particulier des modèles à cycle de vie court capables de se reproduire en laboratoire. Cette action couvre l'étude des cellules souches adultes, fœtales ou embryonnaires dans toutes les espèces et modèles appropriés : auto-renouvellement, différenciation et remodelage tissulaire normal ou pathologique.

## **Axe 3. Exploration des systèmes et organes et de leur fonctionnement normal et pathologique**

Cet axe vise :

- la compréhension de l'assemblage hiérarchique des composants moléculaires et cellulaires des tissus et des organes, ainsi que des voies métaboliques sous-jacentes, de leurs interactions et des propriétés physiologiques que ces interactions génèrent,
- la compréhension de ces propriétés au sein des organismes dans leur entier et à l'interface de l'environnement,
- la compréhension des mécanismes de leur altération dans les processus pathologiques,

- le soutien des projets abordant l'ensemble des déterminants (biologiques, comportementaux, psychologiques et sociaux), en particulier dans le domaine des pathologies métaboliques et de la nutrition.

**Actions internationales** : Les projets de l'ERa-CVD, certains projets de l'Era- Net EraCoSyMed et certains projets dans le cadre de l'Era- Net E-Rare 3 seront rapportés à cet axe. Les projets du JPI HDHL hors microbiotes seront rapportés à cet axe.

#### Axe 4. Systèmes informatiques et numériques, recherche méthodologique, informatique et statistique pour répondre aux défis conceptuels de la biologie et de la santé, associations génotype-phénotype, organismes et pathologies virtuelles

Cet axe concerne :

- Les outils de bioinformatique, biostatistique et modélisation en biologie, intégrant les données de la biologie à haut débit. Cette action recouvre la récolte de données massives et hétérogènes, le traitement et, l'interprétation de ces données et la simulation numérique. Le développement de modèles et les méthodes permettant leur confrontation aux données font également partie de cet axe.
- Les outils de bioinformatique et biostatistique en recherche préclinique et clinique, épidémiologie, y compris en intégrant l'impact sur l'organisation du système de santé. Sont concernés : le démembrement nosologique des maladies communes, la compréhension de leur physiopathologie et l'évaluation des interventions. Cette action recouvre l'analyse des données massives, l'exploitation pour l'aide à la prise de décision, les échanges de données, l'accès, la sécurité et l'éthique de la gestion de ces données.
- La médecine numérique et personnalisée consistant notamment à créer à partir des données ci-dessus une biologie-médecine virtuelle (simulation *in silico* anatomo-fonctionnelle- métabolique) réaliste et la confronter aux données acquises par des systèmes physiques en biologie et/ou en médecine (patients), combinant les technologies de santé et la compréhension des systèmes vivants.

Cette action inclut la prise en compte des dynamiques sociales et des problématiques éthiques liées à ces innovations biomédicales.

**Actions internationales** : Certains projets financés dans le cadre des AAP Neurosciences computationnelles CRCNS ou de l'EraNet EraCoSyMed pourraient être rapportés à cet axe.

#### Axe 5 : Génétique et Génomique : organisation des génomes et interactions génome environnement, régulation de l'expression des gènes, épigénétique, relations génotype-phénotype

Cette action vise à appréhender les bases génétiques et épigénétiques du fonctionnement du vivant chez différents organismes ainsi que les mécanismes génétiques et les défauts de l'expression génique à l'origine des maladies humaines.

- l'ambition est la caractérisation de la variabilité des génomes, des mécanismes responsables de leur intégrité, de la transmission fidèle de l'information génétique, des principes d'organisation et d'évolution des génomes.
- Les régulations/dérégulations transcriptionnelles, post-transcriptionnelles et traductionnelles, l'analyse des variations génétiques, en particulier celle des régions génomiques cibles des modifications épigénétiques, et l'implication des ARN non codants et des processus de maturation des ARN, seront abordés par des études réalisées sur des modèles cellulaires, sur des espèces non-humaines, modèles ou non, ou sur des cohortes de patients et des populations contrôles.

## Axe 6. Microbiome et relations microbiotes-hôte

Les descriptions récentes de nouvelles souches microbiennes, y compris celles de séquences nucléotidiques virales, et des relations potentielles entre microbiotes et pathologie(s) ont permis l'accumulation de connaissances qu'il est urgent de renforcer pour parvenir à une vision intégrée du microbiome présent dans chaque organisme humain et animal.

L'objectif est notamment de favoriser les recherches interdisciplinaires incluant recherches omiques, haut débit, outil d'analyses bioinformatiques dédiés à des molécules sous représentées, logiciels adaptés au recueil des données et modélisation pour élucider les mécanismes moléculaires impliqués dans l'"équilibre/adaptation" entre les communautés microbiennes et leur hôte (symbiose) ainsi que les "fonctions/dysfonctions" des microbiomes (dysbiose) et leur impact sur l'organisme en général.

Les recherches sur les relations entre microbiotes et pathogènes, en particulier sur l'impact des microbiomes sur la sensibilité aux infections seront encouragées. Dans ce cadre, les questions de communautés de microorganismes et de leur évolution seront abordées, y compris par de la modélisation. En particulier, les travaux portant sur le rôle du microbiome dans la résistance aux antibiotiques seront soutenus. Enfin, l'étude du microbiome en tant que facteur intervenant dans la survenue ou biomarqueur prédictif de maladies inflammatoires des muqueuses ou d'autres pathologies est également incluse dans cet appel d'offre.

Les projets de physiologie centrés sur nutrition/ digestion et flore digestive hors pathologie seront toutefois à adresser au défi 5.

**Actions internationales** : Les projets liés aux microbiotes financés dans le cadre d'actions menées par le JPI HDHL (Maladies infectieuses humaines) seront rapportés à cet axe.

## Axe 7. Exploration du système nerveux dans son fonctionnement normal et pathologique

Cet axe couvre trois grands domaines de recherche :

### Comprendre le fonctionnement du système nerveux et des organes des sens : approches fondamentales

Il s'agit de comprendre la logique de l'assemblage hiérarchique de milliers de composants moléculaires, cellulaires et tissulaires du système nerveux et des organes des sens, comment leur dynamique et leur plasticité génèrent les propriétés fonctionnelles du système nerveux (par exemple code neural). Il s'agit aussi de comprendre les différents niveaux de hiérarchie et d'interactions propres au fonctionnement du cerveau (par exemple, ensembles neuronaux, réseaux d'ensembles, actions intégrées) sans quoi il est impossible d'aborder les propriétés cérébrales de haut niveau (par exemple, intégration multi-sensorielle, reconnaissance des objets et des actions, prise de décision, mémoire, comportement, cognition) ainsi que des aspects spécifiques au cerveau de l'être humain y compris dans sa dimension sociale (par exemple, conscience de soi, prise de perspective, pensée délibérée, langage, relations avec autrui).

### Santé mentale, psychiatrie et Addictions

Ce domaine vise à soutenir des projets abordant l'ensemble des expressions de la santé mentale, de la psychiatrie et de l'addiction. Il vise à comprendre les mécanismes et les déterminants biologiques et sociaux de ces troubles, pour le prévenir et les traiter.

Il a pour objectif de favoriser les complémentarités et les synergies entre la recherche fondamentale et les recherches précliniques, cliniques, épidémiologiques, en SHS, et en technologies pour la santé dans le domaine de la santé mentale de la psychiatrie et des addictions.



L'approche épidémiologique des inégalités de santé en matière de santé mentale relève de l'axe (Santé Publique) du défi 4, leur analyse sociologique ou économique (accès aux soins, couverture assurantielle, vulnérabilités, déterminants liés au capital social, à la prise en charge) relève du défi 8; les dispositifs connectés relèvent du défi 4 axe 13.

### Neurologie et pathologies des organes des sens et actions de recherche sur les maladies neurodégénératives

Ce domaine concerne les pathologies du système nerveux y compris les pathologies cérébrovasculaires et les pathologies des organes des sens à l'exception des aspects non neuronaux qui relèvent de l'axe 3. Il visera à comprendre les mécanismes de ces pathologies à les prévenir et les traiter.

Ce sous-axe a pour objectif de favoriser les complémentarités et les synergies entre la recherche fondamentale et les recherches précliniques, cliniques, épidémiologiques, en SHS, et en technologies pour la santé.

**Actions internationales** : les actions autour de l'ERA-NET Cofund Neuron 3 (Neurosciences), certains projets de l'action CRCNS (Neurosciences Computationnelles) avec la NSF-NIH (USA), le BMBF (Allemagne) et Israël, et les actions autour de l'ERA-NET FLAG-ERA concernant le Human Brain Project ainsi que les actions autour du JPND (Maladies Neurodégénératives) et de la participation au réseau international CoEN seront rapportées à cet axe.

### Axe 8. Approche intégrée des réponses immunitaires

Face à l'incidence croissante des pathologies immunes, inflammatoires, allergiques, de rupture de tolérance, l'objectif est de caractériser les acteurs moléculaires et cellulaires impliqués dans les défenses de l'organisme et réactions inflammatoires au cours des réponses adaptatives et innées, de manière à établir une analyse intégrée du système immunitaire en situations normale et pathologique. Les travaux visant à caractériser les bases moléculaires et les voies fonctionnelles impliquées dans les déficits immunitaires et les pathologies hyperimmunes, à améliorer l'efficacité vaccinale et à prévenir l'organisme des réponses immunes délétères seront également soutenus. Le développement de nouveaux modèles animaux permettant de mieux appréhender l'évolution des pathologies auto-immunes et inflammatoires ainsi que de logiciels informatiques aidant à la modélisation des réponses est inclus dans cet appel d'offre.

**Actions internationales** : Certains projets dans le cadre du JPI-AMR (Résistances antimicrobiennes) seront intégrés dans cet axe.

### Axe 9. Inégalités sociales de santé, prévention, soins primaires, politiques et services de santé (axe conjoint avec le défi 8, axe 8)

Les recherches en santé publique se situent à la croisée du défi 4 (« Vie, santé, bien-être ») et du défi 8 (« Sociétés innovantes, intégrant et adaptatives »). Les projets afférents seront évalués par les mêmes experts, au sein d'un comité unique et interdisciplinaire. L'objectif est d'articuler la recherche transdisciplinaire et d'enrichir le débat sur des interventions possibles autour des principales causes et expressions d'inégalités sociales ou de vulnérabilité liées à la santé en France. Une réponse adaptée des pouvoirs publics suppose que des analyses préalables soient réalisées sur les dimensions sociales, comportementales, psychosociales, économiques et biologiques, tentant d'élucider les effets de certains déterminants sociaux sur la santé, ou d'identifier l'ampleur et la nature des phénomènes échappant à cette analyse. Cette action inclut le développement de recherches sur les politiques de santé ainsi que sur l'efficacité et l'équité des services de santé, et le lien entre système de santé et la société. Cet axe est en interface forte avec le défi 8, axe 2, qui prendra en charge les projets centrés sur les aspects SHS et sociétaux.

## Axe 10. Recherche translationnelle en santé

L'action incitative sur la recherche translationnelle entend financer des études qui se situent en aval des projets exploratoires des laboratoires de recherche et en amont des projets cliniques soutenus par le Programme Hospitalier de Recherche Clinique (PHRC) de la DGOS. L'objectif est de soutenir des projets collaboratifs concernant des questions scientifiques situées à l'interface entre la recherche fondamentale et la recherche clinique.

Cette rubrique recherche translationnelle a pour vocation le décloisonnement de l'amont et de l'aval, en particulier pour ce qui est des aspects de physiopathologie. Les résultats de la mise en œuvre de ces projets doivent permettre la formulation de nouvelles hypothèses susceptibles d'être testées dans le cadre d'une recherche clinique. Les déposants qui souhaiteront solliciter un cofinancement ANR-DGOS de leur projet dans le cadre d'une action commune possible de type « Programme de Recherche Translationnelle en Santé » (PRTS), devront soumettre dans cet axe.

## Axe 11. Innovation médicale, nanotechnologies, médecine régénérative, thérapies et vaccins innovants

Cette action ciblée soutiendra les projets de recherches biologiques et biomédicales finalisées. Elle pourra favoriser deux typologies de projet : (i) les projets à fort potentiel d'innovation associés à l'acquisition de connaissances, de conception ou de maturation technologique pertinent dans l'objectif d'un transfert industriel ; (ii) les projets visant le développement et le transfert de connaissances entre des partenaires industriels et académiques dans le domaine de la santé afin de renforcer la compétitivité française dans le secteur biomédical. Le champ concernera uniquement les innovations destinées à la santé autour des aspects de recherche et la validation de méthodes diagnostiques (incluant identification et validation de biomarqueurs, dépistage, et pronostic), de cibles thérapeutiques et de traitements, et des aspects d'industrialisation et de production. Les projets étudiant la dynamique de l'innovation biomédicale en Santé peuvent soumettre dans cet axe.

<p><b>Actions internationales</b> : les actions autour de l'ERA-NET EuroNanoMed 3 (Nanomedecine) seront rapportées à cet axe.</p>
---

## Axe 12. Technologies pour la santé

Les sciences de l'ingénieur, les sciences du numérique, et les mathématiques, adossées aux sciences de la vie et de la santé, sont des outils puissants de transformation de la qualité de vie dans les secteurs de la santé et de l'autonomie, et déterminants pour le progrès de la médecine. Le champ intègre les technologies associées à la compensation du handicap ou de la perte de l'autonomie. Cette action pourra favoriser deux typologies de projet : (i) les projets à fort potentiel d'innovation associés à l'acquisition de connaissance, de conception ou de maturation technologique pertinent dans l'objectif d'un transfert industriel; (ii) les projets visant le développement et le transfert de connaissances entre des partenaires industriels et académiques dans le domaine de la santé afin de renforcer la compétitivité française dans le secteur des technologies pour la santé. Les projets concernant les outils de recherche pour un développement industriel sont également pertinents pour cet axe. Les projets étudiant la dynamique de l'innovation technologique en santé peuvent soumettre dans cet axe.

## Axe 13. Environnement-Santé - « One Health » (axe conjoint des Défis 1, 4, 5)

*Cet axe est commun aux défis sociétaux 1, 4 et 5 ; les projets qui y seront soumis seront évalués conjointement. Il concerne les domaines à l'interface entre ces défis, ou des approches particulièrement transdisciplinaires.*

Le concept « Une seule santé » (« One Health ») postule que les dynamiques épidémiologiques et les jeux d'acteurs qui conditionnent la santé des populations animales et humaines sont à étudier dans leurs contextes microbien, écologique, socio-économique et politique, à l'interface de la santé humaine, de la santé animale et de la santé des écosystèmes. Les approches « One Health » constituent un cadre de travail fonctionnel pour aborder de façon intégrée et interdisciplinaire : 1) les effets des facteurs environnementaux sur les espèces vivantes et sur la santé humaine, 2) la place de l'environnement parmi les différents déterminants de santé, 3) l'impact de multiples déterminants sur les maladies, la santé et les systèmes de santé. Elles sont soutenues par la notion d'exposome et impliquent une analyse cohérente des risques émergents.

L'étude des effets des facteurs environnementaux sur les espèces vivantes ou sur la santé humaine et de la place de l'environnement parmi les différents déterminants de santé, concerne les impacts des contaminants (physiques, chimiques et biologiques) en prenant en compte les différents milieux et les différentes expositions. Elle concerne aussi les interactions entre environnement, santé animale et santé humaine et le rôle de l'environnement dans la dynamique des pathogènes et des maladies émergentes et réémergentes (écologie de la santé).

Il s'agit à la fois de mieux comprendre les phénomènes, les mécanismes, d'évaluer les risques, de proposer des méthodes de surveillance, de lutte et des politiques adaptées. Des coopérations sont donc attendues entre les différentes disciplines des sciences biologiques et médicales, de l'environnement et de l'écologie, physique, chimique, des mathématiques et de la modélisation, des sciences humaines et sociales....

Trois sous-axes seront considérés :

### **Toxicologie environnementale.**

En toxicologie environnementale, les approches encouragées sont celles des voies ou réseaux de toxicité, de biologie systémique, d'épigénétique et celles qui ciblent des phases vulnérables du cycle de vie des individus, les effets transgénérationnels, les effets des mélanges notamment à faibles doses, ou les traits d'histoire de vie clés pour la dynamique des populations dans l'environnement. Un accent particulier sera porté sur les contaminants émergents et les perturbateurs endocriniens.

### **Contaminants, écosystèmes et santé.<sup>35</sup>**

Ce sous-axe s'intéresse à l'étude du transfert et de la toxicité des contaminants, de leurs métabolites et produits de transformation, sur les écosystèmes et la santé des populations humaines et sur la relation travail santé.

Des approches multidisciplinaires sont attendues pour : 1) étudier la notion d'exposome, les interactions entre différents contaminants et leurs effets cumulatifs éventuels ; 2) modéliser les transferts de contaminants dans les différents milieux et les réseaux trophiques, leurs remontées dans les chaînes alimentaires animales et humaines, et leurs impacts sur les écosystèmes et leurs composantes ; 3) caractériser les risques émergents et établir des systèmes adéquats de surveillance, et analyser les conditions sociales d'évaluation de ces risques, de débats et de prise de décision; 4) améliorer les capacités prédictives grâce à des approches systémiques ; 5) analyser les relations entre changements environnementaux et

<sup>35</sup> Ce sous-axe s'inscrit notamment dans les orientations de recherche définies dans l'IFRES (Initiative Française de Recherche en Environnement et Santé) portée par le groupe Inter-Alliances ALLEnvi-Aviesan-Athena.

maladies chroniques non transmissibles et/ou allergiques ; 6) comprendre les facteurs environnementaux, économiques et sociaux qui déterminent ou modulent les expositions et les vulnérabilités des populations humaines, la mobilisation des acteurs sociaux ; 7) développer des approches de remédiation.

### Environnement, pathogènes et maladies infectieuses émergentes ou ré-émergentes

Ce sous-axe s'intéresse à la diffusion des pathogènes et aux mécanismes d'émergence des maladies infectieuses (humaines, végétales ou animales, y compris zoonoses) qui peuvent être conditionnés par des facteurs environnementaux (climat, biodiversité, utilisation des sols et des ressources...) en synergie avec des facteurs anthropiques (agriculture, élevage, industrie, urbanisation, mobilité, évolutions démographiques, pratiques sociales, globalisation..). Il concerne aussi les résistances aux antibiotiques, antiparasitaires, antifongiques, insecticides, biocides. Sont concernés les différents pathogènes (parasites, champignons, algues, bactéries, virus, agents pathogènes non conventionnels) et leurs produits.

L'objectif est de soutenir les recherches multidisciplinaires prenant en compte les dimensions sociales et environnementales de ces maladies dans une optique de préparation au risque épidémique, voire pandémique, mais aussi de prévention et d'anticipation, et de lutter contre les résistances aux antibiotiques et plus largement aux biocides. Une attention particulière sera portée aux maladies tropicales infectieuses négligées au sens de l'OMS.

Des approches pluridisciplinaires et intégratives sont attendues sur : 1) les agents pathogènes, leurs niches écologiques (réservoirs et arthropodes vecteurs), des conditions de leur persistance et de leur développement, de leur dynamique spatio-temporelle de transmission, du devenir des agents pathogènes dans les écosystèmes; 2) l'évaluation du risque de transfert inter-espèces d'agents pathogènes; 3) l'étude de la relation entre pathogènes, hôtes et mécanismes d'interactions entre les différents facteurs déterminants, favorisant la virulence et la dissémination des agents pathogènes; 4) la modélisation des paramètres d'émergence, de diffusion, d'exposition ou d'élimination (y compris à travers des analyses rétrospectives et des scénarii d'écologie prédictive). La constitution de bases de données, géographiques, environnementales et climatiques, biologiques, sociales, économiques, démographiques, épidémiologiques, cliniques et de santé, pouvant contribuer à la définition d'indicateurs pour une approche prédictive de l'évolution des épidémies dans le cadre de la veille sanitaire; 5) les méthodes de lutte ou de surveillance compatibles avec la santé humaine et l'environnement : vaccination, traitement, surveillance, politiques de prévention, lutte anti-vectorielle ou biologique, gestion des situations d'urgence...; 6) la multi-résistance bactérienne ou parasitaire afin de caractériser les facteurs moléculaires et environnementaux impliqués dans l'expansion de la multi-résistance. Pourront être considérés, en particulier : l'impact de l'hôte et de son microbiote dans l'évolution de la résistance aux antibiotiques dans un contexte pathologique ; la dynamique des microbiotes en conditions normales et pathologiques ; le rôle de l'épistasie dans le développement des multi-résistances aux anti-infectieux et l'identification des zones et des populations à risques (approche éco-épidémiologique); 7) la perception et le comportement des différents acteurs face au risque, aux moyens d'alerte, d'information et de prévention, aux stratégies thérapeutiques et de lutte. Les modalités de conception, de définition, de mise en œuvre et d'évaluation des différentes politiques et mesures seront aussi étudiées.

**Actions internationales** : Certains projets dans le cadre du JPI-AMR (Résistances antimicrobiennes) seront intégrés à l'axe 13 ainsi que certains axes du programme IMI2.

## DEFI 5 - Sécurité Alimentaire et Défi Démographique Ressources biologiques, exploitation durable des écosystèmes et Bioéconomie

### COLLABORATIONS EUROPEENNES ET INTERNATIONALES

Dans un objectif de la construction de l'Espace européen de la recherche (EER), le défi 5 s'appuie sur une dynamique de programmation internationale. La priorité est donnée aux actions multilatérales soutenues par les initiatives Européennes de programmes conjoints (JPI) associées à des ERA-NET ouvrant un complément de financement de la Commission Européenne. La coopération bilatérale concerne les pays qui ne sont pas couverts par ces initiatives.

Les thématiques 2016/2017 priorisées pour un support à l'international sont contextualisées ci-après et listées en complément dans les tableaux 1 et 2 du PA 2017. Ces listes étant susceptibles d'évoluer, les déposants qui souhaiteraient mener leurs projets à une échelle européenne ou internationale, sont invités à consulter régulièrement le site de l'ANR pour en savoir plus sur ces partenariats et ces appels : <http://www.agence-nationale-recherche.fr>

Réseaux de recherche : Le défi 5 vise à encourager la coordination française de projets européens en utilisant l'instrument de financement MRSEI (« Montage de réseaux scientifiques européens ou internationaux ») décrit au §C.7, pour cibler :

- Les appels Horizon 2020, en particulier les thématiques du Societal Challenge 2 : « Food Security, Sustainable Agriculture and Forestry, Marine, Maritime and Inland Water Research and the Bioeconomy » et ceux du Conseil européen de la recherche (ERC);
- Les appels des Initiatives de Programmation Conjointe (JPI Climate, JPI Oceans, JPI Water, JPI FACCE, JPI HDHL) et des ERA-NET et ERA-NET COFUND associés (e.g. ARIMNET), les déposants sont invités à consulter le détail et l'actualité des appels auxquels participe l'ANR sur le site web de l'Agence

### INTERFACES

Ce défi couvre des sujets de recherche transversaux à d'autres défis. Il est indiqué ci-dessous dans quel(s) autre(s) défi(s) ces sujets sont traités afin d'orienter les proposant vers le défi le plus adéquat pour leur projet. Il est fortement recommandé de lire le(s) défi(s) dans son (leur) intégralité pour en connaître les contours précis.

Pour ces sujets transversaux qui concernent largement plusieurs défis (y compris le Défi 5), le lecteur est invité à se reporter au paragraphe « **Multidisciplinarité, transversalités et interfaces** » (pages 3ç à 42) dans lequel sont traités les domaines suivants : **Données massives (Big Data), Robotique, Capteurs, Biologie, Bioéconomie-Biotechnologies.**

Les autres interfaces du Défi 5 concernent les thématiques suivantes :

**Biologie de la nutrition (Axe 1)** : les thématiques de ce domaine en relation avec les pathologies humaines sont traitées dans le défi 4.

**Dynamique des écosystèmes en vue de leur gestion durable (axe 3)**. Cet axe est conjoint aux défis 1 et 5.

**Environnement-Santé - « One Health » (Axe 4)** : Cet axe est conjoint aux défis 1, 4 et 5.

**Microbiomes (Axe 5)** : Les projets sur l'alimentation et ses interactions avec les microbiomes depuis la fabrication des aliments jusqu'à leurs effets dans le tube digestif seront considérés dans le défi 5 ; ceux portant sur les maladies humaines seront considérés dans le défi 4.

**Bioéconomie : technologies spécifiques et approches système (Axe 6) :** les approches multi-usages et les cascades d'usage des bioressources, lorsque l'objectif n'est pas exclusivement énergétique relèvent de cet axe. Les projets de biotechnologies visant principalement la production de carburants avancés dans les bioraffineries relèvent du défi 2, ceux visant la production des autres produits biosourcés relèvent du défi 5. Les recherches sur l'intégration dans les territoires des filières d'utilisation des bioressources, sur leurs impacts environnementaux, sociaux, économiques, sur le développement rural ou local et sur la compétitivité relèvent de ce défi.

#### COFINANCEMENTS POTENTIELS<sup>36</sup> DES PROJETS DE CE DEFI

L'implication des ministères de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF) et de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer (MEEM) dans ce défi s'inscrit dans les enjeux identifiés dans la loi d'avenir pour l'agriculture, de l'alimentation et de la forêt du 13/10/2014 et dans le plan agroécologique pour la France. Ces ministères sont susceptibles de mobiliser des moyens financiers complémentaires pour soutenir les projets du défi 5 traitant particulièrement de ces enjeux, essentiellement dans le cadre du plan Écophyto.

Par ailleurs, le GIS APIS-GENE s'associe à l'ANR dans le cadre du défi 5. Son intervention s'inscrit dans le cadre de son programme «Efficacité Globale de l'Élevage de Ruminants (EGER) » qui vise, par la description et la compréhension des mécanismes génétiques sous-jacents et la prise en compte de la diversité des territoires et des systèmes d'élevage, à identifier des leviers d'amélioration de l'efficacité alimentaire et reproductive, de la santé et du bien-être des ruminants et de la qualité de leurs produits. Dans cette optique d'améliorer l'efficacité et la durabilité des élevages, APIS-GENE mobilisera des moyens financiers d'origine professionnelle pour soutenir de tels projets de recherche en partenariat public/privé.

#### CHALLENGES

**Challenge ROSE** - RObotique au Service d'Ecophyto : pour réduire les pesticides en agriculture. L'évolution de l'agriculture vers la multiperformance passe par la mise en œuvre de nouvelles pratiques qui peuvent nécessiter le développement d'agroéquipements innovants à même de limiter les intrants et favoriser la mise en place de systèmes adaptés aux contraintes sociales, économiques et environnementales. En lien avec le lancement de cinq programmes sectoriels du plan Ecophyto de recherche-développement à forte visée opérationnelle, des solutions pour réduire et améliorer l'usage des produits phytopharmaceutiques, agricoles et non agricoles feront l'objet d'une action 'challenge' dédiée. [Les cinq programmes couvrent respectivement le biocontrôle, les agroéquipements (y compris la robotique) et les équipements de protection individuelle (EPI), l'innovation variétale et la gestion durable de la flore adventice, les solutions techniques substitutives dans les jardins, espaces végétalisés et infrastructures]. Dans la lignée du Plan Agriculture-Innovation 2025 le développement de technologies et d'outils en lien avec l'agriculture numérique devront contribuer à l'objectif de réduction des pesticides tout en prenant en compte les besoins et contraintes des agriculteurs, des filières et des enjeux de santé-environnement. Ce challenge dont les modalités restent à préciser dans les prochains mois, pourra être cofinancé dans le cadre de l'axe 2 du plan Ecophyto sous le co-pilotage des ministères chargés de l'agriculture et de l'environnement en mobilisant éventuellement d'autres sources de financement dont des moyens des entreprises."

Ce challenge est également en lien avec les thématiques du défi 7.

<sup>36</sup> On entend par cofinancement le fait que l'aide attribuée à un projet provienne pour partie de l'ANR, et pour partie d'un ou plusieurs partenaires cofinanceurs de l'Agence.

## Introduction

Les thématiques du défi 5 sont relatives à la sécurité alimentaire, à la durabilité des écosystèmes agricoles, forestiers, aquacoles et marins et à la bioéconomie.

La sécurité alimentaire consiste à assurer pour la population mondiale l'accès à une alimentation saine, équilibrée, nutritive et en quantité suffisante, permettant à chacun de satisfaire ses besoins et préférences alimentaires. Comme l'ont souligné les importants engagements internationaux en matière de développement durable de l'année 2015 (Objectifs de développement durable - ODD, Accord de Paris sur le climat), assurer la sécurité alimentaire ne peut pas être détaché d'un ensemble d'objectifs de développement durable interdépendants, depuis la réduction des inégalités, l'accès à l'énergie et à l'eau, la préservation de la biodiversité jusqu'à la lutte contre le changement climatique.

Les systèmes alimentaires et non alimentaires d'utilisation de la biomasse sont au cœur des transformations nécessaires pour faire face à ces enjeux globaux. Garantir leur durabilité concerne autant la réduction de l'empreinte écologique des productions agricoles, forestières, animales, aquacoles et halieutiques, que leur adaptation aux changements globaux en cours : changement climatique et dégradation de la biodiversité, mais aussi l'augmentation de la population mondiale, l'évolution des pratiques de consommation dont celles alimentaires et la mondialisation des échanges. Tous ces facteurs exercent des pressions croissantes sur les systèmes productifs : émissions de gaz à effet de serre, dommages pour les sols, les eaux de surface et souterraines et la qualité de l'air, épuisement des ressources, concurrence pour les usages. Ils engendrent des risques sanitaires accrus et ont des répercussions possibles sur la santé humaine.

Pleinement inscrit dans les engagements de l'accord de Paris sur le climat et des ODD, le défi 5 appelle des recherches du plus fondamental au plus finalisé pour produire des connaissances disciplinaires ou stimuler les processus d'innovation par des approches systémiques et transversales. Il s'étend des ressources biologiques, de la biomasse et des écosystèmes productifs aux consommateurs dans des systèmes renouvelés : nouvelles bioressources, nouvelles pratiques, nouvelles organisations sociales et nouveaux marchés. Différents niveaux d'organisation et d'échelles sont concernés : du gène à l'individu, de l'individu à la population puis à l'écosystème.

Ces domaines, complexes et imbriqués, mobilisent les sciences du vivant, les sciences humaines et sociales et les sciences de la matière pour la transformation des bioressources.

Les recherches attendues dans le défi 5 doivent produire des connaissances disciplinaires fondamentales ou stimuler les processus d'innovation par des approches systémiques et transversales.

Le défi 5 est décliné en six axes, subdivisés en sous axes : un axe de socle de connaissances pour l'ensemble du champ d'investigation du défi et cinq axes thématiques de recherches plus finalisées :

- Axe 1. Socle de connaissances pour répondre aux enjeux du défi
  - *Biologie des animaux, des organismes photosynthétiques et des microorganismes*
  - *Biologie de la nutrition et sciences des aliments*
  - *Comprendre la dynamique des écosystèmes productifs en vue de leur gestion durable*
  - *Avancées conceptuelles et méthodologiques pour la bioéconomie*
  - *Socles de connaissances en sciences humaines, économiques et sociales en lien avec les axes du défi*
- Axe 2. Biologie des animaux, des organismes photosynthétiques et des microorganismes. Adaptation et réduction des intrants

- Axe 3. Dynamique des écosystèmes en vue de leur gestion durable
  - *Fonctionnement, adaptation et gestion durable des écosystèmes*
  - *Trajectoires d'évolution des écosystèmes : stratégies et politiques d'accompagnement des transitions*
- Axe 4. Environnement-Santé- « One Health »
  - *Toxicologie environnementale*
  - *Contaminants, écosystèmes et santé*
  - *Environnement, pathogènes et maladies infectieuses émergentes et ré-émergentes*
- Axe 5. Alimentation, systèmes alimentaires sains et durables, sécurité alimentaire mondiale
  - *Evolution des technologies et procédés, ainsi que des comportements et des politiques pour une alimentation saine et durable*
  - *Sécurité alimentaire mondiale*
- Axe 6. Bioéconomie : technologies spécifiques et approches système
  - *La production et la mobilisation des bioressources*
  - *Les transformations des bioressources (y compris les bioraffineries)*
  - *Les externalités de la bioéconomie*
  - *Leviers pour le développement de la bioéconomie*

Ces six axes contribuent directement à 3 orientations prioritaires de la Stratégie Nationale de la Recherche :

- Orientation n°19 : Alimentation saine et durable
- Orientation n°20 : Approche intégrée des systèmes productifs
- Orientation n°21 : De la production aux usages diversifiés de la biomasse.

Le défi 5 contribue également à la mise en œuvre du plan Ecophyto et du plan Agriculture-Innovation 2025, et s'inspire des documents d'orientation produits par le « *Standing Committee on Agricultural Research* » (DG Recherche, Commission européenne) en particulier sur la bioéconomie.

## Axe 1 - Socle de connaissances pour répondre aux enjeux du défi

Les projets déposés dans cet axe viseront à répondre, y compris à très long terme, aux questions posées en introduction et aux enjeux définis dans l'un des axes thématiques du défi (axes 2, 3, 4, 5 et 6). Aucun champ disciplinaire n'est exclu a priori. La recherche interdisciplinaire est également attendue, étant donné le caractère complexe des problématiques pouvant relever de ce défi. Le texte ci-après permet, sur certains des enjeux de ce défi, d'illustrer plus particulièrement des objets et des approches de recherche fondamentale pertinentes.

### Biologie des animaux, des organismes photosynthétiques et des microorganismes

Sont attendus des travaux de biologie fondamentale sur les **animaux d'élevage ou de consommation**, sur les **organismes photosynthétiques d'intérêt et les modèles dédiés**, et sur les organismes associés (microorganismes, ravageurs...).

Les travaux pourront s'inscrire dans un **continuum d'échelles** d'organisation (gènes, génome, molécule, cellule, organe, individu, population), et explorer **tous les niveaux de régulation** (génomique, transcriptomique, épigénétique, traductionnel, post-traductionnel, métabolique, physiologique...).



Des développements méthodologiques pour l'intégration des données et des approches de modélisation pourront être pertinents. Les travaux pourront faire appel à des approches complémentaires parmi lesquelles la biologie des systèmes, la modélisation ou encore la biologie synthétique.

Il s'agira notamment de mener des recherches sur le génome, son polymorphisme, la régulation de son expression, sur les mécanismes et les déterminismes qui régissent la reproduction, le développement et la croissance des individus ou leurs réponses aux contraintes environnementales.

Pour la biologie animale, il pourra s'agir notamment :

- de mieux comprendre la **construction des phénotypes**, y compris par comparaison génotypes/phénotypes d'espèces voisines, et mieux combiner les objectifs de sélection ;
- d'étudier **les mécanismes régulateurs des compromis** entre ces différentes fonctions d'intérêt, (notamment entre caractères de production et d'adaptation), ainsi que développer **une approche systémique des interactions** (entre gènes, entre individus, entre l'animal et son milieu).

Pour la biologie végétale, il pourra s'agir notamment :

- d'étudier **les processus d'adaptation** des organismes photosynthétiques aux contraintes environnementales (stress abiotiques uniques ou multiples) ;
- d'identifier des **réseaux métaboliques**, les gènes impliqués et leur régulation et les voies de transduction des signaux, y compris hormonaux ;
- d'étudier **les interactions entre organismes** qu'elles soient positives (symbiose, associations bénéfiques plantes/plantes, plantes/microorganismes, ...), négatives (parasitisme, pathogénicité, compétition...), bipartites ou multipartites. ;
- d'étudier **les relations croisées** entre variations environnementales abiotiques (carence/excès de nutriments, sécheresse ...) et développement d'interactions biotiques favorables ou défavorables.

Appel international 2016/2017: 3rd ERA-CAPS : "Europe-USA Call strengthening transnational research in the Molecular Plant Sciences"
--

### Comprendre la dynamique des écosystèmes productifs en vue de leur gestion durable

Les projets attendus dans ce sous-axe visent à l'acquisition de connaissances fondamentales, qui s'inscrivent dans les objectifs de compréhension des écosystèmes en vue de leur gestion durable (axe 3 transversal avec le défi 1).

Sont concernés notamment les travaux en **biologie des sols, en écologie fonctionnelle, en écologie des écosystèmes, en agronomie** et sur l'ensemble des disciplines des sciences du vivant ou des sciences humaines et sociales permettant d'aider à terme à l'émergence d'innovations dans le domaine de l'agroécologie et la gestion durable des écosystèmes productifs et de leurs ressources biologiques. Sont notamment attendus des travaux permettant à terme de mettre en place et de piloter des communautés biologiques multi-spécifiques complexes, à **différentes échelles spatiales** (de la parcelle aux paysages), **et temporelles** (d'un cycle annuel aux temps longs de la maturation des services écologiques). Il concerne aussi les connaissances fondamentales sur **les relations entre écosystèmes, systèmes techniques et sociétés à ces différentes échelles**. Par ailleurs, la robotisation et le développement du numérique dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation et de la gestion des écosystèmes est un enjeu qui appelle également des recherches exploratoires, mobilisant des disciplines dans des **interactions interdisciplinaires sciences du vivant-sciences sociales-sciences du numérique** à construire.

## Biologie de la nutrition et sciences des aliments

Les projets attendus dans ce sous-axe pourront concerner notamment les disciplines et thématiques suivantes :

- **biologie de la nutrition** (nutrition préventive et nutriginétique, mécanismes d'absorption intestinale des nutriments et des interactions entre aliments et tube digestif, microbiotes humains, régulation de la balance énergétique...);
- **microbiologie, virologie, mycologie, parasitologie dans les aliments et l'eau** (mécanismes de pathogénicité des microorganismes et relations hôtes-pathogènes, d'interactions des microorganismes au sein de consortia en fonction d'écosystèmes complexes en conditions dynamiques, développement de ferments, pressions de sélection à l'origine de l'adaptation et de la résistance, technologies «omiques» (génomique, transcriptomique, protéomique, métabolomique) et phénotypage, évaluation des dangers et appréciation des risques...);
- **biophysicochimie de la matrice alimentaire** (mécanismes d'interactions moléculaires dans des milieux biochimiques complexes en conditions dynamiques, mécanismes de transfert de matière et de chaleur dans des écosystèmes biochimiques complexes en conditions dynamiques);
- **sensorialité** (mécanismes neurobiologiques de perception...);

## Avancées conceptuelles et méthodologiques pour la bioéconomie

Répondre aux questions posées à la bioéconomie nécessitent notamment :

- d'explorer et de caractériser la **biodiversité continentale et marine** pour le développement de bioressources d'intérêt ; et ce à diverses échelles d'organisation, depuis le gène jusqu'à l'organisme entier. Tous les clades sont concernés, notamment les champignons, les microorganismes non cultivables, les algues et les insectes ;
- d'accélérer **l'innovation variétale, de souche ou de clone** par des technologies (édition du génome, sélection génomique, recombinaison, métabolisme en lien avec le génome, phénotypage fonctionnel à haut débit, biologie des systèmes jusqu'à la biologie synthétique) sur des traits définis à partir des objectifs d'aptitude aux usages ou à la transformation ou à la durabilité des solutions dans une vision intégrée des systèmes ;
- d'étudier, d'explorer et de modéliser **les voies métaboliques des biomolécules d'intérêt** (polysaccharides complexes, protéines végétales et microbiennes, lipides, polyphénols, lignine...), et d'étudier les mécanismes d'expression et de régulation
- d'étudier et/ou de modéliser les relations structure/fonction des biomolécules (notamment pour le bois et les parois végétales) ;
- de **développer des outils numériques** de représentation, de suivi et d'aide à la décision pour les systèmes complexes, permettant de prendre en compte notamment, les interconnexions des filières, les cascades d'usage (dont les déchets), la résilience des système, l'évaluation et la gestion des risques, l'objectivation des choix (tels que l'adéquation biomasse-procédé-produit) ;
- de **modéliser le fonctionnement des marchés** des bioressources à différentes échelles en intégrant les substituabilités d'usage et les produits joints.

## Socles de connaissances en sciences humaines, économique et sociales en lien avec les axes du défi

Les thématiques couvertes par les axes 3, 4, 5, 6 du défi 5 font largement appel à toutes les sciences humaines, économiques et sociales. De manière transversale à ces axes et aux questions posées en introduction, un certain nombre de thématiques nécessitent des travaux amont concernant notamment :

- **les comportements des acteurs** et des socio-écosystèmes face aux innovations et au risque, le rôle des croyances et des représentations dans les comportements : économie comportementale, psychologie sociale, anthropologie, histoire, sociologie (comportements individuels, mais aussi collectifs) ;
- **la bioéconomie et les systèmes alimentaires**, à l'échelle de l'ensemble des chaînes de valeur ou de composantes spécifiques (production, transformation, distribution, consommation et usages), et en tenant compte de leurs liens aux territoires, aux marchés et aux sociétés ;
- **les systèmes socio-techniques de la bioéconomie, y compris les systèmes alimentaires**, leur dynamique temporelle de long terme, et les conditions et le rôle de l'innovation et dans les voies de transitions ;
- **les dynamiques de mobilisation collective**, tant pour la gestion d'un écosystème ou d'une ressource exploités en commun, que dans une dynamique de formation, d'innovation et de changement collectif ;
- **les politiques publiques** : tant pour leur élaboration, que leur mise en œuvre et leur évaluation, y compris les processus d'expérimentation ;
- **les interactions entre firmes et le fonctionnement des marchés** : dynamiques et anticipations, instruments de stabilisation des marchés, formes d'organisation ....
- **la modélisation intégrée sciences sociales-sciences biotechniques** à différentes échelles spatiales.

## Axe 2 - Biologie des animaux, des organismes photosynthétiques et des microorganismes. Adaptation et réduction des intrants

Assurer la sécurité alimentaire et l'approvisionnement en biomatériaux (bois, fibres...) pour une population en croissance et dans un contexte de changements globaux, tout en participant à l'atténuation des impacts des activités agricoles, forestières et halieutiques sur l'environnement et le climat, requiert de développer des organismes vivants productifs, contribuant à la triple performance économique, environnementale et sociale et adaptés à ces changements, en valorisant la biodiversité. Il s'agit de :

- caractériser et structurer **les ressources génétiques**, sélectionner des variétés et des races plus efficaces dans l'utilisation des intrants (fertilisants, pesticides, eau, ...) ou de la nourriture, limitant les impacts environnementaux (appauvrissement des sols, salinité, dégradation de la qualité de l'eau de l'air, bilan carbone) ;
- favoriser chez les animaux la diversité inter et intra races, y compris en croisement, pour une meilleure efficacité alimentaire, une meilleure résistance aux maladies, un accroissement de la robustesse, de la résilience aux changements environnementaux et une limitation des impacts environnementaux (réduction des rejets, réduction des émissions de méthane...) ;
- définir les **caractéristiques d'adaptation ou d'atténuation nécessaires aux organismes vivants exploités en réponse aux évolutions globales** sur le long terme ;
- explorer **la biodiversité** d'espèces, de variétés, de races alternatives et des microbiotes associés, adaptés à des conditions locales ou à des contextes socio-économiques spécifiques ;
- intégrer **des variétés et des races aux caractéristiques nouvelles** (protéines animales et végétales, sucres, lipides, métabolites...) dans des systèmes productifs renouvelés (agroforesterie, nouveaux systèmes d'élevage, agroécologie, aquaculture...);
- développer et évaluer **des modèles de production renouvelés ou alternatifs**, plus adaptés aux conditions locales, soucieux d'éthique et de durabilité et assurant le bien-être animal le cas échéant.

Pour optimiser les processus de transitions agricoles, il est nécessaire de maintenir et de développer la diversité des espèces, des races et des variétés et de tester en conditions réelles leurs capacités. Les projets viseront notamment à :

- améliorer les méthodes pour la préservation et la valorisation **des ressources génétiques**, notamment lors de la mise en œuvre de programmes de **sélection génomique** ;
- mettre en œuvre la **biologie translationnelle** pour transférer les connaissances accumulées sur les espèces modèles aux organismes vivants exploités ou à d'autres espèces valorisables (levée de verrous méthodologiques ou conceptuels, par exemple en biologie comparative ou en outils d'analyse fonctionnelle, pour le développement d'outils de sélection modernes intégrant notamment les effets épigénétiques) ;
- optimiser **les méthodes** qui permettent de faire **évoluer les génomes**, leur expression et leur sélection (reproduction, multiplication clonale, polyploïdisation, apomixie, édition des gènes, ogm ...) ;
- recourir à la **modélisation pour une biologie plus intégrative et prédictive**.

### Axe 3 - Dynamiques des écosystèmes et de leurs composants en vue de leur gestion durable (Axe conjoint avec le défi 1)

Il s'agit de mieux comprendre comment les changements globaux, notamment climatiques, vont interagir avec le devenir des écosystèmes continentaux et marins sur l'ensemble du continuum allant des **systèmes naturels ou peu anthropisés aux écosystèmes d'intérêt agronomique, forestier, halieutique et aquacole** et d'élaborer des stratégies de gestion et d'adaptation dans des situations économiques, sociales et culturelles différenciées. Les enjeux concernent ainsi le développement durable et la gestion des milieux et des ressources, l'impact des modes de gestion sur l'environnement et les services écologiques, la complémentarité entre les écosystèmes productifs et naturels pour l'ensemble des services écosystémiques (approvisionnement en ressources, régulation de l'environnement, biens communs...).

#### Fonctionnement, adaptation et gestion durable des écosystèmes

Les recherches attendues visent à mieux connaître **le fonctionnement, l'évolution et la capacité de résilience et d'adaptation des écosystèmes – continentaux et marins** – en fonction des interactions entre espèces et entre niveaux trophiques, de leur biodiversité fonctionnelle, et de leur contribution aux grands cycles (C, N, P, S, eau). Il s'agit également de comprendre les interactions, les continuités et les interfaces entre ces différents types d'écosystèmes.

Ces recherches permettront d'appréhender l'évolution des écosystèmes, leur adaptation, leur résilience, et leur capacité à délivrer une multiplicité de services écosystémiques. Elles permettront de faciliter la transition écologique et agro-écologique par l'aide à la conception ou la re-conception de systèmes productifs reposant sur une meilleure connaissance des interactions biotiques et de l'écologie fonctionnelle, afin d'améliorer leur durabilité. Les objectifs poursuivis sont une meilleure résilience et une meilleure utilisation des ressources renouvelables, avec des impacts attendus à différents niveaux : une amélioration de la qualité environnementale (eau, sols, air), une mobilisation de la biodiversité, y compris les ressources génétiques, préservant sa dynamique évolutive, une gestion intégrée des systèmes productifs dans les paysages, les territoires, les zones côtières et hauturières.

Sont concernées la gestion des ressources et le maintien des services des écosystèmes continentaux et marins ainsi que la transition de l'agriculture, l'élevage, la forêt, la pêche et l'aquaculture vers des systèmes productifs intégrés et durables : plan agro-écologie, Ecophyto, gestion durable des forêts, approche écosystémique des pêches, aquaculture durable... Les recherches viseront notamment à mieux comprendre :

- **les dynamiques d'adaptation des écosystèmes** face aux changements climatiques (extrêmes, saisonnalités amplifiées...) et environnementaux ; le rôle fonctionnel de la biodiversité ; sa contribution à la stabilité, la résistance et la résilience des écosystèmes et des services écosystémiques associés ;
- **les interactions et les interfaces** entre les systèmes productifs et les systèmes faiblement anthropisés ; les interactions positives entre espèces en vue d'en tirer bénéfice au sein des écosystèmes productifs ; les interactions entre services écosystémiques ;
- **les rétroactions** entre les changements de biodiversité et de fonctionnement des écosystèmes et les modifications des climats locaux, régionaux et mondiaux ;
- les réponses des systèmes vivants aux forçages multiples simultanés et/ou successifs afin de construire des scénarios réalistes d'évolution et de gestion durables des écosystèmes ;
- **les impacts des agroécosystèmes** et des diverses pratiques agricoles, aquacoles, de pêche sur les changements environnementaux ;
- **l'altération des écosystèmes marins ou aquatiques** ayant des enjeux de ressources halieutiques.

Les recherches porteront également sur les stratégies d'adaptation nécessaires permettant :

- **la maîtrise des impacts des activités** de production sur les ressources et les milieux, en particulier sur la ressource en eau et sur les milieux aquatiques ;
- **la gestion durable des écosystèmes productifs** à différents niveaux spatiaux – de la parcelle au paysage ou au bassin versant : gestion et conservation des sols et de leurs services intégrant notamment le rôle fonctionnel de la matière organique, gestion intégrée des cycles du carbone, de l'azote, du phosphore et de l'eau, gestion intégrée et durable de la santé végétale et animale ;
- **l'intégration de systèmes** productifs, d'aménagements, d'infrastructures écologiques et d'espaces protégés pour améliorer la durabilité et les performances ;
- **la séquestration du carbone** dans les sols, qui est un objectif prioritaire en lien avec l'initiative « 4 pour mille », portée par la France à l'échelle internationale (TAP-SOIL)

### Trajectoires d'évolution des écosystèmes : stratégies et politiques d'accompagnement des transitions

La transition des écosystèmes productifs, par des approches agro-écologiques, vers plus de durabilité, suppose d'identifier des trajectoires innovantes et de mettre en place un cadre favorisant l'évolution par des actions, des stratégies et des politiques. Les recherches attendues portent notamment sur le développement et l'utilisation de scénarios<sup>37</sup> pour permettre in fine d'informer la société et les décideurs en vue d'une meilleure orientation de la gestion et des politiques publiques. Les recherches doivent aussi stimuler le processus d'innovation pour la gestion des écosystèmes, des territoires et des filières. Accompagner la transition vers des trajectoires plus durables suppose de :

- **développer des modèles intégrés** couplant dimensions socio-économiques, biotechniques et écologiques permettant de construire des scénarios pour préfigurer l'évolution et de l'adaptation des écosystèmes en réponse aux changements globaux ;
- **identifier les verrous et les leviers d'action facilitant la transition agro-écologique**, à l'échelle des territoires comme à celle des filières ;
- comprendre **les déterminants des comportements des acteurs** face aux évolutions en prenant en compte simultanément les dimensions biotechniques et socio-économiques ;

---

<sup>37</sup> Les travaux de l'IPBES sur les scénarios pour la biodiversité, tout comme ceux du GIEC, pourront être une inspiration utile pour l'élaboration des projets.

- **co-concevoir**, avec les acteurs, des pratiques et systèmes productifs intégrés et durables; analyser les processus d'apprentissage des acteurs eux-mêmes innovateurs et concevoir de nouvelles trajectoires d'innovation ;
- élaborer et évaluer des **politiques publiques pour l'accompagnement des transitions** ; ces évaluations concernent tant la performance environnementale que l'évaluation économique et celle des impacts sociaux ainsi que le champ de l'évaluation en sciences politiques. Les politiques publiques étudiées pourront inclure aussi la protection de la biodiversité, combinant des outils réglementaires classiques et des outils incitatifs, ou la gestion intégrée des risques sanitaires par des stratégies de biosurveillance, de biovigilance et de biocontrôle.

**Appels internationaux 2016/2017** : ERA-NET Cofund LeapAgri (A long term EU-Africa research and innovation partnership on food and nutrition security and sustainable agriculture).

**Alignement international** concernant l'appel générique 2017 : Séquestration du carbone dans les sols (TAP-SOIL)

#### **Axe 4. Environnement-Santé- « One Health » (axe conjoint des Défis 1, 4, 5)**

*Cet axe est commun aux défis 1, 4 et 5 ; les projets qui y seront soumis seront évalués conjointement. Il concerne les domaines à l'interface entre ces défis, ou des approches particulièrement transdisciplinaires.*

Le concept « Une seule santé » (« One Health ») postule que les dynamiques épidémiologiques et les jeux d'acteurs qui conditionnent la santé des populations animales et humaines sont à étudier dans leurs contextes microbien, écologique, socio-économique et politique, à l'interface de la santé humaine, de la santé animale et de la santé des écosystèmes. Les approches « One Health » constituent un cadre de travail fonctionnel pour aborder de façon intégrée et interdisciplinaire : 1) les effets des facteurs environnementaux sur les espèces vivantes et sur la santé humaine, 2) la place de l'environnement parmi les différents déterminants de santé, 3) l'impact de multiples déterminants sur les maladies, la santé et les systèmes de santé. Elles sont soutenues par la notion d'exposome et impliquent une analyse cohérente des risques émergents.

L'étude des effets des facteurs environnementaux sur les espèces vivantes ou sur la santé humaine et de la place de l'environnement parmi les différents déterminants de santé, concerne les impacts des contaminants (physiques, chimiques et biologiques) en prenant en compte les différents milieux et les différentes expositions. Elle concerne aussi les interactions entre environnement, santé animale et santé humaine et le rôle de l'environnement dans la dynamique des pathogènes et des maladies émergentes et réémergentes (écologie de la santé).

Il s'agit à la fois de mieux comprendre les phénomènes, les mécanismes, d'évaluer les risques, de proposer des méthodes de surveillance, de lutte et des politiques adaptées. Des coopérations sont donc attendues entre les différentes disciplines des sciences biologiques et médicales, de l'environnement et de l'écologie, physique, chimique, des mathématiques et de la modélisation, des sciences humaines et sociales....

Trois sous-axes seront considérés :

##### **Toxicologie environnementale.**

En toxicologie environnementale, les approches encouragées sont celles des voies ou réseaux de toxicité, de biologie systémique, d'épigénétique et celles qui ciblent des phases vulnérables du cycle de vie des individus, les effets transgénérationnels, les effets des mélanges notamment à faibles doses, ou les traits d'histoire de vie clés pour la dynamique des populations dans l'environnement. Un accent particulier sera porté sur les contaminants émergents et les perturbateurs endocriniens.

### Contaminants, écosystèmes et santé.<sup>38</sup>

Ce sous-axe s'intéresse à l'étude du transfert et de la toxicité des contaminants, de leurs métabolites et produits de transformation, sur les écosystèmes et la santé des populations humaines et sur la relation travail santé.

Des approches multidisciplinaires sont attendues pour : 1) étudier la notion d'exposome, les interactions entre différents contaminants et leurs effets cumulatifs éventuels ; 2) modéliser les transferts de contaminants dans les différents milieux et les réseaux trophiques, leurs remontées dans les chaînes alimentaires animales et humaines, et leurs impacts sur les écosystèmes et leurs composantes ; 3) caractériser les risques émergents et établir des systèmes adéquats de surveillance, et analyser les conditions sociales d'évaluation de ces risques, de débats et de prise de décision; 4) améliorer les capacités prédictives grâce à des approches systémiques ; 5) analyser les relations entre changements environnementaux et maladies chroniques non transmissibles et/ou allergiques ; 6) comprendre les facteurs environnementaux, économiques et sociaux qui déterminent ou modulent les expositions et les vulnérabilités des populations humaines, la mobilisation des acteurs sociaux ; 7) développer des approches de remédiation.

### Environnement, pathogènes et maladies infectieuses émergentes ou ré-émergentes

Ce sous-axe s'intéresse à la diffusion des pathogènes et aux mécanismes d'émergence des maladies infectieuses (humaines, végétales ou animales, y compris zoonoses) qui peuvent être conditionnés par des facteurs environnementaux (climat, biodiversité, utilisation des sols et des ressources...) en synergie avec des facteurs anthropiques (agriculture, élevage, industrie, urbanisation, mobilité, évolutions démographiques, pratiques sociales, globalisation...). Il concerne aussi les résistances aux antibiotiques, antiparasitaires, antifongiques, insecticides, biocides. Sont concernés les différents pathogènes (parasites, champignons, algues, bactéries, virus, agents pathogènes non conventionnels) et leurs produits.

L'objectif est de soutenir les recherches multidisciplinaires prenant en compte les dimensions sociales et environnementales de ces maladies dans une optique de préparation au risque épidémique, voire pandémique, mais aussi de prévention et d'anticipation, et de lutter contre les résistances aux antibiotiques et plus largement aux biocides. Une attention particulière sera portée aux maladies tropicales infectieuses négligées au sens de l'OMS.

Des approches pluridisciplinaires et intégratives sont attendues sur : 1) les agents pathogènes, leurs niches écologiques (réservoirs et arthropodes vecteurs), des conditions de leur persistance et de leur développement, de leur dynamique spatio-temporelle de transmission, du devenir des agents pathogènes dans les écosystèmes; 2) l'évaluation du risque de transfert inter-espèces d'agents pathogènes; 3) l'étude de la relation entre pathogènes, hôtes et mécanismes d'interactions entre les différents facteurs déterminants, favorisant la virulence et la dissémination des agents pathogènes; 4) la modélisation des paramètres d'émergence, de diffusion, d'exposition ou d'élimination (y compris à travers des analyses rétrospectives et des scénarii d'écologie prédictive). La constitution de bases de données, géographiques, environnementales et climatiques, biologiques, sociales, économiques, démographiques, épidémiologiques, cliniques et de santé, pouvant contribuer à la définition d'indicateurs pour une approche prédictive de l'évolution des épidémies dans le cadre de la veille sanitaire; 5) les méthodes de lutte ou de surveillance compatibles avec la santé humaine et l'environnement : vaccination, traitement, surveillance, politiques de prévention, lutte anti-vectorielle ou biologique, gestion des situations d'urgence...; 6) la multi-résistance bactérienne ou parasitaire afin de caractériser les facteurs moléculaires et environnementaux impliqués dans l'expansion de la multi-résistance. Pourront être considérés, en particulier : l'impact de l'hôte et de son microbiote dans l'évolution de la

<sup>38</sup> Ce sous-axe s'inscrit notamment dans les orientations de recherche définies dans l'IFRES (Initiative Française de Recherche en Environnement et Santé) portée par le groupe Inter-Alliances AllEnvi-Aviesan-Athena.

résistance aux antibiotiques dans un contexte pathologique ; la dynamique des microbiotes en conditions normales et pathologiques ; le rôle de l'épistasie dans le développement des multi-résistances aux anti-infectieux et l'identification des zones et des populations à risques (approche éco-épidémiologique); 7) la perception et le comportement des différents acteurs face au risque, aux moyens d'alerte, d'information et de prévention, aux stratégies thérapeutiques et de lutte. Les modalités de conception, de définition, de mise en œuvre et d'évaluation des différentes politiques et mesures seront aussi étudiées.

**Actions internationales** : Certains projets dans le cadre du JPI-AMR (Résistances antimicrobiennes) seront intégrés à l'axe 13 ainsi que certains axes du programme IMI2.

## Axe 5 - Alimentation, systèmes alimentaires sains et durables, et sécurité alimentaire mondiale

Les systèmes alimentaires, qu'ils soient examinés à l'échelle locale, régionale, nationale ou internationale, qu'ils concernent des contextes des pays occidentaux, émergents ou en développement, font face à des changements globaux qui questionnent leur durabilité. Les objectifs d'une alimentation plus durable sont de satisfaire à la demande alimentaire croissante en développant des systèmes productifs sobres du point de vue de l'utilisation des ressources naturelles, ayant un impact réduit sur l'environnement et la biodiversité, réduisant les sources de pertes et de gaspillages, favorisant le recyclage des déchets et limitant l'empreinte carbone. Il s'agit de **proposer une offre alimentaire répondant aux besoins des consommateurs** (sanitaires, nutritionnels, hédoniques, culturels, éthiques...), **accessible à tous et favorable au bien-être et à la santé**. Enfin, le développement d'une alimentation durable est basé sur un système économique résilient, qui crée des emplois, partage la valeur de façon équitable entre les acteurs et favorise le développement des nations et territoires. Il est également soutenu par des politiques publiques adaptées.

L'atteinte de ces objectifs requiert une évolution des systèmes alimentaires, qui implique des transformations des pratiques, des technologies et des politiques et qui s'appuie également sur une meilleure connaissance des mécanismes qui sous-tendent la sécurité alimentaire mondiale à différentes échelles. Ce sont sur ces différentes dimensions des systèmes alimentaires que porte cet axe. Les approches intégrées relevant de la bio-économie sont abordées dans l'axe 6.

### Évolution des technologies et procédés, ainsi que des comportements et des politiques pour une alimentation saine et durable

Cette évolution doit concerner **l'ensemble des pratiques depuis la production et la transformation** des matières premières agricoles et aquatiques **jusqu'à la fabrication et la distribution des aliments d'une part**, ainsi que des **comportements de consommation alimentaire**, d'autre part. Les entreprises agro-alimentaires doivent concilier les différentes dimensions économiques, sociales et écologiques et délivrer des aliments aux qualités maîtrisées (sanitaires, sensorielles, nutritionnelles, fonctionnelles) dans un contexte de compétitivité accrue, de mondialisation des échanges, de variabilité des matières premières et de volatilité des prix. Ouvrir des pistes d'innovations est indispensable pour que ces entreprises répondent aux exigences de systèmes alimentaires durables. Par ailleurs, des leviers d'action pour des politiques publiques efficaces doivent être identifiés et proposés afin que les choix et les comportements des consommateurs pour une alimentation durable soient les plus aisés.

Les recherches porteront donc sur la conception de l'offre alimentaire en particulier sur les étapes de transformation (première et seconde), de formulation et de conservation des aliments, sur l'analyse des comportements des consommateurs et de leurs impacts sur la santé et sur l'environnement, sur les modalités d'intervention des politiques publiques et les stratégies d'entreprises.



Des approches pluridisciplinaires sont attendues sur les thèmes suivants :

- **technologies et procédés innovants pour la fabrication des aliments** : flexibilité des procédés adaptés à la variabilité des matières premières ; conduite et contrôle en ligne ; automatisation ou robotisation d'opérations, techniques biomécaniques pour améliorer les performances et réduire la prévalence des TMS ; maîtrise des coûts ; outils d'aide à l'expertise et à la capitalisation des connaissances ;
- **matières premières et ressources optimisées au niveau industriel** : valorisation de la biodiversité ; réduction des pertes et des consommations (eau, énergie, matières premières, emballages...) ; éco-conception des procédés de fabrication ; emballages actifs, intelligents et en interface avec l'utilisateur (TIC, capteurs, ...), éco-conçus et fonctionnels ; optimisation des cycles de vie ; valorisation des coproduits et des déchets (économie circulaire) ;
- **sécurité sanitaire de la chaîne alimentaire** : organismes pathogènes (bactéries, virus, parasites) et d'altération ; dangers chimiques et immunochimiques (contaminants, néoformés, allergènes) ; méthodes d'évaluation des dangers et d'appréciation des risques à l'échelle industrielle ou des filières ; amélioration de la conservation des aliments ;
- **interactions entre aliments, microbiotes et la chaîne alimentaire** : la maîtrise des microbiotes alimentaires accompagnant la transformation des aliments sera recherchée notamment pour les qualités conférées à ces aliments, ainsi que les effets des microbiotes introduits, dont ferments, par les aliments sur le microbiome intestinal et sa dynamique ;
- **déterminants sociaux, culturels, économiques et sensoriels des préférences alimentaires et des pratiques de consommation et d'activités physiques**, visant à faciliter un mode de vie plus sain et/ou plus respectueux de l'environnement. Les expérimentations de terrain seront considérées en priorité. Des travaux sur les modalités d'actions des politiques publiques pour accompagner ces évolutions de modes de vie sont attendus ;
- **aliments et régimes alimentaires favorisant une nutrition préventive** : la priorité sera donnée aux projets qui concerneront les personnes âgées, les nouveaux nés et les enfants, les populations en précarité économique. Les approches de biologie intégrative, ainsi que des projets intégrant plusieurs déterminants de la nutrition (sensoriels, nutritionnels, sanitaires, sociaux, économiques) seront considérés en priorité ;
- **stratégies industrielles** : enjeux de concurrence et de complémentarité entre industries alimentaires, agro-industries et distribution ; stratégies des entreprises vis-à-vis des politiques publiques et des réglementations ;
- **organisation sociale et économique des systèmes alimentaires** : capacité des filières à intégrer de nouvelles contraintes qualitatives et à générer des gains de productivité ; dynamiques et organisation territoriales des systèmes alimentaires ; répartition de la valeur entre acteurs des filières ; résistance et résilience aux chocs économiques ou sanitaires ; analyse d'impact et leviers d'action pour des politiques publiques ciblant les acteurs des systèmes alimentaires (entreprises, consommateurs et nouveaux acteurs ...).

### Sécurité alimentaire mondiale

La sécurité alimentaire recouvre les quatre dimensions essentielles définies par la FAO : (i) disponibilités agricoles et alimentaires, sur le plan quantitatif et qualitatif ; (ii) utilisations alimentaires et situations nutritionnelles des populations ; (iii) accès à l'alimentation en lien avec les problématiques de vulnérabilité et de pauvreté ; (iv) stabilité des disponibilités et de l'accès, dans un contexte d'incertitude sur les prix et les marchés. Il convient d'y ajouter une dimension relative aux politiques et aux modes de gouvernance de la sécurité alimentaire. Ces différentes dimensions sont aujourd'hui à (ré)examiner au regard des changements globaux en cours (changement climatique, épuisement de ressources naturelles non renouvelables, dégradation de ressources naturelles renouvelables, transitions

démographiques et nutritionnelles, transition énergétique, transitions socio-politiques, croissance économique et développement des inégalités, ...). Sachant que les propositions peuvent s'inscrire dans une perspective mondiale ou concerner des contextes européens ou extra-européens que ceux-ci relèvent de pays émergents ou en développement, les recherches porteront en particulier sur :

- **les équilibres quantitatifs/qualitatifs** des demandes et offres alimentaires : modélisations permettant l'intégration, à différentes échelles, des effets des changements globaux sur la productivité agricole et sur l'adaptation de systèmes et des technologies de production, la prise en compte de la concurrence dans les usages des sols, ainsi que les effets des transitions nutritionnelles, des stratégies des organisations industrielles et des politiques publiques, des processus d'urbanisation, des risques et des aléas (environnementaux dont risques climatiques, instabilité des marchés agricoles) ;
- **les politiques publiques et la gouvernance de la sécurité alimentaire** : construction de l'action publique, politiques et instruments de gouvernance favorisant la sécurité alimentaire aux différentes échelles ; organisations et dispositifs visant la sécurité alimentaire (territoriaux ou internationaux) ; conditions d'émergence des politiques de sécurité alimentaire ; investissements dans l'organisation des marchés et des infrastructures publiques ou privées ;
- **les déterminants de l'accès à l'alimentation** : stratégies alimentaires des ménages, liens entre systèmes d'activités et de revenus et accès à l'alimentation, sécurisation de l'alimentation dans des contextes d'instabilités économiques et politiques ; situation alimentaire et état nutritionnel des populations pauvres et/ou vulnérables ; formes d'organisation innovantes permettant de faciliter la sécurité d'approvisionnement ; circuits de commercialisation de proximité entre agriculteurs et consommateurs ;
- **les transitions alimentaires** : changements des régimes alimentaires des populations sous l'effet des changements des modes de vie : croissance économique, migrations, urbanisation ; prise de conscience environnementale ; rôle des évolutions de l'offre alimentaire, des caractéristiques des produits et des stratégies des firmes dans les changements de régimes ; impacts économiques, sociaux, sanitaires et environnementaux des transitions nutritionnelles ; instruments de politique publique limitant les effets néfastes des transitions alimentaires et adaptés aux contextes économiques, sociaux et culturels.

**Appels internationaux 2016/2017 : ERA-NET-Cofund SUSFOOD 2 : Sustainable Food Production and Consumption; initiatives de la JPI HDHL (Healthy diet for healthy life).**

## Axe 6 - Bioéconomie : technologies spécifiques et approches système

L'Union européenne définit la bioéconomie comme « la production durable de ressources biologiques renouvelables et leur transformation, ainsi que celle de déchets, en aliments pour l'homme ou le bétail, en produits bio-basés tels que les bio-plastiques, en biocarburants et en énergie. Elle inclut les secteurs de l'agriculture, de la sylviculture, de la pêche, de l'alimentation, de la pâte à papier et du papier ». La SNR souligne que l'enjeu du développement de la bioéconomie est de répondre à la contrainte de raréfaction de certaines ressources naturelles non renouvelables, et à l'objectif d'un modèle de production plus durable et respectueux de l'environnement.

Cet axe ne couvre pas l'ensemble du champ très large de ces définitions dont certains thèmes sont ouverts dans d'autres axes du défi (modes de productions durables sous contraintes, alimentation humaine, valorisation économique des services écosystémiques...), il est plus spécifiquement ouvert aux **approches transversales et/ou systémiques**

**spécifiques aux enjeux de la bioéconomie**, ainsi qu'aux méthodes et aux technologies spécifiquement ou principalement liées à ce domaine, dont les biotechnologies et les procédés de transformations, y compris au sein des bioraffineries.

Sont concernées dans cet axe **l'ensemble des bioressources** (exploitées, cultivées, d'élevages, forestières, et les déchets) des systèmes **continentaux et marins**.

Les recherches pourront s'appuyer sur les outils de modélisation des systèmes complexes. Les projets pourront explorer les dimensions environnementales, économiques et sociales des développements envisagés, ou intégrer deux étages différents de la chaîne de valeur (production, transformation primaire, transformation secondaire, usages, cascades d'usages, bouclage des cycles) et prendront en compte tous les types de savoirs. Les projets pluridisciplinaires sont encouragés.

### La production et la mobilisation des bioressources

Le champ des recherches concerne ici notamment :

- la conception de **systèmes de culture durables sous contrainte d'usage** des bioressources produites (par exemple, les enjeux d'amélioration de la productivité en molécules d'intérêt et de réduction ou de l'élimination des métabolites secondaires indésirables) ;
- la **sélection variétale** et la mise au point d'itinéraires techniques économiquement, environnementalement et socialement performants en accord avec les principes de l'agroécologie pour les nouvelles bioressources (dont cultures non alimentaires, micro et macro-algues, insectes, nouvelles essences forestières, phytoremédiation...);
- la **valorisation des surfaces marginales**, dégradées, les mutations d'usage des surfaces agricoles et des territoires par l'exploitation de bioressources traditionnelles ou nouvelles
- la **modélisation à l'échelle des territoires** de la disponibilité des bioressources sous contraintes (économique, environnementales, économiques, qualitatives, conflits d'usage...)
- l'impact de la **transition énergétique** sur la production primaire.

### Les transformations des bioressources (y compris les bioraffineries)

Les recherches peuvent concerner toutes les bioressources, tous les biomatériaux et toutes les biomolécules intéressant les industries agroalimentaires et non alimentaires (bioactifs pour la santé animale ou végétale, matériaux bio-sourcés, molécules plateforme...). Elles viseront notamment :

- la gestion de la connaissance des **mesures d'adaptation à l'hétérogénéité** (volumes, spécifications, prix...) des bioressources et la robustesse des procédés ;
- **l'optimisation** (efficacité, durabilité dont performance économique) **des technologies et procédés de transformation des bioressources**, y compris le développement de capteurs et outils de monitoring des procédés, l'amélioration et la diversification des techniques d'extraction, de purification, de fractionnement et de fonctionnalisation, les changements d'échelle (downscaling, dont transformation et bioraffineries à la ferme) ;
- le développement, l'optimisation et la **modélisation prédictive** de voies d'ingénierie biologique (biosynthèse in vitro, bioréacteurs, procédés enzymatiques en milieux non conventionnels, génie métabolique, couplages de procédés) pour la production de molécules d'intérêt.

Des projets associant les deux étages production et transformation sont attendus pour appréhender :

- **robustesse de la bioéconomie** en fonction des sources d'énergie impliquées dans les systèmes de production et transformation ;

- la description et l'optimisation des cascades d'usage (y compris le développement d'usages alternatifs des co-produits et déchets) ;
- la **sécurisation/stabilisation des approvisionnements** dans ses aspects quantitatifs, qualitatifs, économiques, techniques et juridiques, l'optimisation des chaînes logistiques et l'organisation de la collecte et du stockage ... ;
- la **traçabilité des bioressources** en termes quantitatifs et qualitatifs, en particulier pour les produits de fractionnement.

### Les externalités de la bioéconomie, en incluant systématiquement un modèle « business as usual »

L'évaluation de l'impact environnemental et social du développement de la bioéconomie soulève encore de nombreuses questions méthodologiques. On s'attachera donc :

- à améliorer **les outils d'évaluation et de suivi de la performance environnementale** de la bioéconomie et de ses différentes filières (ACV, écologie territoriale, modèle PEF, prise en compte des changements directs et indirects d'affectation des sols, ...)
- à développer des **méthodes d'évaluation de la performance sociale** des modèles bioéconomiques y compris les processus de transition ;
- à étudier la robustesse de ces méthodes en regard des variations de l'échelle d'évaluation ;
- à développer **l'intégration des évaluations environnementales avec les données économiques et sociales** ;
- à développer des **méthodes d'élaboration et de comparaison de scénarii** pour la prospective et l'aide à la décision.

### Leviers pour le développement de la bioéconomie :

Favoriser ce développement implique notamment de travailler sur :

- **les modalités de déploiement de la bioéconomie dans les territoires**, l'accompagnement des reconversions liées aux drivers externes (climat...) ou internes (transitions alimentaires, nouvelles filières) de la bioéconomie ;
- **le rôle des politiques publiques locales**, notamment en matière d'aménagement / urbanisme (conception des réseaux, infrastructures vertes...), d'animation économique et sociale, de politiques de formation/insertion etc.
- **les freins et les leviers juridiques** (exemples : déchets, productions marines, nouvelles bioressources...) et sociétaux (dont l'acceptabilité des réglementations), en particulier dans les chemins de transition ;
- **les mesures incitatives** (fiscales, assurantielles, organisationnelles, financières de type bonus/malus...) ou de marché (labellisation, certification...), leur efficacité et leurs enjeux sociaux et éthiques ;
- **les conditions techniques, organisationnelles et économiques d'adoption des innovations** par les acteurs économiques, notamment les analyses coût/bénéfice et la gestion de l'incertitude et des risques (sanitaires, environnementaux, économiques...)
- **les processus de décision publique et privée** favorisant l'intégration production / transformation / société au sein des territoires (dont la gestion des externalités positives et négatives) ; l'identification et l'articulation des échelles géographiques et administratives pertinentes en fonction des questions à traiter (sécurité alimentaire, insertion de nouvelles cultures, biodiversité, approvisionnement des bioraffineries, implication des acteurs, analyses multicritères, identification des terres marginales cultivables...)
- l'articulation entre les acteurs des nouvelles chaînes de valeur et entre chaînes existantes (culture, dialogue, logistique, échange d'information, propriété industrielle...) ; la modélisation des articulations micro-projets / macro-projets ;

- **l'approche éthique et juridique de la notion de bien public/bien privé** pour la conception ou la re-conception de systèmes bioéconomiques ;
- **les formes innovantes de gouvernance des filières** (en incluant les questions de partage de la valeur) et de dialogue avec la société ;
- **les outils d'aide à la décision et d'analyse** pour les politiques publiques et les stratégies du secteur privé.

**Appels internationaux 2016/2017 : ERA-NET Cofund in biotechnology CoBioTech :  
Biotechnology for sustainable bio-based economy**



## DEFI 6 - Mobilité et systèmes urbains durables

### COLLABORATIONS EUROPEENNES ET INTERNATIONALES :

*Les thématiques 2015/2016 priorisées pour un support à l'international sont contextualisées ci-après et listées en complément dans les tableaux 1 et 2 du PA 2016. Ces listes étant susceptibles d'évoluer, les déposants qui souhaiteraient mener leurs projets à une échelle européenne ou internationale sont invités à consulter régulièrement le site de l'ANR pour en savoir plus sur ces partenariats et ces appels : <http://www.agence-nationale-recherche.fr>.*

Ce défi pourrait être particulièrement concerné par les actions suivantes: ERANET Sustainable Urbanisation (SU-ENGI), qui devrait être lancé dans le cadre de la JPI Urban Europe et qui est complémentaire des actions nationales de l'axe 1 de ce défi.

### INTERFACES :

*Ce défi couvre des sujets de recherche transversaux à d'autres défis. Il est indiqué ci-dessous dans quel(s) autre(s) défi(s) ces sujets sont traités afin d'orienter les proposant vers le défi le plus adéquat pour leur projet. Il est fortement recommandé de lire le(s) défi(s) dans son (leur) intégralité pour en connaître les contours précis.*

Pour ces sujets transversaux qui concernent largement plusieurs défis (y compris le Défi 6), le lecteur est invité à se reporter au paragraphe « **Multidisciplinarité, transversalités et interfaces** » (pages 39 à 42) dans lequel sont traités les domaines suivants : **Données massives (Big Data), Robotique, Capteurs, Biologie, Bioéconomie-Biotechnologies**.

Les autres interfaces du Défi 6 concernent les thématiques suivantes :

D'une manière générale, dès lors que le projet s'intéresse principalement à la dimension spécifiquement urbaine d'une problématique (adaptation aux changements climatiques, agriculture en ville...), le projet doit être rattaché au **défi 6**. S'il n'y a pas de dimension spécifiquement urbaine, le projet doit être rattaché au défi qui traite de l'autre enjeu ; ainsi, par exemple, le développement d'une écotechnologie non spécifique à l'urbain relève du **défi 1**.

Les travaux dédiés à la conception, la fabrication et l'étude des propriétés physiques et mécaniques des matériaux pour le bâtiment ou les véhicules de transport sont traités dans le **défi 3**, en tenant compte des cahiers des charges spécifiques aux applications transport ou bâtiment ; relèvent du **défi 6** les projets concernant les problématiques d'intégration de ces matériaux dans les systèmes de transport et les bâtiments ;

Les travaux sur les briques technologiques que sont les batteries, les infrastructures de recharge, les piles à combustible et le stockage à bord de l'hydrogène, l'électronique de puissance, les machines électriques, les équipements énergétiques sont traités dans le défi 2, en tenant compte des cahiers des charges spécifiques aux applications transport ou bâtiment ; relèvent du **défi 6** les projets concernant les problématiques d'intégration de ces technologies dans les systèmes de transport, la ville et les bâtiments ;

Les approches techniques des smart-grids relèvent du **défi 2** ; en revanche, l'impact de leur utilisation sur les systèmes urbains et systèmes de transport doit être traité dans le **défi 6** ;

Les projets visant l'automatisation des véhicules de transport de personnes et/ou de marchandises relèvent du **défi 6** ;

Les projets concernant le développement et l'usage des groupes moto-propulseurs pour tout transport sont dans le **défi 6** Les questions de santé sont principalement traitées dans les défis 4 et 8 mais les questions d'exposition relèvent du défi 6 ;

## Introduction

Le périmètre et le contenu des axes thématiques de ce défi prennent notamment en compte les travaux menés dans le cadre de la Stratégie Nationale de Recherche par le groupe de travail « Mobilités et systèmes urbains durables », des remarques sur la feuille de route rédigée par l'alliance ANCRE et l'alliance ALLENI. Les 4 orientations de la SNR concernant le Défi-6 du plan d'action 2016 de l'ANR sont les suivantes: i) Observatoires de la ville, ii) Nouvelles conceptions de la mobilité, iii) Outils et technologies au service de la ville durable, iv) Intégration et résilience des infrastructures et des réseaux urbains. Le défi 6 du PA2016 de l'ANR est également concerné par les 5 autres orientations Évaluation et maîtrise du risque climatique et environnemental, Éco et biotechnologies pour accompagner la transition écologique, Efficacité énergétique, 5e génération des infrastructures réseaux et Collaboration homme-machine. Le défi 6 du PA2016 de l'ANR contribue aussi aux 5 enjeux inter-défis SNR devant être traités avec une urgence particulière : i) l'explosion du volume de données numériques et leur valorisation, ii) le rôle premier de la science et de l'innovation dans l'analyse et la gestion du risque climatique, iii) la révolution de notre compréhension du vivant, iv) la nécessité de développer une offre de soins innovante et efficace, v) l'importance de la connaissance des cultures et de l'homme.

Les recherches attendues le défi 6 doivent explorer les voies par lesquelles les systèmes urbains, les transports, l'habitat et leurs usagers s'adaptent aux exigences d'un développement durable. Y sont notamment attendues des approches intégrées et systémiques, qui permettent d'interpréter les processus sociétaux et environnementaux dans leurs interactions. La mobilité, l'habitat et plus généralement le vivre ensemble sont à mettre en regard des pressions sur l'environnement mais aussi des services écosystémiques, de la réduction des nuisances et des changements globaux. Tout prenant en compte les vulnérabilités et les potentielles inégalités, les recherches doivent permettre d'évaluer et d'améliorer les performances des bâtiments et des transports, ainsi que l'organisation des systèmes urbains favorisant un accès fluide et efficace aux ressources et aux services. Une attention particulière est portée aux avancées de la société numérique pour accompagner, développer et promouvoir des usages de transports durables et gérer plus intelligemment la ville tout en assurant la pérennité et l'adaptation des infrastructures et des réseaux aux besoins existants et émergents. Les modalités de la gouvernance et l'évolution des politiques publiques qui interviennent dans la gestion, l'évolution et la promotion des systèmes urbains doivent être analysées en fonction de ces objectifs.

Les travaux développés dans ce cadre doivent répondre à plusieurs objectifs scientifiques :

- constituer de nouveaux savoirs relatifs à l'efficacité énergétique, aux impacts environnementaux et à la qualité d'usage, pour les composants tels que les véhicules, les bâtiments... et aux différentes échelles, en s'intéressant aussi aux interactions entre ces critères et ces échelles ;
- développer la modélisation des phénomènes et la gestion des données, en appui à la conception, l'aide à la décision et l'évaluation des performances ;
- explorer comment les technologies du numérique peuvent induire des changements sur la mobilité, l'habitat, les systèmes urbains et les comportements des usagers ;
- participer au développement d'une offre méthodologique et technologique pour concevoir, construire, réhabiliter et s'adapter aux nouvelles exigences énergétiques et environnementales mais aussi l'usage du patrimoine existant et gérer plus efficacement les différentes composantes des systèmes urbains et des transports en impliquant notamment l'utilisateur.
- participer à la réflexion et au développement d'approches innovantes en planification : *nature based solutions, integrated cities...*



## Axe 1 : Connaissances fondamentales, recherche exploratoire et concepts en rupture

Ce premier axe, transversal aux autres axes thématiques, vise à produire des **connaissances fondamentales utiles pour le défi** ou à permettre l'exploration **d'idées ou d'approches radicalement nouvelles et de concepts en rupture** par rapport à des travaux de recherche plus incrémentaux.

En effet, des recherches fondamentales ou très amont sont nécessaires pour contribuer à la constitution d'un socle de connaissances sur lequel baser les politiques publiques ou préparer les technologies du futur.

A titre d'exemples, sont attendues des contributions :

- sur les approches conceptuelles (notion de ville durable, modèles de la théorie urbaine...)
- en sociologie des systèmes sociotechniques, sur les dynamiques de changement
- en théorie des systèmes et de l'optimisation
- en mathématiques appliquées, modélisation avancée, algorithmique, calcul intensif, exploitation des données massives
- sur les méthodes, outils et technologies de collecte, d'exploration et de cartographie des données urbaines et territoriales
- adoptant des approches biomimétiques ou bio-inspirées, tant pour le développement de produits que pour la modélisation du métabolisme urbain et de son empreinte environnementale et énergétique, ou de la gestion de la mobilité.
- sur l'intégration interdisciplinaire entre les sciences humaines et sociales, les sciences de l'ingénieur et de l'environnement

Pour les projets déposés dans cet axe, on attend que les objets de recherche, les applications ou les finalités (même à long terme) soient positionnés par rapport à au moins un des axes qui suivent et indiquent comment ils peuvent contribuer à des enjeux décrits ci-dessous.

Dans cette perspective, cet axe vise aussi à attirer de nouvelles communautés et à favoriser de nouveaux partenariats.

## Axe 2 : Villes et territoires durables

La ville étant un système complexe et intégré, pouvoir agir le plus efficacement possible sur ce système demande à la fois des travaux ciblés sur des lacunes de connaissances identifiées et des approches intégrées multisectorielles et transdisciplinaires, permettant de mieux cerner ses dynamiques et les leviers d'action, à différentes échelles temporelles et spatiales. Cet enjeu est en correspondance avec l'orientation SNR n° 22 – observatoires de la ville.

### Approches socio-spatiales de la durabilité, (mobilités, aménagement, pratiques)

Les **dynamiques urbaines**, les **transitions**, les interactions entre temps court et temps long, échelle locale et échelle globale sont encore mal appréhendées, alors qu'elles sont au cœur des enjeux de durabilité urbaine. Il s'agit de mieux comprendre les **facteurs d'évolution des villes** (croissance, déclin, attractivité économique et sociale...) qui contribuent à consolider ou à fragiliser des systèmes de villes, à renouveler les relations entre métropoles, villes moyennes et espaces de faible densité, reposant la question de la localisation des populations et des activités économiques (centres, périphéries urbaines, rural, petites ou grandes agglomérations...). Dans cette perspective dynamique, il s'agit aussi de revisiter les liens entre **formes urbaines**, **organisation du tissu urbain**, **localisations des activités**, offre de **services de transport et d'infrastructures**, **mobilités** et **impacts sur l'environnement**. Les recherches doivent notamment permettre d'éclairer les controverses sur la **densification**, la **compacité**, la **mixité** (de fonction, sociale,

générationnelle), la **multipolarité**... dans la construction de la durabilité urbaine. S'agissant de phénomènes pour lesquels les échelles spatiales et les échelles temporelles importent et s'imbriquent, le défi méthodologique est ardu. Si la modélisation est une voie intéressante à développer, d'autres méthodes (scénarios, comparaisons internationales...) sont à explorer ou à revisiter.

Les **pratiques des citoyens** se transforment progressivement, sous l'effet, notamment, d'une plus grande sensibilité aux **enjeux environnementaux** et avec **l'appropriation du numérique**. D'autres facteurs contribuent à ces transformations comme les crises économiques. Cependant, des écarts, voire des contradictions subsistent entre des représentations davantage éco-centrées et des pratiques qui demeurent souvent intensives en usage des ressources. C'est le cas des pratiques de mobilité, liées aux choix résidentiels, aux stratégies de localisation des activités économiques et à la configuration des réseaux de transport. La connaissance, la compréhension et la régulation des tensions inhérentes à l'avènement de pratiques durables de mobilité, d'habitat, d'utilisation des espaces publics... définissent un champ de recherche à part entière.

Faisant écho aux questions sur le **bien-être** et la **qualité de vie**, la recherche sur la durabilité urbaine appelle à une convergence des travaux sur les transformations des modes de vie urbains et des rapports qu'entretiennent les sociétés à leur environnement. Elle nécessite les contributions croisées de l'écologie, de la géographie, de l'histoire, de la sociologie, de l'anthropologie, de la psychologie, de l'économie, du droit et des sciences politiques.

#### Qualité de l'environnement urbain, services éco-systémiques et utilisation optimale des ressources urbaines

Les villes consomment de grandes quantités de matières, de produits alimentaires, d'énergie, dont elles rejettent une partie sous forme d'émissions dans l'eau, l'air, les sols. Il apparaît essentiel de mieux comprendre les processus de ce **métabolisme urbain**. Les enjeux sous-jacents concernent non seulement la compréhension et la gestion, le contrôle du fonctionnement des villes, de leurs **interactions avec la biosphère** et de leur **impacts sur l'environnement et l'homme** (pollutions, déchets, conflits d'usage de l'espace ...), mais interrogent également les questions de prospective et d'action – bouclage des flux, symbioses urbano-agro-industrielles, circuits courts, sobriété urbaine...

Les questions de la **qualité de l'environnement urbain** en lien avec la santé et le bien-être des habitants demandent notamment de bien caractériser les multi-expositions des populations aux différentes **pollutions et nuisances** (particules, bruits, odeurs, paysages dégradés...), dans tous les compartiments de la ville (milieux ouverts, confinés tels que l'habitat, les transports urbains...) – et leurs conséquences.

Les éléments de qualité de vie et de qualité environnementale doivent être questionnés en articulation avec les développements techniques, notamment dans le domaine énergétique.

Si certains des rôles joués par la **nature en ville** commencent à être mieux appréhendés, des travaux de production de connaissances nouvelles relatives à la **biodiversité** et au fonctionnement des **socio-écosystèmes urbains**, y compris l'agriculture urbaine, demeurent nécessaires afin de constituer le socle d'une **ingénierie écologique urbaine**. Ces écosystèmes « naturels » artificialisés et socialisés rendent en effet de nombreux services : approvisionnement, régulation, services à caractère social, aménités, atténuation des nuisances. Le développement d'approches d'**évaluation des services écosystémiques** s'avère essentiel, en lien avec la question de l'usage des sols (évaluation, bilan écologique, social, contribution à l'adaptation au changement climatique...), de la pollution atmosphérique et sonore. Il s'agit aussi d'évaluer l'adéquation entre les espèces, les services attendus et les « dé-services » liés aux écosystèmes en question.

Enfin, on éclairera la relation de double causalité entre fonctionnement (et qualité) des écosystèmes urbains et **bien-être humain**. Trois champs d'investigation sont à considérer : la valeur des biens et services non marchands et leur évaluation monétaire, le rôle de la qualité et de l'accès à l'information dans la valeur attribuée aux biens et services écosystémiques par la société ; l'acceptabilité sociale et les dispositifs participatifs à considérer dans une gouvernance urbaine durable. A cet égard, on pourra évaluer en particulier le potentiel de résilience associé au maintien d'une certaine biodiversité tant sur le plan de l'environnement et de la qualité générale de l'écosystème, que sur celui de l'activité économique, et du bien-être humain.

Ces études pourront amener à considérer la pertinence d'indicateurs de développement humain et leur caractère opérationnel.

### Vulnérabilités et résilience des systèmes urbains

Les questions de **vulnérabilité** des villes, aux événements soudains (inondations, effets d'une canicule, émeutes...) ou à des changements progressifs (impacts lents du changement climatique, vieillissement de la population...) et de **résilience** doivent être abordées sous un angle systémique. Il s'agit d'une part d'identifier, qualifier et quantifier la fragilité des systèmes urbains et d'autre part, de développer des approches permettant d'évaluer globalement leur vulnérabilité. Un enjeu important, tant en termes de connaissances qu'en termes opérationnels, concerne la construction de la résilience et les **stratégies d'adaptation**.

Cette question de la vulnérabilité et de la résilience d'un système urbain prendra en compte les politiques d'occupation des sols et d'aménagement des territoires, leurs héritages et leurs inerties, leurs capacités d'adaptation voire de réversibilité, les conflits d'usage actuels et à venir (anthropisation, production agricole versus préservation de la biodiversité...).

On s'intéressera également aux facteurs de vulnérabilité et de résilience du **dynamisme économique** et de l'**attractivité** d'un système urbain et plus généralement d'un territoire : type et diversité des activités, exposition aux risques et dépendance, promotion d'une économie circulaire, politique d'accueil et d'hébergement de nouvelles entreprises, politique touristique et culturelle...

### Axe 3 : Construction durable

Cet axe est corrélé à l'orientation SNR n° 24 – Outils et technologies au service de la ville durable.

#### Du bâtiment à l'îlot bas-carbone et à faible impact environnemental

Les objectifs d'amélioration de l'**efficacité énergétique du parc de bâtiments** sont extrêmement ambitieux. Toutefois, des questions de recherche restent encore ouvertes sur les bonnes échelles d'espace et de temps pour aborder l'**énergie positive** : l'îlot est notamment une échelle d'intégration à examiner.

Parallèlement, la réglementation dans le domaine du bâtiment va substituer à l'obligation de moyens une obligation de résultat. Si ce changement laisse davantage de liberté dans les choix et devrait favoriser l'innovation technique et architecturale, il va aussi demander la mise au point de méthodologies et d'instruments pour la **mesure physique** (audit énergétique et suivi des performances). Beaucoup d'**outils** et de **modèles pour la conception des bâtiments** reposent sur des hypothèses que rendent caduques les nouvelles cibles de performance énergétique, notamment parce que des phénomènes de second ordre, négligés jusque-là, deviennent importants dans ce nouveau contexte. Il s'agit de revoir ces outils destinés à la conception, la réalisation et la rénovation (maquette numérique). Ils doivent non seulement intégrer les questions d'énergie mais aussi de santé (qualité de l'air, bruit...), de confort (approches multi-physique, acoustique, éclairage ...) et les interactions/rétroactions entre systèmes techniques et utilisateurs. Ce qui nécessite une meilleure connaissance des **comportements**, des **qualités et valeurs d'usage** dans le

cadre d'un dialogue renforcé entre sciences humaines et sociales et sciences de l'ingénieur, pour mieux prévoir les performances réelles des bâtiments et des îlots. Il s'agit aussi de concevoir des bâtiments et des îlots plus facilement appropriables et robustes en termes de performance face à une grande diversité d'usages, en tenant compte, *ab initio*, des pratiques et des valeurs des usagers. Enfin, un champ important de recherche concerne les **modèles économiques** ainsi que les mécanismes de diffusion et d'appropriation de ces innovations tant par les acteurs de la construction que par les utilisateurs, notamment pour le secteur de la réhabilitation.

### Génie civil, construction et gestion durables du patrimoine bâti et des infrastructures

Au-delà des enjeux strictement énergétiques, la **pérennité globale du patrimoine bâti** (constructions, infrastructures) reste un enjeu majeur du développement durable. Il s'agit tout d'abord d'améliorer les connaissances sur les mécanismes de **vieillesse**, de perte de performance et de **risque de défaillance** de ce patrimoine, mais aussi de proposer des méthodes et outils de **monitoring, d'inspection, de dimensionnement et de modélisation**. Il faut améliorer ou repenser les solutions de **conception, de construction et d'entretien**, de planification, d'inspection et de gestion, de prévention et de protection contre les aléas naturels, les matériaux à utiliser, les **technologies de rénovation/réingénierie** à bas coût et haute performance, les méthodes et outils propres à l'ingénierie géotechniques, les modes d'intervention destinés aux bâtiments, aux infrastructures de transport et aux réseaux, en limitant l'immobilisation de ces constructions, en tenant compte des contraintes de rareté de matières, d'espace ou de foncier, présente ou à venir, des impacts potentiels des changements climatiques et en s'intéressant à l'ensemble du cycle de vie.

Des recherches sont aussi encouragées pour développer et structurer données, méthodes et outils numériques au service de la conception, de la construction, de l'exploitation et de l'entretien efficaces et durables du patrimoine bâti.

Une attention particulière doit être donnée à la préservation et à la mise en valeur du patrimoine culturel des villes, source de différenciation et d'attractivité.

## Axe 4 : Véhicules propres, sûrs, connectés, automatisés

Cet axe est corrélé avec l'orientation SNR n° 23 – nouvelles conceptions de la mobilité.

### Efficacité énergétique des véhicules : groupes motopropulseurs et approches globales

La réduction des impacts environnementaux des transports repose en grande partie sur la levée de verrous scientifiques et technologiques qui permettront de généraliser les véhicules (individuels, collectifs, utilitaires) peu émetteurs de gaz à effet de serre et de polluants locaux. Ce développement se fera à travers des efforts de recherche focalisés sur les **groupes motopropulseurs à très haut rendement énergétique et faibles émissions de polluants**<sup>39</sup>, les **systèmes de dépollution**, l'utilisation dans les moteurs à combustion interne de **carburants moins émetteurs de gaz à effet de serre** que les hydrocarbures issus du pétrole (dont les biocarburants, les carburants gazeux à haut rapport H/C et l'hydrogène), **l'électrification et l'hybridation des véhicules**, le thermo-management, la récupération d'énergie et la **gestion de l'énergie à bord** en utilisant notamment les possibilités offertes par la connectivité. Il faut considérer également des approches plus globales telles que **l'allègement**<sup>40</sup>, la **réduction des frottements**, l'amélioration de **l'aérodynamique** ou de **l'architecture des véhicules** (notamment pour les véhicules lourds), et plus généralement les améliorations en rupture.

<sup>39</sup> Les projets portant sur la combustion qui visent essentiellement des applications transport doivent être soumis dans le défi 6 et non dans un autre défi.

<sup>40</sup> Les projets qui portent sur la conception, la fabrication ou l'étude des propriétés physiques ou mécaniques des matériaux doivent être soumis en dans le défi 3.

## Sécurité, sureté et adaptation des véhicules

L'amélioration de la **sécurité routière** (réduction du nombre et de la gravité des accidents et de leurs conséquences) est un enjeu important. Cela passe à la fois par le développement de nouveaux types de véhicules mieux adaptés à une demande en évolution, plus **accessibles et ergonomiques**, ou encore par l'intégration croissante des technologies de sécurité passive et active des véhicules. Mais les connaissances en **accidentologie** doivent également être améliorées afin de rendre plus efficaces les politiques publiques en ce domaine. Certaines problématiques devraient être approfondies : impact du vieillissement de la population, usagers vulnérables, deux-roues motorisés, distracteurs au volant, irruption de nouveaux types d'engins de déplacement... La spécificité de la sécurité routière en ville est à prendre en compte dans un contexte nouveau marqué par l'accroissement des circulations « douces », la diversification des modes de mobilité et la complexification de la gestion des espaces publics urbains.

### Aides à la conduite, automatisation, connectivité et fiabilité

Le développement des **aides à la conduite** et des systèmes de communication entre véhicules et avec l'infrastructure pouvant aller jusqu'à la mise au point de **véhicules** entièrement **automatiques** s'inscrit dans ce contexte d'amélioration de la sécurité et de plus grande **efficacité des transports** (pour la route, le ferroviaire, le fluvial, le maritime, l'aérien).

Ces avancées ne pourront avoir un réel impact que si sont bien comprises et prises en compte les attentes et comportements des utilisateurs/conducteurs, les contraintes d'usage des véhicules et les interactions entre des véhicules plus ou moins automatisés et les personnes (utilisateurs mais aussi piétons). Sont notamment attendus sur ces sujets des approches interdisciplinaires entre sciences humaines et sociales (psychologie, sociologie...) et sciences de l'ingénieur (ergonomie, robotique...).

Enfin, la **fiabilité des systèmes intégrés** dans les véhicules, notamment de l'électronique et des technologies de l'information et de la communication, doit aussi être confortée.

## Axe 5 : Réseaux et services

Cet enjeu correspond à l'orientation SNR n° 25 – Intégration et résilience des infrastructures et des réseaux urbains.

### Réseaux et services de transport de personnes et de marchandises

La recherche doit contribuer à repenser globalement les **systèmes de transport** pour les rendre plus efficaces, mais aussi mieux adaptés aux besoins de mobilité des personnes et des biens. Il convient pour cela de s'appuyer sur les technologies de l'information, sur l'organisation des services favorisant la collaboration, la mutualisation, la multi-modalité et l'interopérabilité (notamment avec le dernier kilomètre), sur une exploitation optimisée des infrastructures de transport, sur la gestion en temps réel du trafic et sur l'organisation et l'implication des opérateurs de transport. Mais si l'utilisateur-client doit être au centre des préoccupations, il importe aussi pour la recherche de s'interroger sur la notion de besoin de mobilité et sur les modalités d'un équilibre de l'offre et de la demande s'inscrivant dans des limites financières adaptées au contexte économique et social.

Il s'agit en particulier, dans cette perspective d'intérêt général, d'évaluer de nouvelles combinaisons de mesures de **régulation**, associant notamment réglementation, économie et psychologie ("nudges"), à même d'optimiser la mobilité tant pour le transport de personnes que de marchandises. Cela revient à miser sur l'orientation des **comportements**, mais aussi sur la **localisation des ménages et des activités**. L'enjeu est de réduire la congestion dans les réseaux et les atteintes à l'environnement (bruit, pollution, gaz à effet de serre, odeurs). Le développement et l'évaluation de **nouveaux services** reposant sur une bonne compréhension des dynamiques d'évolution à l'œuvre tant dans la mobilité des personnes que dans l'approvisionnement des ménages et des entreprises, doivent aussi concourir à

ces objectifs : le véhicule partagé, le véhicule serviciel, les modes doux... Dans le domaine de la *supply chain*, nul ne peut ignorer les gains importants qu'apporteraient en termes de résilience la mise en œuvre complète du concept de l'**Internet Physique** dont le principe est d'aboutir à la création d'un réseau des réseaux des **prestations logistiques**.

### Réseaux et services urbains adaptés aux besoins et résilients

Les villes fonctionnent sur la base de la mutualisation de **services urbains** mis en réseaux (assainissement, eau, énergie, déchets...). Au-delà des outils nécessaires (inspection, stratégies de maintenance, de réparation...) pour maintenir la pérennité de ces **patrimoines de réseaux**, se posent des questions autour de l'évolution de ces services et de la production de nouveaux services, mieux adaptés aux contraintes nouvelles (économies d'énergie, contraintes budgétaires...), aux besoins émergents (vieillesse de la population, inégalités territoriales...) et tirant parti du développement des technologies de l'information et de la communication. La recherche doit accompagner le développement d'innovations en **génie urbain** destinées à renforcer la résilience et les **capacités d'adaptation** (voire de réversibilité) des réseaux, des constructions et des infrastructures aux besoins des générations futures et aux transformations de l'environnement, en adoptant notamment des approches de conception/gestion guidées par l'usage. Il s'agit aussi d'imaginer des solutions permettant une **continuité du service même en mode dégradé**. Les synergies et les mutualisations **inter-réseaux**, le "sur-mesure" selon les conditions locales, les solutions à échelles réduites devraient également être examinées.

### « Smart-cities », nouveaux usages et services innovants

Depuis longtemps les technologies de l'information et de la communication accroissent l'efficacité et la productivité des services urbains. La notion de **smart city** va plus loin en considérant pour ces services des modèles d'organisation différents, plus distribués, plus réactifs, plus immédiats, grâce à une plus grande numérisation des technologies et des réseaux qui produisent et fournissent ces services. Les changements pourraient être considérables en ce qui concerne la mise en œuvre, l'exploitation, l'économie, l'ingénierie et la logistique et plus largement la réglementation, les comportements, la gouvernance. D'importantes innovations sont à attendre de telles évolutions. Par exemple, elles pourraient constituer des vecteurs essentiels pour le passage à des activités urbaines moins énergivores.

Par ailleurs les technologies de l'information et de la communication permettent l'émergence de **nouveaux services**, par exemple dans le domaine des transports de marchandises et de la mobilité des individus, et donnent aux citoyens de nouveaux moyens d'information et d'action qui peuvent les amener à contribuer à l'offre de nouveaux services (économie collaborative) et à modifier leurs pratiques dans de nombreux domaines (consommation, mobilité, participation à la gouvernance, etc.).

On attend sur ces questions des recherches réellement pluridisciplinaires, capables de cerner les impacts d'un passage à la « **ville numérique** » sur les **pratiques** des citoyens et sur le **métabolisme urbain**.

## DEFI 7 - Société de l'information et de la communication

### COLLABORATIONS EUROPEENNES ET INTERNATIONALES

*Ce défi s'inscrit dans une dynamique de construction de l'espace européen de la recherche et d'ouverture de la recherche française à l'international. Les équipes de recherche françaises sont invitées à soumettre des projets internationaux dans le contexte de l'appel à projets générique (instrument PRCI) ou des actions internationales spécifiques liées au défi.*

Afin de faciliter la préparation de projets internationaux, une liste de telles actions prévues ou envisagées est donnée ci-dessous et reprise dans les tableaux 1 et 2 du présent plan d'action. Cette liste étant susceptible d'évoluer, les chercheurs intéressés sont invités à consulter régulièrement le site internet de l'ANR (menu « Financer votre projet » / « appels à projets en cours »).

- ERA-NET CHISTERA II ([www.chistera.eu](http://www.chistera.eu)) : European Coordinated Research on Long-term Challenges in Information and Communication Sciences & Technologies ERA-NET. Un appel transnational sur deux thématiques, « Lifelong Learning for Intelligent Systems » et « Visual Analytics for Decision Making under Uncertainty », est prévu pour publication en octobre 2016.
- ERA-NET FLAG-ERA ([www.flagera.eu](http://www.flagera.eu)) : The FET Flagship ERA-NET. Les projets en partenariat ou pouvant conduire à un partenariat dans le cadre d'un des deux Flagships, le Graphene Flagship et le Human Brain Project (HBP), sont invités à l'indiquer dans l'interface de soumission. Les modalités de partenariat avec chacun des deux Flagships sont décrites sur leur site web respectif. Par ailleurs, un appel transnational sur les thématiques des deux Flagships (Graphene et HBP) est prévu pour publication fin 2016, en association avec les défis 3 et 4.
- ERA-NET QuantERA : QuantERA ERA-NET Cofund in Quantum Technologies. Un appel est prévu pour publication en janvier 2017.
- CRCNS : Collaborative Research in Computational Neuroscience. Un appel transatlantique est prévu avec les Etats-Unis (NSF, NIH), l'Allemagne (BMBF) et Israël (BSF), en association avec le défi 4.

### CHALLENGES

**Challenge MALIN** (MAîtrise de la Localisation Indoor) : Appel à projets dans le domaine de la Localisation Indoor en situation critique lancé en partenariat avec la DGA. Par sa thématique, il est liaison thématique avec les défis 7 et 9.

La localisation précise d'agents d'intervention d'urgence (sécurité civile, pompiers...), de forces de l'ordre et de forces armées dans un milieu fermé et inconnu est une fonction opérationnelle de très grande importance mais difficile à remplir faute de technologies adaptées pouvant prendre en compte les exigences techniques (encombrement, consommation électrique, puissance de calcul, précision de localisation), les exigences technologiques (diversité de capteurs à intégrer pour assurer la mission) et les contraintes environnementales (absence ou mauvaise réception de signaux GNSS...).

Actuellement, il existe une multitude de systèmes de localisation indoor, en environnement collaboratif, pour des applications civiles « commerciales », utilisant par exemple des technologies à base de balises installées dans les bâtiments et émettant et réceptionnant des signaux radioélectriques (GNSS, WiFi, UWB, ...). Ces systèmes ne répondent pas au besoin de localisation des agents civils et militaires en opération dans des bâtiments tant sur les conditions d'utilisation que sur les performances attendues.

De nouvelles solutions déjà existantes en laboratoire pourraient répondre en partie à ces besoins, mais leurs maturités ne sont pas suffisantes pour qu'elles soient industrialisées. Dans le cadre d'une montée en maturité technique, la DGA et l'ANR ont imaginé la mise en place d'un challenge intitulé MALIN (MAîtrise de la Localisation INdoor)

Ce challenge mettra en compétition plusieurs équipes dont les solutions technologiques duales (civiles/militaires) proposées seront évaluées lors de démonstrations échelonnées sur 3 campagnes.

L'objectif du challenge est de progresser dans le domaine de la localisation indoor en environnement non collaboratif. Il doit permettre : i) d'évaluer par comparaison plusieurs architectures de solutions technologiques permettant une localisation dans des environnements complexes types bâtiment, sous terrain, sous-sol, métro, mine, tunnel, etc. sans disponibilité permanente des signaux GNSS (Global Navigation Satellite System) ; ii) de faire progresser l'innovation dans le domaine de la localisation autonome du fantassin pour les applications militaires et d'agent d'intervention pour les applications civiles ; iii) de traiter la problématique des transitions Indoor-Outdoor.

Certaines thématiques de ce défi sont concernées par le **Challenge ROSE** (voir Défi 5).

## INTERFACES

Ce défi couvre des sujets de recherche transversaux à d'autres défis. Il est indiqué ci-dessous dans quel(s) autre(s) défi(s) ces sujets sont traités afin d'orienter les proposant vers le défi le plus adéquat pour leur projet. Il est fortement recommandé de lire le(s) défi(s) dans son (leur) intégralité pour en connaître les contours précis.

Pour ces sujets transversaux qui concernent largement plusieurs défis (y compris le Défi 7), le lecteur est invité à se reporter au paragraphe « **Multidisciplinarité, transversalités et interfaces** » (pages 39 à 42) dans lequel sont traités les domaines suivants : **Données massives (Big Data), Robotique, Capteurs, Biologie, Bioéconomie-Biotechnologies.**

Les autres interfaces du Défi 7 concernent la thématique suivante :

**Cybersécurité ; protection des systèmes d'informations ; Cryptologie ; Biométrie:** Les projets de recherche sur ces sujets, y compris les projets très amont et les preuves d'algorithmes cryptographiques, sont à déposer dans le défi 9. Toutefois, la sécurité comme propriété d'un logiciel ou d'une infrastructure de communication ou de calcul, quand l'objet principal de recherche n'est pas la sécurité, les propositions peuvent être déposées dans les axes du défi 7.

## COFINANCEMENTS POTENTIELS<sup>41</sup> DES PROJETS DU DEFI

Dans le cadre de ce défi, certains projets pourront être cofinancés par la DGA (Direction Générale de l'Armement).

## Introduction

Les sciences et technologies du numérique se situent désormais au cœur d'enjeux économiques, sociaux et humains majeurs. Les circuits intégrés sont devenus omniprésents : au-delà des ordinateurs et téléphones mobiles, ils ont investi une large gamme d'appareils utilitaires, domestiques ou de loisir. La connectivité de l'ensemble de ces appareils à différents réseaux de télécommunication, et in fine à internet, est devenue la norme ou est en passe de le devenir. Les systèmes d'information sont aujourd'hui des éléments critiques pour le fonctionnement des entreprises, des institutions, et des grandes infrastructures publiques (transport, eau, énergie...), posant des questions de sécurité et de souveraineté.

<sup>41</sup> On entend par cofinancement le fait que l'aide attribuée à un projet provienne pour partie de l'ANR, et pour partie d'un ou plusieurs partenaires co-financeurs de l'Agence.



La maîtrise des technologies matérielles, logicielles et de réseaux, est par conséquent un enjeu plus stratégique que jamais, pour notre autonomie comme pour notre compétitivité. Pour l'exercice de la science, plusieurs technologies numériques sont par ailleurs devenues des enjeux majeurs : le traitement de grandes masses de données en biologie, physique, astrophysique, observation de la Terre dans la recherche en SHS, le calcul intensif pour la simulation dans la plupart des disciplines, les objets connectés pour l'observation scientifique...

Les avancées des sciences et technologies du numérique reposent sur les progrès en micro nanoélectronique, en informatique, en mathématiques. Pour couvrir les différents champs de recherche et d'applications, leurs chercheurs doivent nouer des collaborations rapprochées avec toutes les disciplines et tous les secteurs d'activité.

La France dispose d'un réseau de recherche de grande qualité dans le numérique, regroupé au sein de l'alliance nationale de recherche Allistene. L'ensemble des chercheurs peut par ailleurs s'appuyer sur une infrastructure numérique dense et fiable grâce à des opérateurs de réseau de communication et de calcul à hautes performances (RENATER et GENCI). Enfin, la France bénéficie d'un tissu industriel et de services de grande technicité, avec des groupes internationaux et plusieurs milliers de PME et des pôles de compétitivité de premier plan dans le numérique.

Le défi « Société de l'information et de la communication » concerne les sciences et technologies du numérique au service de la société en complément des applications du numérique aux différents défis sociétaux du plan d'action 2016. Il s'inscrit dans une double priorité : penser le numérique au service de la société et concevoir et développer le numérique de demain via l'évolution de concepts, de méthodes et d'outils.

Le défi s'adresse à l'ensemble de la chaîne de l'innovation, depuis **la recherche la plus fondamentale** jusqu'à **la conception et le développement** d'outils et méthodes préindustriels.

Le défi est structuré en 8 axes, qui s'articulent avec les 4 orientations de la **SNR** concernant le Défi 7 :

- Orientation 26 : 5<sup>ème</sup> génération des infrastructures réseaux
- Orientation 27 : Objets connectés
- Orientation 28 : Exploitation des grandes masses de données
- Orientation 29 : Collaboration homme-machine

et les 5 programmes d'actions potentiel devant être traités avec une urgence particulière (l'explosion du volume de données numériques et leur valorisation, le rôle premier de la science et de l'innovation dans l'analyse et la gestion du risque climatique, la révolution de notre compréhension du vivant sous l'effet du développement de la biologie des systèmes, la nécessité de développer une offre de soins toujours plus innovante et efficace, et l'importance de la connaissance des cultures et de l'homme).

## Axe 1 : Socle Fondements du numérique

Cet axe sollicite des projets de recherche fondamentale visant l'excellence et la rupture dans les domaines de l'informatique, des mathématiques, ainsi que des sciences et ingénierie des systèmes et des communications. Les recherches fondamentales doivent être résolument encouragées car elles sont le vecteur d'avancées qui viendront susciter et irriguer les recherches dirigées vers les applications. Les recherches fondamentales attendues dans cet axe doivent : i) clairement être en adéquation avec le Défi 7 "Société de l'information et de la communication" et ii) ne doivent pas relever **explicitement** d'un autre axe du défi.

A titre d'exemples et de façon non exhaustive, il est attendu des projets de recherche fondamentale dans les domaines suivants :

- **Mathématiques et interactions** : aspects fondamentaux des modèles et méthodes mathématiques au sens large et en lien avec les défis du numérique (notamment EDP, contrôle, optimisation, analyse numérique, probabilités, méthodologies statistiques mais aussi certains aspects des mathématiques fondamentales comme la théorie des nombres).
- **Informatique théorique** : aspects fondamentaux notamment liés à l'algorithmique, la logique, calculabilité, décidabilité, combinatoire, aux méthodes formelles, à la sémantique, la théorie des jeux ou encore au calcul quantique.
- **Automatique** : aspects fondamentaux de la commande et observation, de l'estimation et identification, de la théorie des systèmes et modélisation et du contrôle, optimisation et apprentissage.
- **Traitement du signal** : aspects fondamentaux du traitement statistique du signal et de la détection-estimation, de l'analyse et représentation, de la théorie de l'information et de l'apprentissage et optimisation.

Les projets méthodologiques incluant, sans être exhaustif, le développement de modèles sur graphe, parcimonieux, incrémentaux, distribués, multimodaux, les modèles de co-conception qui n'ont pas d'application directe dans les autres axes du Défi 7 sont attendus dans cet axe.

Les projets attendus doivent être en lien avec le numérique mais ils peuvent également être directement liés à des domaines applicatifs comme par exemple la biologie, la santé, l'environnement, ....

La modélisation mathématique, statistique et informatique dans ces domaines applicatifs est devenue indispensable pour la compréhension du fonctionnement systémique et les réseaux d'interactions mis en œuvre. Sont donc également attendus dans cet axe, des projets qui développeront de nouvelles approches et méthodes conceptuelles (informatique, automatique, traitement du signal, mathématiques, statistique) pour modéliser ces systèmes.

Les projets qui mettent l'accent sur les domaines applicatifs mais qui ne visent pas à améliorer les méthodes existantes doivent être proposés dans les Défi Sociétaux correspondants (par exemple, Axe 4 du Défi 4 pour les « Systèmes informatiques et numériques pour la biologie »).

Les projets collaboratifs associant plusieurs des domaines de l'informatique, des sciences et ingénierie des systèmes et des communications et des mathématiques autour des aspects fondamentaux du Défi 7 "Société de l'information et de la communication" sont aussi attendus dans cet axe.

## Axe 2. La Révolution numérique : rapport au savoir et à la culture (axe conjoint avec le défi 8)

Cet axe est commun aux défis 7 et 8. Les projets seront évalués par un comité mixte et équilibré, dont les experts relèveront des sciences humaines et sociales et des sciences du numérique.

- Les projets doivent être portés par **une équipe ou un partenariat interdisciplinaire**, réunissant des chercheurs en sciences et technologies du numérique et des chercheurs en sciences humaines et sociales ;
- Les progrès peuvent concerner un seul champ disciplinaire (SHS ou STIC) s'ils mobilisent **des concepts ou des outils issus d'avancées récentes** de l'autre champ.

Ces deux conditions ne constituent pas des critères d'éligibilité : elles explicitent un encouragement au dépôt de projets interdisciplinaires. L'action conjointe ne convient donc pas aux projets qui mèneraient les deux types de recherche (SHS ; STIC) dans deux séries disjointes de tâches.

Les grands thèmes concernés sont les suivants :

## Éducation et formation

Le numérique pour l'éducation et la formation s'applique à tous les niveaux de scolarité et toutes les formations, qu'on la suive en classe ou à distance, seul ou à plusieurs, dans une langue nationale ou internationale, qu'elle tienne à une exigence professionnelle ou au désir d'apprendre. Les enjeux éthique et juridique, notamment pour le respect de la vie privée, ne doivent pas être négligés.

Parmi les avancées attendues de la révolution numérique figure la possibilité d'apprendre tout au long de la vie en réduisant les effets cognitifs du vieillissement et du handicap, ainsi que les inégalités socio-économiques et territoriales. Le potentiel de transformation des systèmes éducatifs et des systèmes de formation est considérable, mais il convient de l'attester par des observations contrôlées et d'en mesurer les contraintes et les perspectives. Les projets sont invités pour ce faire à croiser les sciences et technologies du numérique avec d'autres disciplines : psychologie, didactique des disciplines, linguistique, sciences de l'éducation, sociologie, géographie...

**Apprendre avec le numérique** doit permettre de bénéficier tant des avancées des techniques numériques que des avancées en sciences de la cognition pour apprendre dans de meilleures conditions. Comment définir des parcours d'apprentissage intelligents, adaptés aux besoins de l'apprenant (**apprentissage adaptatif**) ? Comment suivre l'avancement individuel de chaque apprenant (**learning analytics**) ? Comment améliorer le souvenir à long terme (**utilisation de l'évaluation comme mode d'apprentissage**) ? Comment **évaluer** les solutions d'apprentissage médiatisés proposées ?

On pourra notamment travailler sur les **modélisations** des apprentissages, élaborer de nouveaux indicateurs, considérer le **rôle des communautés et réseaux** dans l'apprentissage... On pourra également explorer comment le numérique peut permettre de généraliser et de potentialiser des phénomènes contribuant aux **apprentissages tout au long de la vie**. *Par exemple, la recherche montre que les tests améliorent nettement l'apprentissage à long terme : un test intermédiaire accroît la mémoire à long terme des élèves pour le matériel testé quand réétudier le matériel se traduit souvent par une meilleure rétention à court terme. Puisque le numérique rend possible une généralisation de l'évaluation (testing) en dehors des cadres d'apprentissages présentiels contraignant, il peut être intéressant d'en étudier les bénéfices pour les adultes âgés ou dans le contexte professionnel.*

**Apprendre le numérique est devenu indispensable** tant pour savoir s'orienter dans les environnements numériques du quotidien (**littératie numérique**) que pour répondre aux besoins de personnel qualifié dans les métiers du numérique et les métiers qui « passent au numérique ». Un accent sera donc porté sur la formation au numérique et à l'informatique (notamment l'apprentissage du **codage informatique**), en particulier dès le plus jeune âge, ainsi que sur le développement d'une culture numérique chez les enseignants. Se posent donc des questions de didactique : comment enseigner le numérique ? L'informatique et la programmation ont pris une place dans le cadre des nouveaux programmes d'enseignement (dans le primaire, au collège, au lycée). Il faudrait, concernant ces enseignements par projet, identifier et comprendre les difficultés rencontrées dans la transmission, la compréhension et l'utilisation des concepts informatiques.

**Apprendre à l'ère numérique**, c'est vivre les effets du numérique sur les pratiques informationnelles et culturelles. La disponibilité permanente que promet l'équipement massif, nomade et connecté modifie les valeurs et les comportements. Des recherches qui articulent l'étude des pratiques numériques avec les autres dimensions de la vie sociale sont nécessaires, en particulier dans le champ de l'éducation où les institutions éducatives reposent sur des modes d'organisation qui peuvent être en décalage avec les évolutions sociales et culturelles imputables au numérique. L'autoproduction de contenus, l'ubiquité ou l'extension des réseaux sociaux ont-elles démocratisé le savoir, la culture et la création ? Ont-elles compensé la chute de la lecture en renouvelant les formes d'expression ? Les espoirs placés dans les cours massifs en ligne (**MOOC**) et les cours pour effectifs réduits

(**SPOC**) méritent un examen attentif. Des recherches s'imposent sur les expériences lancées en Europe et à l'étranger, leur **modèle économique** et leur aptitude à atteindre **les publics-cibles**.

### Création et partage des savoirs

Le numérique affecte directement les **pratiques scientifiques** : définition des objets, observation ou collecte des données, formalisation des hypothèses et des résultats, travail collectif, publication... On pourra étudier de quelles façons de nouvelles approches permises par le numérique conduisent nombre de spécialités à réviser en profondeur leurs concepts et leurs méthodes. L'informatique théorique comme discours formel sur les conditions du savoir, l'analyse du discours étendue aux controverses et aux argumentations grâce aux techniques de fouille des contenus textuels, ou encore l'économie financière avec le traitement de données en temps réel sont quelques exemples qui illustrent des enjeux épistémologiques.

On pourra aussi s'intéresser à la concurrence ou la complémentarité entre l'écrit-numérique et l'écrit-papier, entre l'expérimentation et la simulation, entre l'observation directe et le travail sur des représentations construites à partir des données, entre la construction théorique et l'exploitation de masses de données par des techniques d'apprentissage statistique. Une question importante qui se pose avec le recours aux *Big Data*, est l'effet des dispositifs technologiques dans la préparation et la présentation des données sur la compréhension des phénomènes et sur l'intuition du chercheur. Autour des sciences et technologies du numérique peuvent ainsi être mobilisées **l'épistémologie, les sciences cognitives, l'éthique, les humanités et les sciences sociales**.

La **construction même des savoirs** peut faire l'objet de recherches sur les procédés d'enregistrement, d'édition et de partage. Plus particulièrement concernant les évolutions dans la diffusion de l'Information Scientifique et Technique (IST), différents enjeux méritent d'être étudiés dont ceux des modes d'éditorialisation et de publications en *open access*, et de la valorisation des données de la recherche (en développant les technologies de *Text and Data Mining* notamment). S'inscrit également dans cette perspective l'instauration de **nouveaux rapports entre chercheurs**, mais aussi **entre experts et profanes** via la libre disposition des résultats (sciences participatives, outils collaboratifs, plateformes, ...).

*Le numérique produit des outils qui peuvent eux-mêmes être des objets de recherche. A titre d'exemple, une plateforme collaborative comme Wikipédia peut être un observatoire des pratiques de contribution à la création de savoirs partagés. Les équipes de recherche peuvent s'adresser à la fondation Wikimedia France pour obtenir des informations.*

### Culture et patrimoine

Sous l'influence des sciences et technologies du numérique, les professionnels et le grand public entretiennent de nouveaux rapports avec les objets patrimoniaux, culturels et de loisirs.

**Objets patrimoniaux** : *Les objets patrimoniaux (collections, sites, etc.) soulèvent de nouveaux enjeux d'acquisition, de collecte, traitement, visualisation, de documentation, d'indexation, d'archivage, de conservation et de préservation (en intégrant la notion de qualité des données sources).*

Aux côtés des sciences humaines et sociales, les sciences et technologies du numérique sont mobilisées dans les recherches sur **la restauration et la préservation du patrimoine 2D/3D ou multimédia**. Par ailleurs, la capacité de mémorisation numérique multiplie le nombre de documents à valeur potentiellement patrimoniale. Comment s'assurer que les contenus soient correctement édités et restent intelligibles ? Quelles représentations pour les nouveaux objets patrimoniaux ?

Ce volet de l'axe conjoint ne concerne pas toutes les collections de données à numériser (voir pour cela l'axe 6 du défi 8) mais celles qui soulèvent des **problèmes complexes ou inédits de numérisation** : ensembles bâtis, paysages, objets, documents audiovisuels, données interactives, ... L'objectif est d'harmoniser les bases de données, de les analyser et de les valoriser, en renouvelant **la conception et le traitement des données**.

Les porteurs de projets sont invités à se rapprocher de la **TGIR Huma-Num** (Très grande infrastructure de recherche des Humanités numériques), qui mobilise les réseaux de chercheurs en quête de bonnes pratiques (systèmes d'information géographique, reconstitution 3D de monuments, analyse de textures, etc.), entité elle-même affiliée au niveau européen à l'**ERIC DARIAH**. Sont concernés ici au premier chef les **musées** et les **archives audiovisuelles**, comme celles que l'**Institut national de l'audiovisuel (INA)** met désormais à la disposition des chercheurs : une telle mine de données requiert une collaboration étroite entre chercheurs en SHS et chercheurs en sciences et technologies du numérique ; elle offre l'occasion de renouveler les méthodes de traitement, d'annotation et d'indexation. Le fruit de ces travaux (annotations, enrichissement, métadonnées) seront en **libre accès** et mobilisables pour d'autres recherches. Les chercheurs intéressés par ce vaste corpus sont invités à se rapprocher de l'INA.

Face aux perspectives offertes par la révolution numérique, les **musées** et sites doivent **repenser la gestion des collections**. Sous quelle forme les mettre à la disposition du public ? Comment les organiser et les documenter ? L'État peut-il appliquer ses normes de labellisation, d'inventaire ou de classement aux patrimoines matériels ou immatériels proposés par les usagers ? Comment les rapports entre **experts et amateurs** évoluent-ils dans ce contexte ?

***Accès au patrimoine** : L'étude des pratiques des visiteurs du patrimoine appelle des collaborations entre STIC et SHS. De nouvelles techniques d'enquête permettent désormais de suivre au plus près le public dans sa visite des musées, expositions, sites ou manifestations culturelles et artistiques, tout en décrivant sa diversité (âge, niveau d'instruction, nationalité, maîtrise des codes culturels, handicaps). Les expériences d'art-thérapie retiendront l'attention.*

Les technologies numériques intégrées aux locaux des musées, à leurs portails web ou à leurs applications mobiles révolutionnent le **rapport du public aux collections**. Elles rendent possibles l'accès à distance et l'exploration de collections virtuelles. La médiation culturelle peut acquérir ainsi une nouvelle dimension à travers des expériences individuelles ou collectives, mêlant dispositifs nomades ou immersifs, réalité mixte et augmentée. Il en va de même pour **l'enseignement des arts et de leur histoire**, désormais enrichi d'une dimension interactive (cyber-musées). Il convient de mettre ces nouveaux procédés à l'épreuve et, si possible, d'anticiper leurs évolutions.

### Axe 3 : Sciences et technologies logicielles

Constituant essentiel des systèmes numériques, le logiciel leur donne puissance, intelligence, flexibilité, agilité, sécurité et robustesse. Il en permet une sophistication et une versatilité potentiellement sans limite, au prix toutefois d'une complexité qu'il faut maîtriser par une structuration et une élévation du niveau d'abstraction, aussi bien dans la conception (langages, paradigmes de programmation, architectures logicielles) qu'à l'exécution (intergiciels et plates-formes logicielles). Par ailleurs, la production de logiciels fiables, en termes de sûreté et de sécurité, est coûteuse d'où l'importance de principes d'architecture garantissant ces propriétés, de méthodes prouvées et automatisées de conception, de validation et de débogage.

Cet axe soutient les recherches fondamentales et finalisées dans les technologies logicielles, concernant la conception et la validation des logiciels, ainsi que les plates formes logicielles nécessaires à leur exécution dans tous les domaines applicatifs (des objets connectés aux grands systèmes).

Les grands thèmes concernés sont les suivants :

- **Plates-formes logicielles d'exécution** satisfaisant des exigences spécifiques (temps-réel, performance, sûreté, sécurité, « privacy », répartition, ...) : les systèmes d'exploitation, les supports pour la virtualisation, les systèmes embarqués, la gestion mémoire, l'exécution répartie les intergiciels spécifiques aux différents principes d'architecture (parallélisme, répartition, temps réel, etc.).
- **Méthodes et outils de conception de logiciels** : les langages de programmation et de spécification, la compilation optimisée vers des architectures centralisées ou parallèles ; les modèles de calcul spécifiques pour le parallélisme, la répartition, la mobilité, la sécurité, l'embarqué et le temps réel ; le génie logiciel, les méthodes de conception (conception basée sur les modèles, méthodes agiles, ...) ; les architectures logicielles et les composants.
- **Validation des logiciels** : les méthodes et outils d'analyse de programmes, de vérification et de preuve de propriétés (sûreté, sécurité), la vérification et l'optimisation de propriétés quantitatives (temps, mémoire, énergie, ...), les méthodes de test et de débogage, de simulation du logiciel et du matériel, le prototypage virtuel.

Les propositions concernant les plates-formes d'exécution (à différentes échelles) sont particulièrement attendues.

L'attention des porteurs est attirée sur le besoin de positionner leur projet par rapport aux autres appels nationaux et européens dans le domaine et vis-à-vis des groupes de standardisation et alliances lorsque cela est pertinent.

*Cet axe est en lien avec les orientations 26, 27, 28 et 29 de la stratégie Nationale de la Recherche.*

## Axe 4 : Interaction, Robotique

Au cœur d'une mutation technologique, l'homme entretient désormais un rapport amplifié aux mondes physique et numérique appelant une interaction avec son environnement, enrichie mais aussi facilitée. Cette facilitation implique en particulier le développement d'une robotique industrielle (objet de l'axe 1 du défi 3), professionnelle, de compagnie et de service, autonome et fortement interactive.

Les grands thèmes concernés sont les suivants :

- **Interaction Humain-Machine** : l'interaction s'appuie sur des interfaces multi-sensorielles mêlant contact, geste, mouvement, parole, vision, capteurs oculaires, capture du contexte et de l'état psycho-physiologique de l'utilisateur et peut aboutir au « wearable computing » et à des technologies d'augmentation ou d'extension de l'humain (lunettes et montres intelligentes, implants ou ICM par exemple). Cela inclut des recherches sur la présentation d'une information plus utile et plus intelligible à l'utilisateur – professionnel ou grand public – qui s'appuiera sur des visualisations synthétiques, personnalisées, adaptatives, tout en intégrant images et réalité virtuelle ou augmentée pour réaliser des environnements immersifs. Cet axe aborde également la question des conflits sensori-moteurs liés à l'utilisation des casques de réalité virtuelle et augmentée.

Un accent particulier sera mis sur la gestion de la charge cognitive, de façon à minimiser en permanence l'énergie mentale nécessaire pour que l'opérateur accomplisse ses tâches, ceci en vue de libérer ses fonctions créatives au profit d'autres tâches, celles de l'innovation permanente, de la qualité, de la conduite du changement.

Des recherches sont attendues qui visent à améliorer l'interaction avec le monde numérique, concevoir de nouveaux objets et services interactifs, créer de meilleurs outils de développement de systèmes, enjeu majeur qui nécessite d'intégrer l'utilisateur dans sa diversité (âge, handicaps moteur, sensoriel, cognitif), dès la phase de conception et de prendre en compte la dimension interdisciplinaire de l'interaction humain-machine dans toute la filière de création des futurs produits numériques.

Les recherches attendues incluent également la conception et la mise en œuvre de systèmes de dialogue naturel humain-machine dans leurs dimensions de compréhension et de génération de langage (mono ou multimodal, y compris naturel, oral ou écrit), de représentation et d'inférence de connaissances, de modélisation et d'automatisation de comportements intelligents (à travers des modèles de raisonnement notamment sur des états mentaux, et de planification d'actes communicatifs, éventuellement combinés à des actions "physiques"). Selon cette approche où le dialogue est appréhendé comme un phénomène complexe, dérivé de comportements plus primitifs, les systèmes de dialogue sont vus comme des agents cognitifs capables de s'engager dans des interactions évoluées avec des humains en même temps que d'accomplir d'autres tâches. Dans cette perspective, et en lien avec le sous-axe « Robotique autonome et interactive », des propositions se situant au croisement de la robotique cognitive communicante et des interactions intuitives humain-robot, traitant ainsi de sujets au cœur de problématiques d'Intelligence Artificielle, sont encouragées.

• **Robotique autonome et interactive** : la robotique pose des problématiques de recherche très diverses, relatives à la conception des robots, leur commande, la perception et l'interprétation de scènes, la planification et l'exécution d'actions de déplacement ou de manipulation, l'apprentissage ou l'interaction humain-robot. Elles se posent dans de nombreux contextes d'application avec un impact sociétal très large, comme les processus de production manufacturiers, objet de l'axe 1 du défi 3, les environnements hostiles, ou les services d'assistance. Le robot peut prendre différentes formes adaptées à son usage industriel ou grand public : de l'humanoïde au drone, en passant par les engins tout terrain mobiles, les robots de télé-présence, les exosquelettes, ou les robots manufacturiers (cf. axe 1 du défi 3). Des projets innovants sont suscités sur les problématiques de l'autonomie opérationnelle, des capacités décisionnelles en lien avec l'Intelligence Artificielle, de la planification d'actions et la prise de décision autonome ou partagée avec les humains, de l'interaction multimodale physique et/ou cognitive humain-robot, des architectures cognitives ainsi que des capacités d'apprentissage, qui sont des sujets prégnants ouvrant de plus des champs de recherche interdisciplinaires avec les Sciences du Vivant et les Sciences Humaines et Sociales, y compris les Sciences Cognitives.

Des projets incluant des aspects éthiques sont encouragés - en particulier dans une approche interdisciplinaire – portant aussi bien sur l'éthique de la recherche (voir aussi l'axe 2, axe conjoint des défis 7 et 8), dans le contexte de la recherche responsable, l'éthique de l'usage pour le respect de règles éthiques dans la mise en œuvre dans les contextes applicatifs et les interactions sociales, ou l'éthique des systèmes, c'est à dire l'inclusion dans les algorithmes de règles ou comportements éthiques (agents moraux artificiels).

*Cet axe est en lien étroit avec l'orientation 29 de la stratégie Nationale de la recherche.*

## Axe 5 : Données, Connaissances, Big Data - Contenus multimédias

Cet axe s'organise en trois thèmes : la définition des processus et des technologies faisant émerger la connaissance à partir de données, la chaîne de traitement des contenus multimédias allant de la création aux usages, et enfin les Big Data avec les problématiques liées au passage à l'échelle, à la complexité, l'hétérogénéité, la vitesse, la validité, la véracité, la protection, etc. Certains domaines d'application peuvent nécessiter la conjugaison de deux ou trois de ces thèmes pour produire des concepts et des méthodes originales.

Les propositions attendues contribueront au développement des communautés s'appuyant sur la science des données - Data Science – (domaines scientifiques, économiques et sociétaux) ou impliquées dans les industries créatives et culturelles. Les propositions attendues peuvent s'inscrire au cœur des Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication ou dans un contexte interdisciplinaire impliquant informaticiens, statisticiens ou spécialistes des humanités numériques. Les projets doivent proposer des méthodes, des techniques et des algorithmes permettant de représenter, stocker, indexer, annoter et

analyser les données et les contenus pour en extraire des connaissances à valeur ajoutée, et pertinentes pour les problématiques envisagées.

Les grands thèmes concernés sont les suivants :

- **Des données aux connaissances** : sont attendues dans ce thème des propositions de recherche portant sur la définition des processus et technologies faisant émerger la connaissance à partir de données, en particulier des propositions adaptées concernant les problématiques d'analyse sémantique, de modélisation, de représentation et d'agrégation de connaissances. Ces processus mettent en œuvre des chaînes de traitement complexes pour obtenir des produits informationnels à forte valeur ajoutée (règles, comportements, patterns, événements rares, ...) qui augmentent la compétence des utilisateurs concernés (experts, décideurs, élèves) ou leur permettent l'élaboration d'une décision rationnelle. Ce qui rend ces processus singuliers, c'est leur capacité à opérer sur des données incomplètes, imprécises ou dynamiques (temporelles), et à exploiter des corrélations probabilistes et des interactions multimodales. Un point clé est l'exploitation des statistiques pour l'élimination des cas aberrants, bruités ou probablement en erreur afin de passer de données brutes individuellement non fiables, mais globalement correctes.

Les connaissances produites font elles-mêmes l'objet de représentation, de manipulation, de combinaison entre elles et d'inférence, afin de générer des comportements complexes, notamment en situation d'interaction humain-machine.

L'intérêt des Big Data est non seulement de réaliser des analyses riches d'enseignement mais aussi d'aider à décider des actions pertinentes à mener en fonction des objectifs poursuivis. A cette fin, le développement de modèles prédictifs à partir des connaissances est essentiel, qui permettent aux décideurs des entreprises et des pouvoirs publics d'envisager les options possibles et leurs impacts potentiels.

- **Traitement des « Big Data »** : Le traitement des grandes masses de données est devenu un domaine stratégique avec des enjeux économiques et sociétaux majeurs. Des pans entiers de l'économie ont émergé ou se sont radicalement transformés grâce à la maîtrise des données, qui permet de produire des informations ou connaissances à forte valeur ajoutée, sur la base de nouveaux modèles économiques. Les enjeux principaux concernent : Volume et passage à l'échelle, Variété des sources et hétérogénéité des formats, Vitesse des flux de données. Les données deviennent dans la nouvelle économie une des principales sources de richesse, d'opportunité de créer de la valeur ajoutée, et d'innovation. Les enjeux sont donc aussi la propriété intellectuelle, les systèmes de protection des données, personnelles notamment, la sécurité et la confidentialité, les modes de partage, le contrôle de l'exploitation de ces données.

Cet axe attend des propositions innovantes sur tout ou partie de la chaîne de valeur de la donnée : collecte (notamment avec prise en compte des flux en temps réel) ; organisation dans des bases distribuées ou dans des « data lakes » ; stockage ; indexation, analyse sémantique et construction automatique d'ontologies ; processus d'augmentation de la variété : recherche de sources de données complémentaires significatives (par exemple données ouvertes open data), génération automatique de variables additionnelles (« feature engineering », « deep learning ») ; intégration et croisement à partir de sources de données hétérogènes ; traitement de requêtes parallèles et moteurs de recherche sur des données structurées et non structurées ; prise en compte de la protection des données individuelles et de la sécurité ; algorithmes avancés à grande échelle de fouille de données et d'analyse de données non structurées (texte, image, parole, audio) ou en graphe (« Social Network Analysis ») ; restitution et visualisation adaptées aux grands volumes ou aux données en réseau.

Pour l'ensemble de la chaîne de valeur, les techniques proposées pourront faire appel à des outils « Big Data » ou proposer des contributions innovantes. Les travaux de fouille de données pourront proposer des contributions innovantes aux principales bibliothèques open-source ou propriétaires. Les chaînes de traitement de la donnée illustreront les mécanismes



d'extraction et structuration des connaissances dans des domaines applicatifs proposant des enjeux réels (web, banque/assurance, distribution, santé, objets connectés, transport, environnement, domotique, agriculture, sécurité, ...). La disponibilité d'ensembles de données significatifs devra être précisée dans la proposition, avec un agenda de mise à disposition au cours de l'avancement du projet.

- **Traitement des contenus multimédias** : ce volet traite toute la chaîne des contenus numériques : création, capture, production, édition, accès, analyse, échange, préservation, etc. Il prend en compte les contenus pour tous types de média : cinéma, radio, TV, web, jeux vidéo, et tous documents dans leurs dimensions multimédia et multilingue. Les recherches attendues visent à accompagner la transformation des pratiques, collaboratives, collectives et individuelles, liées aux industries créatives, culturelles et éditoriales et de répondre aux nouveaux modes d'écriture, de narration, de production, de diffusion et d'enrichissement des contenus numériques, avec les problématiques associées de droits d'usages et d'exploitation (tatouage, traçabilité). Il convient enfin de concevoir les solutions technologiques adaptées aux nouveaux modes de consommation des contenus en termes de mobilité, d'usages multi-écrans, de navigation et de découverte dynamique, en considérant la diversité des utilisateurs.

À titre d'exemple, l'Institut National de l'Audiovisuel (INA) entend mettre à disposition des équipes de recherche intéressées, un vaste corpus d'archives audiovisuelles. Il offre l'occasion de développer et d'évaluer de nouvelles méthodes d'analyse, d'annotation et d'indexation mono et multimodales. Les résultats des travaux conduits devront être ensuite mobilisables pour d'autres recherches (libre accès). Pour une description précise et détaillée du corpus mis à disposition, les chercheurs sont invités à se rapprocher de l'INA (<http://dataset.ina.fr>). Les projets portés par un consortium fortement interdisciplinaire STIC/SHS doivent être déposés dans l'axe conjoint défi 7 / défi 8 (cf. axe 2).

L'attention des porteurs est attirée sur le besoin de positionner leur projet, le cas échéant, par rapport aux initiatives et programmes européens en particulier du PPP Big Data ainsi qu'avec les thèmes ICT-Content du programme de travail Horizon 2020.

**Les projets de recherche fondamentale sur le traitement d'images 2D/3D, de la vidéo, de la parole, de la musique, de l'audio, ainsi que sur le traitement automatique des langues (TAL) et la langue des signes sont attendus dans cet axe.**

*Cet axe est en lien étroit avec les orientations 28 et 32 de la stratégie Nationale de la Recherche.*

## Axe 6 : Simulation numérique : du calcul intensif aux données massives

Dans de très nombreux domaines scientifiques (génomique, environnement, climat, sciences de l'univers, matériaux, sociologie, ...), technologiques et socioéconomiques (industries à hautes technologies, de l'énergie, pharmaceutiques, manufacturières, du numérique, de la finance, de services, ...) l'exploitation des grands volumes de données et des capacités de calcul intensif (HPC) ont produit une révolution des données. Sur cet axe il est attendu des propositions interdisciplinaires (impliquant informaticien, analyste, mathématicien, statisticien, data scientist, ...) contribuant à l'émergence d'une communauté interdisciplinaire autour de la science des données et du calcul. L'ANR souhaite encourager les approches en rupture comportant un fort potentiel pour l'intégration du calcul intensif avec le traitement de données massives. Cet axe s'attache à relever les verrous suivants.

- **Calcul intensif** : ce verrou adresse la conception et le développement de solutions logicielles, en synergie avec les domaines applicatifs afin de concilier parallélisme massif, hiérarchique et hétérogène (capacité de calcul et réseau, accès mémoire), efficacité énergétique et tolérance aux fautes. Les méthodes de modélisation et de simulation numériques pour un passage à l'échelle des algorithmes et des applications doivent être repensées. Les contraintes imposées par le matériel, la gestion des données, doivent être

intégrées dès la conception de ces méthodes (co-design). Ces travaux doivent être coordonnés avec les initiatives et projets Européens, en particulier ceux adressant la plateforme technologique européenne PPP ETP4HPC et les infrastructures HPC de PRACE. Le choix des meilleures plateformes matérielles et logicielles européennes est à favoriser.

• **Gestion, analyse et exploitation du déluge de données** : la plupart des applications scientifiques font face à un accroissement massif des données à traiter. Il en résulte une rupture potentielle dans le flux traditionnel de gestion des données consistant à les sauvegarder pour analyse postérieure. L'intégration de techniques et méthodes issues du domaine du Big Data apparaît comme une piste capable d'aborder la résolution des problématiques recherche liées au volume et à la complexité des données à traiter, issues ou à destination (e.g. issues de capteurs) du calcul scientifique. Tous les aspects liés au traitement des données massives impliquées dans les cycles de simulation sont concernés : outils et méthodes de production, de gestion, de visualisation et de calcul. Le cycle de vie des données doit être abordé dans son ensemble, de même que la question de l'intégration de l'humain au sein du cycle complet de simulation. Cet axe intègre la mise au point de nouveaux dispositifs, de nouvelles métaphores, de nouveaux paradigmes, algorithmes, méthodes et outils.

*Cet axe est en lien étroit avec l'orientation 28 de la Stratégie Nationale de la Recherche.*

## Axe 7 : Infrastructures de communication, de traitement et de stockage

Les infrastructures de communication, de traitement et de stockage constituent le socle du fonctionnement de nos sociétés numériques : elles ont un rôle central dans des domaines aussi divers et essentiels que le partage de connaissance, l'émergence des villes et des transports intelligents, la généralisation des transactions dématérialisées, l'optimisation énergétique, le traitement de données massives dans de nombreux domaines (industrie, environnement, santé ...). La perspective d'un foisonnement d'objets connectés, si elle décuple la potentialité d'applications innovantes, impose des mutations aux réseaux assurant leur connectivité et l'introduction de nouveaux paradigmes de communication, de traitement et de stockage de données (potentiellement massives).

Face à cette diversité d'applications et cette vitesse d'évolution, il est clef de construire des infrastructures génériques, programmables et convergentes. Génériques dans le sens où on cherche à éviter des infrastructures en silo dédiées à un seul type d'application, et où l'on conçoit de plus en plus ces infrastructures sur la base de solutions matérielles génériques. Programmables pour s'adapter de manière agile aux évolutions futures, souvent non encore perçues. Convergentes dans le sens où, au sein du réseau, des segmentations historiques (fixe/mobile, IP/transport, cloud/réseau, informatique/télécom) sont fusionnées et où les mêmes éléments de l'infrastructure supporteront les fonctions réseau, distribution de contenu, traitement de données, stockage, interactions avec le monde réel, etc.

Ces infrastructures fixes ou mobiles doivent être capables d'atteindre des hauts niveaux de performance et d'efficacité tout en étant ouvertes et agiles pour s'adapter aux exigences diversifiées et dynamiques des différentes catégories d'application (par exemple en termes de bande passante, de latence, de capacité de traitement, de capacité de stockage, de fiabilité).

Les infrastructures à déployer en milieu industriel doivent également être revisitées, avec en plus la prise en compte de contraintes spécifiques aux secteurs et aux environnements respectifs, en lien avec les réseaux d'objets et intégrant des modes communication et d'auto-organisation entre objets appropriés. Ces infrastructures doivent être également autant que possible génériques, programmables et être capables de s'adapter aux contraintes de différents secteurs de l'industrie du futur.

Pour répondre à ces objectifs, des projets de recherche sont attendus sur les grands thèmes suivants :

• **Infrastructures de communications à haut débits** : Il s'agit de trouver des solutions pour faire face à la croissance soutenue de la demande en bande passante. Les approches actuelles en optique comme en radio approchent des limites théoriques ultimes de capacité de transmission et des optimisations incrémentales ne sauraient suffire à absorber la demande de façon pérenne, de sorte que des ruptures sont nécessaires. Cette augmentation de la capacité des systèmes de transmission et de routage doit être conciliée avec sobriété énergétique, élasticité, flexibilité et programmabilité pour être capable de s'adapter à la dynamique des demandes.

• **Réseaux d'objets** : La perspective de plusieurs dizaines de milliards d'objets connectés exige des mutations importantes aux réseaux. Il est admis aujourd'hui que de nouveaux paradigmes de communication sont nécessaires. Les systèmes devront intégrer dynamiquement des équipements et dispositifs de plus en plus distribués et hétérogènes, souvent non « managés », nécessitant de mobiliser des approches d'auto-organisation et de gérer l'interopérabilité. L'architecture et les interfaces réseaux doivent être repensées pour répondre à de fortes exigences : Augmentation massive de la capacité du plan de contrôle pour le traitement des transmissions sporadiques d'un grand nombre d'objets, changement important des caractéristiques du trafic avec la prolifération des communications de courtes rafales de données devant être conciliée avec les larges flux vidéos également présents dans le réseau, consommation énergétique très contrainte des objets pour préserver leur autonomie. Dans le même temps, il faut veiller à la maîtrise des coûts, à la fiabilité, à la réactivité ainsi qu'à la latence pour certaines applications.

• **Infrastructures de HPC et traitement massif de données** : Les infrastructures HPC doivent elle aussi évoluer pour répondre aux besoins croissants de traitement et de stockage de données. Sont concernés l'amélioration des performances des nœuds de calcul massivement parallèles, les architectures de systèmes pouvant intégrer des technologies hétérogènes de calcul et de stockage, les performances (bande passante, latence, congestion) des réseaux d'interconnexions entre nœuds sur le plan de la transmission et du routage/commutation. Les logiciels de séquençement, de gestion et d'opérations des systèmes jouent un rôle clef pour l'efficacité et l'adaptabilité dynamique de l'utilisation des ressources dont ils doivent gérer l'hétérogénéité. L'efficacité énergétique est une problématique majeure pour le passage à l'échelle de ces équipements. La fiabilité, la tolérance aux fautes doit être inhérente aux solutions.

• **Architecture cloud-réseau intégrée** : La virtualisation permet d'héberger nombre de fonctions réseaux sur des serveurs de cloud, en lieu et place d'équipements télécoms dédiés. A l'inverse, pour des raisons de performance, en particulier en termes de latences, il est de plus en plus nécessaire de localiser les contenus et les applications proches des utilisateurs, en périphérie des réseaux, donnant naissance à un cloud distribué (« *edge cloud* » et « *mobile cloud* »). Ces nouvelles architectures nécessitent des recherches sur les meilleurs compromis entre approches centralisées et distribuées, sur l'optimisation dynamique du placement des fonctions (les fonctions du réseau, des terminaux, des applications), sur leur orchestration. Dans ce contexte l'architecture du réseau doit elle-même être revisitée, les segments traditionnels accès/méto/cœur perdant de leur sens. Des logiciels d'exploitation englobant les ressources réseau, de stockage et de calcul avec une gestion de bout-en-bout doivent être élaborés. Gestion, contrôle, optimisation, monitoring, programmabilité des réseaux, du cloud et des systèmes

La complexité des infrastructures combinée à l'exigence d'agilité, d'optimisation des ressources et de fortes garanties de service, exige de doter ces infrastructures d'une intelligence opérationnelle accrue, avec un fort degré d'automatisation. Une couche « Software Defined Networks » doit connecter et programmer dynamiquement différentes applications et équipements pour créer des « slices » de réseaux virtuels de bout en bout, optimisés pour les différents usages. On attend particulièrement sur cet appel des projets mobilisant des techniques d'apprentissage à des fins d'optimisation des infrastructures, ainsi que des projets intégrant des recherches sur la sécurité « by design », multicouches, de bout en bout, y compris dans des contextes Internet des Objets et infrastructures partagées par

des opérateurs et des utilisateurs multiples.

• **Création, déploiement et optimisation des services** : Les infrastructures du futur devront être également être capables de supporter la création, le déploiement et l'optimisation agiles de services innovants avec une grande dynamique. Il s'agit de concevoir des systèmes d'opérations permettant la création et l'orchestration rapide, automatisée, intuitive de services. Ces systèmes doivent être capables de garantir et de gérer des garanties de service supportées par des infrastructures hétérogènes, grâce à une abstraction des différentes ressources physiques et virtuelles utilisées. Ils doivent être capables de construire un plan de connaissances et de contextualiser l'offre de service pour l'adapter au mieux aux contextes des usagers et aux usages, en tirant le meilleur parti des informations disponibles sur l'état de l'infrastructure ainsi que sur les utilisateurs et leur environnement. De nouveaux paradigmes se développent donnant lieu à de nouveaux types d'infrastructures, ils doivent être consolidés et intégrés. A titre d'exemple, nous pouvons citer les infrastructures intégrant nativement des transactions (généralisation du paradigme « block chain »), rendant possible le développement pressenti d'une multitude de marchés locaux et de nouveaux modèles économiques.

*Cet axe est en lien direct avec les orientations 26 et 27 et indirectement avec les orientations 28 et 29 de la Stratégie Nationale de la Recherche.*

## **Axe 8 : Micro et nanotechnologies pour le traitement de l'information et la communication**

Les progrès et ruptures dans le domaine des STIC reposent, entre autres, sur l'amélioration des performances des dispositifs qui traitent ou transfèrent l'information. Ces dispositifs doivent répondre à des enjeux applicatifs comme l'efficacité énergétique, la compacité ou la résilience des systèmes, les objets connectés, ou la collaboration homme-machine mais aussi permettre l'émergence de systèmes sûrs pour l'exploitation des grandes masses de données (éléments de la Stratégie Nationale de Recherche).

Cet axe couvre les technologies clés génériques que sont l'électronique et la photonique pour l'information et la communication, la question de l'intégration des dispositifs dans les systèmes, et l'exploration de nouveaux paradigmes reposant par exemple sur la maîtrise des propriétés quantiques ou sur la bio-inspiration. Les projets devront adresser des verrous scientifiques et technologiques bien identifiés et chercheront à démontrer soit des améliorations de performances quantifiables, soit des ruptures par rapport aux connaissances existantes. Ils s'inscriront dans l'un des trois domaines décrits ci-après.

Des projets ciblant principalement ou exclusivement des approches théoriques ou numériques (simulation et/ou conception des composants, matériaux, procédés, systèmes complexes) mais aussi des méthodologies génériques (conception, test, métrologie), ou encore l'étude de la fiabilité, la caractérisation avancée des matériaux ou des performances de nanodispositifs/composants élémentaires, sont pleinement légitimes. Ils seront inscrits dans l'un des domaines ci-après, en cohérence avec les sujets abordés.

• **Matériaux micro et nanostructurés pour l'intégration dans des composants : élaboration-fabrication-procédés** : Ce thème couvre la brique technologique élémentaire, essentielle aux innovations futures, constituée par les matériaux micro- et nanostructurés allant des semiconducteurs (IV-IV, III-V, II-VI/ Nitrures) ou autres matériaux pour l'électronique et la photonique, aux matériaux pour la spintronique. Il couvre également les procédés de fabrication des matériaux artificiels et des métamatériaux.

Ce thème concerne spécifiquement l'élaboration de matériaux, ou les études fondamentales d'objets nanométriques, en vue de leur intégration dans des composants et dispositifs.

*Les projets portant sur l'étude des matériaux massifs et de leurs propriétés relèveront plutôt de l'axe 3 du défi 3, de même que les projets portant sur les matériaux pour l'électronique flexible relèveront plutôt de l'axe 4 du défi 3 si aucune perspective d'intégration n'est prévue dans le projet.*

• **Composants et dispositifs élémentaires** : Ce thème concerne les projets visant l'obtention de fonctions élémentaires pour la micro- et nanoélectronique, la spintronique, l'optique quantique ou non linéaire, le champ proche optique, le traitement de front d'onde, les domaines millimétriques et THz, la plasmonique et la nanophotonique, l'électronique et optoélectronique organique/flexible. Il couvre également les voies alternatives comme les technologies quantiques ou neuromorphiques.

Dans ce thème, et pour les projets où l'intégration à l'échelle micro ou nano reste au cœur des objectifs, peuvent s'ajouter des objectifs comme le développement de sources optiques, les fibres optiques ainsi que les nouveaux composants pour l'optique.

• **Ondes - Architectures - Intégration – Circuits** : Les projets de ce thème traiteront entièrement ou pour partie la question de l'intégration des dispositifs ou des composants : intégration 3D, intégration hétérogène, architectures alternatives (bio-inspirées, neuromorphiques...).

Ils pourront adresser un verrou (ou une problématique) lié à la photodétection et aux imageurs associés, aux architectures et technologies liées à l'intégration de l'optique dans les systèmes, aux micro- et nanosystèmes, aux circuits et systèmes pour les communications (optique, RF...), ou encore aux capteurs en tant qu'objets connectés, intelligents et/ou autonomes.

*Les projets s'intéressant à d'autres études/problématiques des capteurs devront s'orienter soit vers l'axe 7 du défi 7 (si l'objectif est de créer une infrastructure de capteurs en réseau), soit vers l'axe 4 du défi 3 (si les objectifs de la recherche sont propriétés physiques chimiques, biologiques des nano-détecteurs physiques,...).*

**Informations complémentaires** : Les projets de l'axe seront mono, pluri- ou interdisciplinaires. Ils pourront proposer des développements expérimentaux et/ou instrumentaux, adopter une ambition intégrative en favorisant le transfert de technologies vers les entreprises ou relever d'une recherche plus fondamentale répondant à des défis des sciences et technologies de l'information et de la communication. La simulation numérique, la modélisation et la théorie pourront être une contribution à des projets essentiellement expérimentaux ou faire l'objet de projets spécifiques.

*Les porteurs de projets situés dans le domaine des initiatives européennes FET Flagships « Graphène » ou « Human Brain Project », et ceux portant sur les enjeux de l'initiative européenne émergente sur les technologies quantiques, sont invités à présenter les liens potentiels avec ces initiatives.*

*Cet axe est en lien avec les orientations 26, 27, 28 et 29 de la Stratégie Nationale de la Recherche.*



## Défi 8 : Sociétés innovantes, intégrantes et adaptatives

### COLLABORATIONS EUROPEENNES ET INTERNATIONALES

*Ce défi s'inscrit dans une dynamique de construction européenne et internationale de la recherche. Les indications suivantes sont destinées à informer les équipes françaises des accords conclus (ou en passe d'être conclus) entre l'ANR et ses homologues étrangères pour faciliter la construction de projets internationaux.*

*Les thématiques 2016/2017 prioritaires pour un support international sont énumérées ci-après, en complément des tableaux du §E du Plan d'action 2017. Ces listes étant susceptibles d'évoluer, les déposants qui souhaiteraient mener leurs projets à une échelle européenne ou internationale sont invités à consulter régulièrement le site de l'ANR : <http://www.agence-nationale-recherche.fr>.*

### INTERFACES

*Ce défi couvre des sujets de recherche transversaux à d'autres défis. Il est indiqué ci-dessous dans quels autres défis ces sujets sont traités afin d'orienter les proposant vers le défi le plus adéquat. Il est fortement recommandé de lire les défis dans leur intégralité pour en cerner les contours.*

Dans le domaine des sciences humaines et sociales (SHS), l'Alliance ATHENA et le CNRS ont approuvé le principe d'un **traitement conjoint de certaines thématiques par deux défis**. Elles ont souhaité que les projets mixtes présentés dans ce cadre soient affichés en tant que tels et examinés par des experts des deux domaines. Ces thématiques se retrouvent dans l'axe 7, **Révolution numérique : éducation et patrimoine** (rédigé conjointement avec le défi 7) et dans l'axe 8, **Santé publique** (avec le défi 4).

Par ailleurs, l'axe 3 du présent défi aborde les **Mutations du travail et des organisations**, tous secteurs confondus, mais « la place de l'homme dans l'usine du futur » relève de l'axe 1 du défi 3 (Renouveau industriel).

La **radicalisation violente** est traitée dans l'axe 2 du présent défi. On réservera cependant au défi 9 (« Liberté et sécurité des citoyens... ») la question des techniques de protection et de sécurité nationale (détection des signaux faibles de radicalisation, renseignement, cyber-sécurité, protection des personnes, sécurisation des lieux publics et des bâtiments), ainsi que les questions de fond sur l'articulation sécurité/liberté (aspects juridiques, rôle des forces de l'ordre, mobilisation citoyenne, etc.).

### COFINANCEMENTS POTENTIELS<sup>43</sup> DES PROJETS DU DEFI

Dans le cadre de ce défi, certains projets pourront être cofinancés par la CNSA (Caisse Nationale de Solidarité pour l'Autonomie).

## Introduction

Le défi 8 entend susciter des recherches autour des capacités d'innovation, d'intégration et d'adaptation des sociétés. Outre la **société française**, il s'intéresse aux sociétés de **toutes les aires culturelles et de toutes les époques**. L'ensemble des humanités et des sciences sociales est concerné : **histoire, archéologie, arts et lettres, philosophie, linguistique, anthropologie, sociologie, démographie, géographie, science politique, études religieuses, psychologie et sciences cognitives**, sans oublier le **droit, l'économie** et la **gestion**. Elles sont invitées à pratiquer le plus possible une approche interdisciplinaire.

<sup>43</sup> On entend par cofinancement le fait que l'aide attribuée à un projet provienne pour partie de l'ANR, et pour partie d'un ou plusieurs partenaires co-financeurs de l'Agence.

**La Stratégie nationale de recherche (SNR)** a confié 4 orientations au Défi 8 : 1) les cultures et les facteurs d'intégration ; 2) les nouveaux indicateurs du bien-être et de la capacité à innover ; 3) la disponibilité des données et l'extraction de connaissances ; 4) les innovations sociales, éducatives et culturelles. Le défi 8 est également concerné par deux enjeux inter-défis : l'importance de la connaissance des cultures et de l'homme, la valorisation des données numériques.

Suite aux **recommandations de la SNR, de l'Alliance ATHENA et du comité de pilotage scientifique du défi 8**, cette édition 2017 a été enrichie de nouvelles thématiques. Le défi 8 se décline ainsi en 8 axes :

- Axe 1. Innovation sociale et rapport au risque
- Axe 2. Inégalités, discriminations, migrations, intégration, radicalisation
- Axe 3. Mutations du travail et de l'emploi, changement des organisations
- Axe 4. Éducation, capacités cognitives, socialisation et formation tout au long de la vie
- Axe 5. Cultures, création, patrimoines
- Axe 6. Révolution numérique et mutations sociales
- Axe 7. La Révolution numérique : rapport au savoir et à la culture (*axe conjoint avec le défi 7*)
- Axe 8. Santé publique (*axe conjoint avec le défi 4*)

### Prise en compte de la « recherche fondamentale » dans le défi 8

Toutes disciplines réunies, l'appel générique 2017 est ouvert à un large éventail de projets, y compris en **recherche fondamentale**. Celle-ci est **présente dans chacun des axes du défi 8**, y compris dans des recherches empiriques qui apportent un accroissement évident des connaissances, indépendamment de leurs applications. S'agissant des disciplines mobilisées par le défi 8, on entend par recherche fondamentale non seulement les problématiques conceptuelles, l'élaboration d'un cadre théorique ou la construction de modèles et de méthodes, mais aussi la réflexion critique sur la constitution des catégories et leurs effets et, plus généralement, l'attention portée à l'établissement et à l'organisation des données, leur portée et leurs limites.

### Sources et méthodes, infrastructures de recherche, collecte de données, constitution de corpus

Les projets déposés dans le présent défi pourront appliquer des **méthodes variées** : observation *in situ*, entretiens, expérimentations, modélisations, formation et exploitation d'archives ou de corpus, analyse de textes, enquêtes statistiques, données administratives, sources artistiques ou littéraires. Il est recommandé d'éclairer les évaluateurs sur **les sources et les méthodes** en y consacrant **au moins une page de la pré-proposition**.

Les chercheurs sont encouragés à tirer parti, quand c'est possible, des grandes bases de données existantes. Dans le domaine des **enquêtes longitudinales internationales** reconnues par la feuille de route européenne des infrastructures de recherche, on peut citer [SHARE-ERIC](#) (santé, vieillissement, retraite dans 20 pays), [European Social Survey](#) (questions d'attitude dans 21 pays), [Generations & Gender](#) (comportements démographiques, liens entre générations, 15 pays). Le [CESSDA](#) (réseau européen des Banques de données pour la recherche, 13 pays) archive de nombreuses données d'enquêtes, dont celles de la statistique publique française traitées par la TGIR [PROGEDO](#) - réseau Quetelet. Des cohortes de grande envergure peuvent accueillir des projets de nature diverse, comme [Elfe](#), l'Enquête longitudinale française sur l'enfance, qui associe épidémiologie et sciences sociales. Les chercheurs des humanités pourront solliciter en France l'appui technique du [Réseau national des Maisons des sciences de l'Homme](#) et de la [TGIR Huma-Num](#) (Très grande infrastructure de recherche des Humanités numériques), elle-même affiliée au consortium européen [DARIAH](#).



Dans les limites financières disponibles, le défi 8 peut contribuer à **financer en partie la collecte d'enquêtes** ou la **constitution de corpus** (textes, images, archives orales) à trois conditions : 1/ qu'y soit associé un vrai **projet de recherche** ; 2/ que soit garanti le **libre accès** aux données et 3/ qu'un dispositif permette de les **pérenniser**.

## Axe 1 : Innovation sociale et rapport au risque

### Facteurs d'innovation, conception innovante, design, propriété intellectuelle

Nos sociétés sont soumises à une double injonction : se protéger des risques qui menacent l'environnement, la santé, l'alimentation, la vie privée, le lien social — mais aussi, à l'inverse, réduire l'aversion au risque pour libérer les capacités d'innovation. On analysera les **multiples formes de l'innovation et du rapport au risque dans les sociétés et les cultures**, que ce soit la demande de sécurité ou les conduites à risques, le recours au principe de précaution ou le développement de l'esprit d'entreprise et de la créativité. On pourra étudier dans cette optique l'évolution de la protection sociale, des systèmes d'assurance ou des placements financiers.

Au cœur de cet axe figurent les **trajectoires d'innovation**, les **innovations de rupture**, la créativité du **design**, les expériences d'**innovation frugale** qui entendent innover mieux avec moins. Quel type d'organisation, quelle dynamique d'acteurs, quel **écosystème** favorisent l'émergence des innovations, leur diffusion et leur appropriation ? On s'interrogera sur **les voies de l'innovation** : exploration libre ou concertée, compétitive ou coopérative, aléatoire ou méthodique ? Quel est le pouvoir heuristique de méthodes telles que la mise en valeur des trouvailles (*serendipity*), l'examen des contre-exemples, le retour sur les échecs passés, les scénarios contrefactuels, la levée des blocages juridiques ? Les idées neuves naissent-elles de l'**urgence** (contraintes de temps et de coût, volonté de survie, menace écologique) ou de la **prospérité** (bonus démographique, taille du marché interne, niveau de formation, libre concurrence, mécénat privé) ? À quoi tient **l'hégémonie des États-Unis et des pays d'Extrême-Orient en matière d'innovation technologique** ?

La **capitalisation des innovations** soulève des questions complexes. Comment protéger l'innovation sans la tarir ? En termes de **propriété intellectuelle**, tout n'est pas brevetable : les idées, les théories, les méthodes d'apprentissage, les concepts de formation, les logiciels, les séquences de gènes humains... ne le sont pas dans tous les pays, car l'innovation ne se réduit pas à l'invention.

Au nombre des domaines d'applications de cet axe figurent **l'habitat, la ville, les transports, la production industrielle et l'économie verte (green economy), les questions socio-culturelles liées aux changements environnementaux et climatiques**, comme la frugalité des systèmes et des dispositifs.

*Les défis 1, 3 et 6 ont vocation à accueillir les projets à dominante technique qui traitent de ces domaines. En revanche, ils ont leur place dans le présent défi (« Sociétés innovantes... ») s'il s'agit de projets centrés sur le processus même de l'innovation, susceptibles d'éclairer ses dimensions sociales, économiques, culturelles ou organisationnelles. La création artistique est abordée plus loin, à l'axe 5.*

### Innovation sociale, innovation politique, démocratie participative, droit d'expérimentation, sciences participatives

Outre les entreprises, des acteurs associatifs ou intermédiaires s'engagent dans **l'innovation sociale** pour traiter les besoins environnementaux et sociaux (isolement, exclusion sociale) et expérimenter de nouveaux usages (comme les communautés virtuelles). On étudiera les entreprises ou les collectifs où émergent des **communautés de pratique** partageant un répertoire et mutualisant des savoirs. Ces acteurs **questionnent l'expertise scientifique** et revendiquent de nouvelles relations avec les chercheurs. Bien que la Constitution française reconnaisse aux collectivités locales un **droit d'expérimentation**, la généralisation des innovations d'origine locale se heurte encore au principe d'égalité : on tentera de cerner ces obstacles juridiques.

Les expériences de **démocratie participative** soulèvent des questions de fond. Comment résout-elle la question de la représentation et des porte-paroles, par rapport aux élus locaux ? Quelle place faire à l'outil du **référendum** dans nos démocraties ? Quels sont les obstacles que rencontre la démocratie participative pour asseoir sa légitimité dans les différentes sphères d'action (économie, environnement, urbanisme, éducation, contrôle des avancées techniques, etc.) ?

Le développement des **sciences participatives**, également appelées « recherches participatives » ou « sciences citoyennes » (cf. le rapport Houllier de février 2016) devient en lui-même un objet de recherches pour la sociologie et l'histoire des sciences, la science politique, les sciences de l'éducation : diversité des objets et des acteurs, articulation entre rigueur scientifique et *crowdsourcing* (mobilisation sur un même objet d'une foule d'initiatives privées), modes de publication et de diffusion, problèmes de paternité et de reconnaissance des découvertes, gouvernance, financements, intégration possible dans la pédagogie scolaire, etc.

### Mouvements sociaux, politiques, religieux, scientifiques

La recherche sur les ressorts de l'innovation sociale doit s'entendre au sens large. De tout temps, des individus ou des groupes en rupture ont défié l'ordre établi pour imaginer de **nouveaux modes de vie ou d'action**, de **nouveaux systèmes de croyance et de pensée** : utopistes, hérétiques, prophètes, artistes, inventeurs, pionniers, exilés, migrants...

Les **siècles passés** ont vu fleurir des **mouvements sociaux innovants** (enseignement mutuel, économie sociale, syndicalisme, mouvement coopératif, mutualité, médias libres, vulgarisation scientifique...) sans oublier les **mouvements religieux et humanitaires**. On étudiera leur essor et leur mode d'organisation, leur base sociale, leurs réussites ou leurs échecs, leur installation ou non dans la durée.

### Mouvements sociaux autour des mutations démographiques et familiales

Parmi les innovations sociales de taille figure **l'évolution des comportements démographiques et des structures familiales** : nouvelles méthodes de contraception au XX<sup>e</sup> siècle, réduction de la mortalité infantile, allongement de la vie, **extension du principe d'égalité** : droits de l'enfant, droits reproductifs, pouvoir d'agir des femmes (*women empowerment*), droits des minorités sexuelles. Quels en sont **les vecteurs** : mouvements sociaux, monde médical, pouvoirs publics, organisations internationales (OMS, FNUAP), fondations privées, initiatives locales ? Avec quels effets **juridiques, économiques ou sociaux** ? On étudiera les **grands débats** sur la diversité des formes familiales, l'interruption de grossesse, la gestation pour autrui ou la fin de vie, mais aussi la place de l'enfant (voir l'essor des *children studies*). Les recherches sur ces thèmes concernent *a priori* toutes les époques et toutes les régions du monde.

### De la rhétorique aux *nudges* : portée et limites des techniques de persuasion

Comment rallier les esprits à l'innovation ? Les méthodes classiques ayant montré leurs limites (violence, contrainte légale, pédagogie, incitation financière), de nombreuses théories ont exploré la voie de la **persuasion**. On peut citer, depuis l'Antiquité, la rhétorique, le gouvernement des passions, la psychologie des foules, le charisme, la propagande, la soumission à l'autorité, le piège du libre engagement — sans compter la logique informelle et les théories du conditionnement, de la communication ou de la captation. Vaste littérature, dont les courants ne se mêlent guère et qui appelleraient d'intéressantes synthèses ou confrontations. Dernière-née : de la série : la théorie des *nudges* — ces « coups de pouce » qui modifient les comportements à peu de frais, sans recourir à la contrainte ni exiger un niveau élevé de volonté ou de calcul. Se situant à la croisée de la **psychologie des biais cognitifs** et de **l'économie comportementale**, les modèles d'incitation persuasive s'appliquent à tout domaine où l'on espère influencer les choix individuels : **santé, environnement, épargne, consommation, école, vote, action humanitaire**. Ils soulèvent des **questions d'ordre politique et éthique**. Par exemple, où passe la frontière entre persuasion et manipulation ? Quel rôle laisse-t-on ainsi à la responsabilité individuelle ?

Expériences et évaluations sont attendues à ce sujet.

Rappel : les thématiques abordées dans cet axe sont ouvertes aux « recherches fondamentales », telles qu'elles sont définies plus haut, dans l'introduction au défi 8.

## Axe 2 : Inégalités, discriminations, migrations, intégration, radicalisation

### Inégalités socio-économiques, inégalités des nations, innovation et inégalité

Le **creusement des inégalités** fait obstacle à l'intégration sociale. On étudiera les logiques de repli ou d'**exclusion** aux deux extrémités de l'échelle sociale, l'écart entre **inégalités objectives et inégalités perçues**, les raisons qui rendent socialement acceptables certaines inégalités et pas d'autres. On analysera les tendances longues des **inégalités de revenus et de patrimoine**. Mais à l'échelle d'une génération, d'autres facteurs pèsent sur les **inégalités de salaires** : la valorisation et l'évaluation des activités, le mode de rémunération, la gestion des carrières. Si la mobilité sociale ou matrimoniale est un sujet classique, le rôle des institutions et des réseaux (y compris numériques) comme vecteurs de mobilité sociale est moins connu. Autres thèmes possibles : la dynamique des **ségrégations** (y compris la mobilité résidentielle comme facteur de désenclavement), le lien entre inégalités sociales **et inégalités spatiales** et, sur une autre échelle, les inégalités **au sein des nations et entre nations**, sans oublier le thème émergent des **inégalités climatiques**. Toutes questions où la dimension descriptive doit se doubler d'une dimension explicative. On sera attentif aux **principes de justice** qui sous-tendent la réflexion sur les inégalités.

*[Attention : les projets traitant des **inégalités de santé** sont à déposer dans l'axe 8, qu'il s'agisse d'inégalité géographiques, économiques, sociales, culturelles ou de genre (accès aux soins, relation médecin-patient, couverture assurantielle, care, rapport au corps...)].*

### Nouveaux indicateurs socio-économiques du bien-être ou de l'intégration

Pour mesurer les inégalités de performance à l'échelle internationale, les sciences économiques et sociales misent sur des indicateurs de développement et de bien-être, qui peuvent combiner l'état de santé, le niveau d'éducation, les taux de mortalité, les résultats économiques (PIB, chômage, productivité, concentration des richesses) et, plus récemment, les inégalités de genre. Si l'**indice de développement humain** (IDH) est le plus connu, d'autres secteurs sont concernés : gouvernance, démocratie, confiance, capital social, prospérité, sécurité, valeur ajoutée des services publics... Ils mesurent selon le cas la **capacité d'innovation**, la **force du lien civique et social** ou la somme de **bien-être** ou de **bonheur** (tel le *Better Life Index* de l'OCDE).

On se demandera si ces nouveaux indicateurs rompent avec **l'histoire des indices en sciences sociales**, si leur diffusion contribue à creuser les inégalités ou à les combler, si la publication des **palmarès** (lycées, universités, hôpitaux, publications...) peut éclairer ou biaiser les choix privés et publics. Sur tous ces sujets, les comparaisons et les expérimentations seront bienvenues.

### Migrations internationales : facteurs de migration, politiques migratoires

L'Europe est un continent d'**immigration**. Une personne sur quatre résidant en France est soit immigrée (**première génération**), soit née en France d'au moins un parent immigré (**seconde génération**). La plupart des pays voisins sont dans le même cas. On analysera la migration comme circulation transnationale et comme peuplement, en étant attentif à la diversité des **facteurs et motifs** de migration : travail, regroupement familial, mariage, études, refuge, retraite, santé, recherche de sécurité ou d'émancipation... On examinera sur le terrain la nature et l'ampleur réelle des **migrations environnementales**.

On s'interrogera évidemment sur la « **crise des réfugiés** » surgie à l'été 2015. Comment la situer dans l'évolution d'ensemble du phénomène migratoire ? Que révèle-t-elle des divisions des sociétés d'accueil, tant d'un pays à l'autre qu'au sein de chaque pays ? La recherche peut se mener aux zones de départ comme aux zones d'arrivée, voire les deux à la fois.

Un vaste sujet est l'histoire des **politiques migratoires**, tiraillées entre la logique économique, la logique des droits (ratification des conventions internationales) et le désir d'exercer un contrôle souverain sur le droit au séjour. En font partie la politique des visas, le traitement des demandes d'asile, les contrats d'intégration, les politiques d'accès à la citoyenneté. S'inscrivent dans cet ensemble les débats européens sur la convention de Genève, les accords de Dublin ou l'espace Schengen, de même que les stratégies actives — ou désespérées — des candidats à la migration. Les événements récents offrent l'occasion de mesurer les **coûts et bénéfices de l'ouverture ou de la fermeture des frontières**, en termes économiques, sociaux, politiques. La comparaison des expériences actuelles avec les expériences similaires du XX<sup>e</sup> siècle devraient être riche d'enseignements.

Hormis les étudiants, la France accueille peu de **migrants qualifiés**. Qui décide du recrutement des migrants économiques ? L'État ? Les employeurs ? Selon quels critères, avec quels effets ? On comparera les « systèmes à points » sélectionnant les candidats sur la base du capital humain et les listes de « métiers en tension » censés identifier les besoins économiques du pays. Une migration purement économique, non suivie à terme d'une migration de peuplement, est-elle concevable ?

D'autres thèmes sont à creuser : les **expatriations** (mal connues), les effets ambivalents de la fuite des cerveaux (*brain drain* versus *brain gain*), l'intensité des **retours** ou des « **ré migrations** » vers d'autres pays, la circulation **transnationale**, les **mariages mixtes** et la **double nationalité**, mais aussi l'histoire longue des **migrations forcées ou semi-forcées**. Autant de questions à traiter dans une perspective nationale et internationale. On pourra les élargir aux **formations historiques, voire préhistoriques**, qui, de par le monde, ont tantôt séparé tantôt mêlé des cultures itinérantes.

La recherche sur les causes et les conséquences des migrations internationales ne se limite pas à celles qui ont l'Europe pour destination. Sont également concernés les migrations **Sud-Sud** et les **systèmes migratoires d'autres régions du monde** (pays du Golfe, Chine/Russie, Asie du Sud-Est, océan Indien, Amérique latine, Pacifique...), à mener si possible avec des chercheurs des pays concernés.

### Accueil des réfugiés, intégration des migrants

Rien n'est plus âprement débattu que la question de l'intégration des migrants, particulièrement quand ils viennent du **monde musulman** (Maghreb, Proche-Orient, Afrique subsaharienne). La **notion d'intégration** reste cruciale pour la mesure des **chances d'accès** à l'emploi, aux biens et aux services, qui appelle des comparaisons européennes. Les enquêtes de la statistique publique contiennent désormais des informations sur **les pays de naissance et la nationalité des parents**. Certaines précisent l'**affiliation religieuse**, ce qui permet d'estimer séparément les effets de l'origine et de la religion sur le sort des immigrés et de leurs enfants. Il devient possible d'estimer le poids de ces facteurs dans l'**insertion sociale, économique et culturelle** des migrants et de leurs descendants.

Multidimensionnelle, l'intégration n'avance pas au même rythme dans tous les domaines, créant des décalages dont il faut mesurer l'ampleur et les effets. Elle dépend aussi du degré d'intégration de la société d'accueil. La mesure de l'intégration distinguera les **exigences légales imposées aux individus** (maîtrise de la langue, respect des lois, capacité à entretenir sa famille) et les **indicateurs à valeur collective et probabiliste** (taux de mariages mixtes, taux de propriétaires, pratique religieuse, activité associative, participation électorale, etc.), qui font débat.

S'inscrit également dans ce cadre la question complexe (en raison des données disponibles) des **effets de la concentration géographique** de l'immigration sur l'intégration des migrants.

Là encore, la question de l'intégration des migrants n'est pas propre à l'Europe. Les études comparatives avec les pays du Sud ou d'autres ensembles (Japon, pays du Golfe, anciennes républiques soviétiques...) sont encore peu développées et seront bienvenues.

### Discriminations

L'intégration est un vain mot si, à **compétences ou situations égales**, la discrimination barre l'accès à l'emploi, à la formation et à la promotion, au logement et aux services. Or la recherche est loin d'avoir progressé du même pas sur les divers **critères illicites de sélection** énoncés par le Code pénal : âge, sexe, apparence physique, nationalité, origines, affiliation syndicale ou politique, religion, patronyme, état de santé, handicap, grossesse, identité ou orientation sexuelles, lieu de résidence... Le **cumul des discriminations**, souvent invoqué, reste peu étudié. Une question à clarifier est le lien entre l'expérience subjective des discriminations et leur réalité objective, qu'il convient d'attester par le suivi des trajectoires éducatives, professionnelles ou résidentielles.

La discrimination ne se postule pas, elle se prouve par des **méthodes adaptées** : *testing* de CV, suivi de carrières, mesures explicites ou implicites des préjugés. Or la discrimination peut être **directe, indirecte ou systémique**, surgir des interactions entre personnes ou se cristalliser dans le cloisonnement des espaces urbains et des lieux de travail. La « **discrimination statistique** » au sens des économistes se nourrit de l'aversion au risque : écarter une personne pour son appartenance supposée à une catégorie à risques (grossesse possible, dangerosité estimée).

Les chercheurs désireux de mener à bien des projets sur la mesure des discriminations sont encouragés à **se rapprocher des entreprises et des administrations**. Quel usage font-elles du guide méthodologique publié en 2012 par la CNIL et le Défenseur des droits sur la « mesure de la diversité » ? On pourra tester avec elles les **solutions pratiques** permettant de recruter en fonction des capacités et des talents : sortir des filières rebattues, adapter les épreuves, dédier un poste à la lutte contre les discriminations, etc.

### Radicalisation violente

L'appel générique de 2014 avait souligné l'urgence d'une analyse du **repli identitaire**. Il engageait les chercheurs à s'inspirer des *Peace Studies* ou des études CVE (*Counter violent extremism*) pour saisir les logiques de **radicalisation violente**. Il donnait pour exemple « le recrutement en ligne de jeunes djihadistes ». Les attentats de janvier 2015 à Paris et Montrouge ont confirmé l'actualité de cet appel, de même que ceux de Paris en novembre 2015 et de Bruxelles en mars 2016 : des hommes et des femmes ont été assassinés pour leurs idées, leur fonction, leur religion, ou, simplement, leur mode de vie.

Depuis deux ans, les chercheurs français ont beaucoup débattu de la radicalisation violente, dans des forums ouverts à toutes les disciplines, et de la question très controversée de son lien avec l'immigration. Il reste à convertir ces débats en projets de recherche interdisciplinaires mettant à l'épreuve des hypothèses et des méthodes nouvelles, attentifs aux recherches menées à l'étranger. **Sociologues, politologues, juristes, philosophes, historiens, linguistes, anthropologues, démographes, économistes, psychologues**, mais aussi spécialistes de **littérature** ou d'**exégèse** peuvent y contribuer en étudiant les **ressorts de la radicalisation** (vulnérabilité psychique et sociale, fossé entre générations), ses **méthodes** (recrutement en ligne, réseaux sociaux, organisation « en essaim », techniques d'emprise, conversions), ses **acteurs** (âge, genre, habitat, origines), ses **argumentaires** (culte du héros, supériorité de l'ordre divin sur le principe d'égalité, légitimation de la violence, déshumanisation de l'ennemi, antisémitisme) — une question centrale étant d'identifier les conditions et les mécanismes du passage à l'acte.

Les recherches susceptibles d'**éclairer l'action publique** sur les programmes de prévention, de « déradicalisation » et de protection sont bienvenues. Quelles que soient les causalités dégagées — d'ordre social, religieux, politique ou psychologique —, la recherche sur la radicalisation violente sera attentive à la qualité des données et à la validation des hypothèses (notamment sur le pouvoir des réseaux sociaux).

Les **parallèles anciens ou récents** avec d'autres vagues d'attentats pour des motifs religieux ou politiques méritent d'être creusés. On n'éludera pas la difficulté historique de l'islam à tolérer le **libre examen des textes sacrés** et le pluralisme des interprétations, qui pourraient contribuer à marginaliser les thèses radicales, ainsi que le **contexte géopolitique** du Proche et du Moyen Orient (guerres civiles, interventions militaires, éclatement des États).

Mais les chercheurs sont aussi invités à s'intéresser, plus généralement, à **toutes les formes de radicalisation, pas nécessairement religieuses** mais aussi d'ordre sectaire, révolutionnaire ou autre. L'étude comparative des phénomènes de violence dans le monde et à travers l'histoire peut inclure notamment les groupes terroristes comme organisations institutionnalisées et globales, leurs circuits de financement, leur accès aux technologies de communication, leurs moyens de propagande, ainsi que les propositions de contre-propagande (*counter-narratives*) dans les médias et, plus généralement, les nouvelles formes artistiques collectives.

[Les projets sur les techniques de protection sont à déposer au défi 9, Liberté et sécurité].

Rappel : les thématiques abordées dans cet axe sont ouvertes aux « recherches fondamentales », telles qu'elles sont définies plus haut, dans l'introduction au défi 8.

### Axe 3 : Mutations du travail et de l'emploi, changement des organisations

L'emploi et le travail restent des **priorités** de recherche, quel que soit le secteur (agriculture, services, artisanat, industrie, fonctions publiques, tiers secteur, création). Toutes les **formes d'emploi** sont concernées : salarié et non salarié, à durée déterminée ou non, formel ou informel, libre ou contraint, sur site ou à domicile — sachant que ces catégories mouvantes appellent un éclairage historique ou comparatif. Nombre de disciplines sont concernées : **économie, gestion, droit, sociologie, science politique, anthropologie, histoire, psychologie, ergonomie...**

#### Marché du travail et de l'emploi, politiques d'emploi, organisation du travail

Des projets novateurs sont attendus sur le fonctionnement du **marché du travail et de l'emploi**, les transformations du chômage et de sa prise en charge, la complexité des parcours professionnels, les méthodes de recrutement et de promotion. Les **politiques d'emploi** (expériences, mesures, évaluation) sont à traiter dans cet axe, qu'elles préconisent la dérégulation ou l'intervention, qu'elles soient centrées sur la protection de l'emploi existant ou la création d'emplois. Il convient ici de **dépasser l'approche descriptive** (assurée par la statistique publique) pour viser des modèles explicatifs et prospectifs.

Les questions d'emploi et de travail sont à situer dans leur **contexte** : mutations technologiques, réseaux d'entreprises, contraintes économiques, nouveaux rapports aux clients et donneurs d'ordre, relations professionnelles (représentation, négociation, accords...). On renouvellera les recherches sur la **division du travail** (entre les entreprises, entre les nations), sa **régulation** (flexible ou standardisée, *hard* ou *soft*), sa **mesure** (durée, performance, intensité, pénibilité), son **évaluation** (fixation d'objectifs, traçabilité, audits), sa **rémunération** (collective ou individuelle, à l'ancienneté ou au mérite, à la tâche ou au forfait), sa **fragmentation** (intermittence, multi-activité), son mode de **management** (anonyme ou personnalisé, technocratique ou participatif, etc.).

Le **changement des organisations** peut s'étudier à plusieurs niveaux : 1/ les nouvelles formes de gestion et de *reporting* (progiciels intégrés, feuilles de route) ; 2/ les phénomènes de restructuration et d'externalisation induits par les conceptions juridiques de l'entreprise et les normes comptables ; 3/ l'organisation des entreprises en réseaux et les chaînes de sous-traitance, avec leurs effets sur les relations sociales et le droit du travail [voir l'axe 1 du défi 3 pour la traduction de ces phénomènes dans la sphère proprement industrielle].

## Qualité du travail, place du travail dans la société, émotions au travail, lien santé-travail

On étudiera la place dévolue à la **qualité du travail** (contenu, finalités, reconnaissance, sur- ou sous-qualification, perte ou acquisition de savoirs, travail prescrit/réel, lieux de discussion sur la qualité du travail et ses normes, injonction de mieux faire à moindre coût). **La place du travail dans la société** reste un sujet d'actualité : comment s'articule-t-il avec le **hors-travail** (loisir, volontariat, retraite) selon les époques et les cultures ? À quelles conditions peut-on **s'accomplir dans le travail en soi, conçu comme un engagement créatif de la personne** ?

Le **rapport au travail** peut se traiter dans sa dimension psychologique et sociale, cognitive et institutionnelle, clinique et historique, selon les genres et les catégories sociales. Les **émotions au travail** (plaisir, ennui, fierté, colère, compassion, humour...) sont un domaine de recherche en plein essor. On songe aux émotions prescrites ou prosrites à l'égard du public, des patients ou des collègues, à la tension entre normes gestionnaires et souci des personnes, à l'expérience des « sales boulots » (maniement des déchets, soins corporels, traitement des cadavres...) ou à l'ambivalence de la GRH face aux émotions (tantôt déniées tantôt utilisées).

On reviendra sur le **lien travail-santé** (expositions professionnelles, TMS, accidents, usure). La notion de **stress** ou de **risques psychosociaux** fait débat : désigne-t-elle l'incapacité des agents à tenir les exigences de l'organisation ou celle de l'organisation à leur fournir les moyens nécessaires ? On s'intéressera aux variations de la **santé au travail** (mais aussi de la **santé au chômage**) suivant les facteurs de risque, les relations sociales, les collectifs mobilisables, les savoir-faire, les pratiques et les représentations, les normes techniques, sanitaires et juridiques. Une attention spéciale pourrait être portée à l'objectivation des souffrances et des pathologies (contexte, acteurs, savoirs, controverses).

### Femmes et hommes au travail : le défi de l'égalité professionnelle

Si la **conciliation entre vie familiale et vie professionnelle** préoccupe de longue date le législateur, l'**égalité professionnelle** des femmes avec les hommes piétine, tant sont fortes les pressions qu'elles subissent en raison du cumul des tâches. La recherche sur l'articulation des **temps sociaux** explorera les solutions techniques, juridiques, fiscales, politiques... capables de déjouer la **domination masculine**.

Les principaux **obstacles** sont connus : les hommes ne prennent pas leur part du travail ménager et des tâches d'éducation, tandis que les normes sociales poussent encore les femmes vers des filières réputées altruistes ou désintéressées mais souvent dévalorisées (éducation, santé, culture, services à la personne). Il est urgent d'**évaluer les solutions** initiées par les pays nordiques, comme le congé parental masculin et les quotas de femmes dans les conseils d'administration. Comment les entreprises travaillent-elles en pratique à réduire les inégalités de genre ?

Rappel : les thématiques abordées dans cet axe sont ouvertes aux « recherches fondamentales », telles qu'elles sont définies plus haut, dans l'introduction au défi 8.

## Axe 4 : Éducation, capacités cognitives, socialisation et formation tout au long de la vie

### Capacités cognitives aux divers âges de la vie

L'allongement de la vie et la diversité croissante des parcours professionnels renouvellent les questions d'éducation, de formation et d'apprentissage. Le défi est de donner à chacun la **capacité d'apprendre et de se former en permanence**, sur la base de connaissances solides. Sans ignorer les effets de l'organisation sociale du travail traités dans l'axe précédent, de telles études peuvent contribuer à analyser et alléger le stress engendré par l'accumulation des contraintes, des exigences et des nécessités d'évolution ou de reconversion.

Une part importante est donc, en premier lieu, consacrée à la recherche fondamentale. Sont attendues ici l'élaboration et la mise à l'épreuve par expérimentation de modèles forgés par la **psychologie cognitive** (dans la diversité des processus qu'elle recouvre), les **neurosciences cognitives**, la **psychologie des émotions** ou la (psycho)linguistique, dans leur dimension fondamentale. On s'intéressera aux mécanismes qui relient la formation des **habiletés sensori-motrices** et le **développement cognitif, émotionnel et langagier** aux diverses composantes de l'environnement : familiale, sociale, scolaire, émotionnelle. **De la prime enfance au grand âge**, tous les âges sont concernés. Un enjeu de taille concerne l'étude des fonctions cognitives chez l'enfant ou l'adolescent atteint de pathologie (troubles neuropsychologiques, troubles envahissants du développement notamment, pathologies psychiatriques...). Tout aussi important est l'enjeu pour les plus âgés, qui doivent faire face à des pathologies cognitives et/ou motrices et apprendre à prolonger le plus possible leur autonomie et préserver le plaisir d'interagir avec l'entourage.

### Innovations pédagogiques

S'agissant des **savoirs fondamentaux**, la France affiche des résultats inquiétants dans les **enquêtes PISA** auprès des élèves de 15 ans, que ce soit en mathématiques, en compréhension de l'écrit ou en sciences. C'est le pays de l'OCDE où l'origine sociale pèse le plus sur les inégalités scolaires, et cela vaut aussi pour l'Université. Par la suite, nombre d'adultes peinent à manier des informations orales ou écrites indispensables à la vie courante et au travail.

Pour améliorer l'acquisition des compétences fondamentales, développer la maîtrise des langues ou des outils numériques et donner ou redonner le plaisir d'apprendre, il convient de renouveler les outils éducatifs, de manière à tenir compte des situations d'apprentissage et de formation. On s'attachera à mettre au point, à expérimenter et à valider des **méthodes pédagogiques adaptées à la diversité des publics** (âge, expérience, acquis antérieurs, environnement social, réactivité et vécu émotionnels...). Ces innovations pédagogiques pourront s'appuyer sur les nouvelles technologies de l'information et de la communication, dont on vérifiera à quel degré elles changent effectivement la transmission des savoirs et des connaissances, et si elles peuvent pallier des pathologies ou des handicaps physiques ou mentaux. La question de savoir si les nouvelles technologies améliorent les compétences étant controversée, on s'interrogera sur la portée et les limites de l'approche par compétences et sur l'exploration de modèles plus holistes qui prennent en compte la **psychologie cognitive**, les **théories du comportement** ou la **sociologie des interactions** et les mettent à l'épreuve dans des protocoles bien construits.

### Nouveaux leviers contre l'échec scolaire

Les **facteurs d'inégalités de réussite à l'école** sont traités par plusieurs disciplines et bien connus, mais leur poids respectif et leurs interactions le sont moins : **handicaps sensoriels, moteurs ou cognitifs** ou phénomènes de **précocité** ; **motivations** à apprendre versus **repli ou agressivité** ; **influence de l'institution scolaire** sur les performances (effets de classe, de discipline, d'équipe pédagogique, de quartier) ; **influence du genre et de ses représentations** sur le choix des études et la réussite par disciplines ; **choix des familles** (clivage public/privé, carte scolaire, langues sélectives, « palmarès » des établissements...).

La recherche aura tout intérêt à croiser les disciplines pour **reprenre à neuf ces interrogations**. Quelle place pour l'initiative individuelle dans le système scolaire ? Comment valoriser **toutes les formes d'intelligence et de compétences** et combattre ainsi l'échec scolaire ? La France peut-elle repenser son **système d'orientation** en substituant une incitation positive au système actuel de sélection négative, comme s'emploient à le faire certains pays étrangers ? L'appel aux incitations implicites ou au volontariat est-il applicable au monde de l'École ? Comment former en conséquence les enseignants et les personnels d'orientation ?



## Lutte contre l'échec scolaire

Des mots d'ordre déjà anciens (pratiquer la découverte en situation, apprendre à s'exprimer oralement, combiner formation scolaire et apprentissage professionnel, « apprendre à apprendre ») restent des slogans tant qu'on ne les valide pas par des **expériences** bien conduites. Il reste à comprendre pourquoi les **innovations pédagogiques** ont tant de mal à sortir du stade expérimental ou de l'initiative privée pour gagner une reconnaissance générale. Évaluer ces innovations est un défi majeur.

Ces questions deviennent cruciales aux deux extrémités du cursus scolaire. On sait encore peu de choses sur les **effets de la scolarisation préélémentaire** dès l'âge de deux ans, mais l'essor récent des cohortes d'enfants (à commencer par la cohorte Elfe) devrait permettre d'aborder la question avec méthode. À l'autre extrémité, on sait l'ampleur du **décrochage scolaire** et des **sorties sans diplôme**, ainsi que la désaffection des Français pour les **filières d'apprentissage**. Reste à en comprendre les facteurs et à progresser dans la recherche des remèdes. La **psychologie sociale** peut apporter ici sa contribution sur le rôle de la dynamique des groupes dans la réussite ou l'échec.

### Les mutations de l'enseignement supérieur

L'**enseignement supérieur** est un champ de recherche encore à développer. Dans le cas de la France, un fossé sépare les **universités** (elles-mêmes hétérogènes) du système des **grandes écoles** ou des **grands établissements**. L'enseignement supérieur connaît une massification s'accompagnant d'une augmentation de l'hétérogénéité des étudiant-es, dont celle liée à une internationalisation croissante. S'y ajoutent des **difficultés de recrutement** (chute des effectifs dans certaines filières, décrochage important), des **problèmes d'organisation** (autonomie, politiques de sites, insertion dans les pôles d'innovation), une **pression internationale** accrue (palmarès mondiaux, passage à l'anglais, tendance de l'« espace européen de la recherche » à creuser les écarts entre pays au lieu de les combler). Si des réformes ont été mises en place pour lutter contre l'échec, rares sont les recherches sur les innovations réelles en matière d'organisation et de pratiques pédagogiques. Il est urgent d'étudier avec méthode ces réalités complexes et mouvantes, si possible dans une **optique comparative et prospective**, qui éclaire l'avenir du système d'enseignement et de recherche.

Rappel : les thématiques abordées dans cet axe sont ouvertes aux « recherches fondamentales », telles qu'elles sont définies plus haut, dans l'introduction au défi 8.

## Axe 5 : Cultures, création, patrimoines

### Approche interdisciplinaire des cultures et du fait religieux

L'étude des cultures, de la création et des patrimoines éclaire la diversité des sociétés, les transformations des pratiques culturelles, économiques et politiques, les mécanismes d'intégration, d'adaptation et d'innovation. **Toutes les sciences humaines et sociales** sont conviées : archéologie, histoire de l'art, histoire, géographie, linguistique, études littéraires, philosophie, anthropologie, sociologie, droit, économie, science politique, sciences cognitives, ainsi que la musicologie, les arts du spectacle, l'architecture, le design, l'archivistique, l'étude du fait religieux.

L'émergence des cultures et leurs manifestations (matérielles, écrites, orales, sonores ou visuelles), leur diffusion et leur transformation peuvent être abordées dans une perspective synchronique ou diachronique, allant **de la préhistoire au contemporain** et ce **dans toutes les aires culturelles**. Les recherches pourront porter sur des individus ou des groupes, sur des courants artistiques, philosophiques ou littéraires, sur la circulation des concepts et des idées. Elles pourront être menées sous l'angle de l'archéologie, de l'histoire connectée ou comparée, d'études archivistiques, de génétique des textes, mais aussi des **global studies** et des **cultural studies**.

On ne négligera pas le **fait religieux dans sa diversité historique et culturelle** : formation, transmission et usage des textes sacrés, rites et croyances, *revivals* et conversions, réseaux d'institutions culturelles ou éducatives, relations entre art sacré et art profane, place du religieux dans l'espace public, rôle de l'identité religieuse comme force de clivage ou de consensus, etc. Le cas particulier de la France mérite d'être resitué dans une approche historique ou comparative, nourrie de données empiriques, attentive à d'autres configurations possibles du rapport entre société et religion.

### Préhistoire et histoire des phénomènes culturels et cognitifs, destin des langues

La diffusion des cultures peut s'étudier dans la longue durée qu'embrasse la **préhistoire**. Essor de la bipédie, fabrication d'outils, acquisition des langues, apprentissages, développement des systèmes de communication, expression des émotions, division sociale et sexuelle du travail, activité créatrice : autant de phénomènes où les mécanismes cognitifs interagissent avec l'environnement, appelant une **histoire longue de l'adaptation et de la création**, de la préhistoire à nos jours.

Les **langues** font partie du patrimoine culturel que l'Union européenne entend développer en soutenant l'apprentissage des langues étrangères. Or les **compétences linguistiques** des Européens ne cessent de reculer, sauf en anglais. Les langues régionales s'effacent, la connaissance du latin et du grec régresse, les langues d'immigration se limitent aux usages privés : à quel coût, avec quels effets ? Si les recherches sur les **langues en péril** restent nécessaires (90 % d'entre elles devant disparaître avant la fin du siècle), il faut réfléchir aux contextes sociaux et politiques qui leur sont favorables ou défavorables. La réflexion doit également s'étendre aux **langages informatiques** et à leur connexion avec les langues dites naturelles.

### Création, œuvres et créateurs

On approchera les processus de création des œuvres (cognitifs, sociaux, économiques) à toutes les époques. On étudiera la **genèse** des œuvres (artistiques, littéraires, musicales, théâtrales, cinématographiques, télévisuelles, vidéoludiques), leur **réception** et leur **interprétation**. La recherche fera une place de choix aux textes, aux **œuvres**, à leurs **auteurs**, à leurs trajectoires comme à leurs réseaux. On pourra à cette fin établir de **nouveaux corpus**, dans une approche monographique ou prosopographique (auteur singulier ou population d'auteurs). D'autres champs à étudier sont la **circulation d'œuvres, de modèles et d'idées entre les arts comme entre les aires culturelles**, la migration des formes, leurs transformations et leur hybridation. On pourra également s'intéresser aux actions que peuvent produire ou susciter les œuvres (didactiques, polémiques, prises de positions idéologiques).

**L'étude du rapport entre émotion et création**, chez les artistes comme au sein du public, pourra bénéficier des efforts conjoints des SHS et des sciences cognitives. Des projets en *visual studies* ou *sound studies*, par nature interdisciplinaires, sont attendus, de même que des projets associant créateurs et chercheurs, afin de mieux cerner les processus de création ou les dispositifs artistiques dans les divers champs de la création contemporaine.

D'autres dimensions peuvent être abordées : l'étude des **techniques** (outils et supports), la place des **sens** dans la création (vue, ouïe, toucher), les formes artistiques **collectives**, le rôle des **institutions** académiques et du **marché**, ainsi que l'**économie et le droit de la création** (soutien public et privé, industries culturelles, droits d'auteur, etc.). Ces dimensions peuvent toutes être envisagées sous l'angle des **innovations** : renouvellement des techniques et des pratiques, expressions marginales, rôle décisif des interprètes, mais aussi des rapports de **genre**. On pourra s'intéresser à l'**enseignement des arts**, à la transmission des pratiques, à l'interprétation et au jeu, dans une perspective actuelle ou historique.

## Transformations du patrimoine et politiques culturelles

Dans des projets pouvant réunir chercheurs et professionnels, l'étude des processus de patrimonialisation et de valorisation du patrimoine permettra de cerner ses **enjeux politiques et sociaux**, les revendications identitaires dont il est l'objet et le rôle des acteurs publics, privés ou parapublics. On n'évitera pas les questions de fond : qu'appelle-t-on « patrimoine » (les termes consacrés par les politiques officielles de patrimonialisation et les langues autochtones n'étant pas toujours identiques) ? Qu'est ce qui « fait patrimoine », qu'il soit matériel ou immatériel (sites, paysages, coutumes, œuvres, figures) ? On évaluera aussi le rayonnement du patrimoine à l'étranger et son apport à l'économie du pays, au tourisme et à la promotion des territoires. L'attention pourra se porter aussi bien sur les paysages culturels, **le patrimoine des musées, des organisations et des entreprises que sur l'histoire des musées et de leurs publics**. On fera toute sa place à la **documentation numérique des patrimoines**, sous forme de SIG ou de corpus d'archives écrites, orales, visuelles et audio-visuelles, constitués non pour eux-mêmes mais liés à des questions de recherche. L'étude des **patrimoines en danger**, du fait des conflits armés, des déprédations, des changements environnementaux, de la pression démographique ou touristique, ouvre de larges champs de recherche. On mesure désormais l'enjeu des recherches sur les nouvelles **méthodes de sauvegarde** (simulations en 3D, mise en récit, appropriation par les populations). Des collaborations transdisciplinaires et internationales sont vivement souhaitables dans ce domaine.

Le patrimoine et sa conservation se prêtent aussi à des **projets avec partenaire privé** qui allient **SHS et science des matériaux**. On pourra étudier également la transformation du patrimoine urbain, industriel, paysager ou religieux, tant sa mise en valeur que sa « dépatrimonialisation ». L'étude des **politiques culturelles** et de leur histoire (classement, labellisation, préservation, financement, gestion, mais aussi éducation culturelle, interculturelle et artistique, et politiques de médiation) devrait éclairer le rôle respectif des organismes internationaux, des États et des collectivités territoriales, et aussi les tensions, parfois, avec les acteurs locaux. **L'histoire des administrations culturelles et patrimoniales et des politiques publiques** doit également retenir l'attention.

Rappel : les thématiques abordées dans cet axe sont ouvertes aux « recherches fondamentales », telles qu'elles sont définies plus haut, dans l'introduction au défi 8.

## Axe 6 : Révolution numérique et mutations sociales

*On déposera ici les projets qui analysent l'incidence de la révolution numérique sur la société, sans entrer dans l'analyse technique de la numérisation. Les projets mixtes SHS-Numérique sont à déposer dans l'action conjointe prévue à cet effet.*

### Effets du numérique sur l'économie, les professions, la souveraineté nationale

Le numérique bouleverse le rapport au territoire, il redistribue les frontières entre travail et vie privée, entre experts et profanes. Travail à distance, accès immédiat aux services, extension virtuelle du réel : ces progrès laissent espérer des **gains de productivité**. Or la croissance des pays les mieux équipés n'a pas suivi : c'est le **paradoxe de Solow**, que la recherche doit continuer à creuser.

L'expansion du numérique ébranle nombre de **métiers** (postiers, taxis, éditeurs, libraires, journalistes, traducteurs, etc.). Destruction « créatrice » ou sans retour ? Quel bilan peut-on dresser de la dématérialisation des services en termes de qualifications et d'emplois ? **L'expatriation des données individuelles et des outils numériques de leur traitement** est telle que les services d'intermédiation entre États et citoyens sont en passe d'être transférés outre-Atlantique, y compris dans la sphère fiscale. Quels sont les faiblesses et les atouts de l'industrie numérique européenne **face à la concurrence nord-américaine et asiatique** ? Les instances de régulation et les dispositifs légaux (loi Informatique et liberté, loi Hadopi, loi sur le renseignement...) sont-ils à la hauteur du défi lancé par les géants américains de l'Internet et par la captation massive des données personnelles à des fins de

surveillance ou de marketing ? **Juristes, économistes, politistes, sociologues** sont invités à lancer des projets novateurs sur cette mutation, qui suscite des interrogations de fond sur la gouvernance transfrontière d'Internet (ICANN, ISTF, 3WC...) et met en jeu la souveraineté des États européens.

### Effets du numérique sur les pratiques culturelles et l'enseignement, MOOC et SPOC

On actualisera l'étude des **effets du numérique sur les pratiques culturelles**. Dans quelle mesure l'autoproduction de contenus, l'ubiquité de la musique enregistrée ou l'extension des réseaux sociaux ont-elles **démocratisé le savoir, la culture et la création** ? Ont-elles compensé la chute déjà ancienne de la lecture en renouvelant les formes d'expression ? Il serait utile de confronter les données du ministère de la Culture sur la diversification des pratiques avec les enquêtes PISA sur la capacité des jeunes de milieux défavorisés à manier l'écrit dans la vie quotidienne.

### Effets du numérique sur les comportements ; dimensions juridiques et éthiques du numérique

Les **effets du numérique sur les comportements** sont ambivalents car Internet peut apporter à la fois le mal et le remède (comme le plagiat et sa détection). Les jeux vidéo ont-ils exacerbé ou canalisé la **violence**, modifié les **capacités cognitives** ? S'isole-t-on davantage à se concentrer sur un écran qu'à se plonger dans un livre ? Les réseaux sociaux tiennent-ils leurs promesses ? On n'éludera pas les **problèmes éthiques du numérique**. Un contrat social tacite assure à chacun le droit de se connecter, moyennant quoi les opérateurs **captent ses intérêts, tracent ses données et dressent son profil** pour les vendre à des tiers. Peut-on garantir le **droit au « déréférencement »** quand on compare le nombre de litiges traités par la CNIL à la masse des demandes tranchées par Google ? La mainmise des géants de l'Internet sur les données individuelles laisse-t-elle une marge de manœuvre aux États européens ?

### Le passage des données démographiques ou administratives aux données massives

*Cet axe est un élément de la thématique transversale Big Data présente dans la plupart des défis, à commencer par le défi 7. Il est traité ici du point de vue des SHS et du défi 8.*

On qualifie de **Big Data** — ou **données massives** — des ensembles de données numériques trop volumineux pour qu'on puisse les traiter avec les seuls outils de la micro-informatique. Ces données sont **réputées exhaustives** et *ipso facto* représentatives sans tirage d'échantillons, parce qu'elles couvriraient la totalité du monde réel connecté à la façon d'une carte coextensive au territoire. L'objet de cet axe est d'**étudier, du point de vue des SHS, les implications sociales et scientifiques du basculement des données classiques aux données massives**, mais aussi les alternatives possibles qu'offrent les **small data** ou les **self data**.

Le *UK Data Forum* lancé par l'Economic and Social Research Council souligne le caractère déjà massif des **données démographiques** : l'état civil ou le recensement sont des *Big Data* exhaustifs. La **base IPUMS** de l'Université du Minnesota réunit 238 recensements du monde entier. On compte 300 enquêtes démographiques et de santé (**DHS**) de par le monde. En adaptant la typologie britannique, on peut énumérer les **données massives qui intéressent la recherche en sciences sociales** :

- l'état civil : naissances, mariages, pacs, décès ;
- les fichiers de gestion universels : fichier électoral, rôles fiscaux, passeports, sécurité sociale...
- les fichiers spécialisés : données individuelles du système éducatif, hospitalier, judiciaire...
- les transactions commerciales : cartes de crédits, caisses enregistreuses ;
- les traces des usagers d'Internet : requêtes, téléchargements, réseaux sociaux, blogs ;
- les données de télésurveillance : caméras, capteurs du trafic routier, données GPS ;

- les images satellitaires ;
- la collecte et l'analyse des processus d'apprentissage (*learning analytics*) associées aux MOOC ;
- les archives radiophoniques ou télévisées (constituées en France par l'INA).

Il y a là une mine potentielle de données pour la recherche en SHS. Mais elles soulèvent de graves questions : l'**opacité** de leur construction, la **complexité** de leur architecture, le doute sur leur **couverture** réelle. Sont-elles assez **durables** pour assurer la continuité des séries ? Aura-t-on assez de chercheurs qualifiés pour traiter ces données et libérer leur potentiel de recherche ?

Pour ce faire, une **coopération** s'impose entre les administrations gestionnaires, les instituts statistiques, les spécialistes de *Big Data* et les instances de contrôle (CNIS, CNIL, comités d'éthique). Les chercheurs ne vont pas conduire cette coopération mais peuvent définir ses exigences scientifiques et organisationnelles et mener les expériences nécessaires. Il convient de **dresser le bilan des expériences françaises et étrangères** en la matière et de s'interroger sur la transposition des pratiques d'un pays à l'autre (problèmes techniques, juridiques, culturels). Un enjeu fort est d'identifier avec méthode les **données d'intérêt public à fort potentiel de recherche**.

Mener à bien l'exploitation scientifique des *Big Data* par les SHS implique de lever certains obstacles. Le premier est l'insuffisance de **théories permettant de modéliser les interactions et les réseaux** qui structurent le social. Ainsi, qui fréquente les mêmes lieux et les mêmes personnes ? Qui commerce avec qui ? Qui fait confiance à qui ? Qui aide qui ? Questions à poser aussi sur la durée : qui revoit-on ? Comment les relations sont-elles renouées ou diversifiées dans le temps ?

Le second obstacle est l'insuffisance des logiciels de **visualisation des données** capables d'exploiter les lois de la perception synoptique pour dégager à la fois les lignes de force et les cas singuliers sans appauvrir les données, et fournir ainsi une aide à la décision. Relever de tels défis requiert une alliance des disciplines de SHS (sociologie, économie, psychologie cognitive, géographie, sciences de gestion...) avec une solide expertise en « sémiologie graphique » et en mathématique ou informatique des réseaux.

Au-delà de ces obstacles, des **questions cruciales** se posent. En l'absence de régulation des *Big Data*, quels **risques pour la vie privée, la sécurité** — voire **la dignité**, quand enfants et mineurs sont impliqués ? Quelles conditions de mise à disposition (ouvertes, anonymisées, privées) ? À quelles entités autoriser l'accès (État, individu, secteur privé...) ? Quelle connexion avec d'autres données publiques ou privées (par exemple, l'accès commercial, les données de « sécurité ») ? En quoi tout cela affecte-t-il la valeur de service public de secteurs entiers (santé, éducation, justice) ainsi que la valeur de service public de l'Internet ? Que dire de traités internationaux comme TAFTA ? Des politiques publiques comparées en ce domaine ?

On pourra s'interroger enfin sur **l'accroissement des connaissances individuelles et collectives par les *Big Data***. Rien n'empêche les sciences de la décision et du comportement d'intégrer des critères de bien commun, d'utilité sociale et environnementale, de bien-être et de responsabilité, en analysant les deux faces du comportement « participatif » — la coopération et la compétition — sur les réseaux sociaux, à travers le *crowdsourcing* ou la capacité toujours plus aiguisée des acteurs à interpréter les signes et les intentions d'autrui.

Rappel : les thématiques abordées dans cet axe sont ouvertes aux « recherches fondamentales », telles qu'elles sont définies plus haut, dans l'introduction au défi 8.

## Axe 7. La Révolution numérique : rapport au savoir et à la culture (axe conjoint avec le défi 7)

Cet axe est commun aux défis 7 et 8. Les projets seront évalués par un comité mixte et équilibré, dont les experts relèveront à la fois des sciences humaines et sociales et des sciences du numérique.

- Les projets doivent être portés par **une équipe ou un partenariat interdisciplinaire**, réunissant des chercheurs en sciences et technologies du numérique et des chercheurs en sciences humaines et sociales.
- Les progrès peuvent concerner un seul champ disciplinaire (SHS ou STIC) s'ils mobilisent **des concepts ou des outils issus d'avancées récentes de l'autre champ**.
- Ces deux conditions ne constituent pas des critères d'éligibilité : elles visent à encourager le dépôt de projets interdisciplinaires. L'action conjointe ne convient donc pas aux projets qui mèneraient les deux types de recherche (SHS et STIC) dans deux séries disjointes de tâches.
- L'action conjointe SHS-Numérique ne pouvant reprendre la totalité des thématiques de chaque défi, elle sera centrée sur trois thématiques privilégiées par la Stratégie nationale de recherche :
  - révolution numérique et nouveaux rapports au savoir : éducation et formation,
  - création et partage des savoirs à l'ère numérique,
  - révolution numérique et e-patrimoine : la recherche sur les patrimoines, les archives audiovisuelles, les arts numériques.

### Éducation et formation

Les recherches sur le numérique pour l'éducation et la formation sont à concevoir au sens le plus large : sont concernés **tous les niveaux de scolarité** et **toutes les formations**, qu'elles soient suivies en classe ou à distance, seul ou à plusieurs, dans une langue nationale ou internationale, qu'elles tiennent à une exigence professionnelle ou au désir d'apprendre. Les recherches seront attentives aux **enjeux éthiques et juridiques**, notamment pour le respect de la vie privée.

L'enjeu est de savoir dans quelle mesure les avancées de la révolution numérique permettent d'apprendre tout au long de la vie en **réduisant les effets cognitifs du vieillissement** et du handicap, ainsi que **les inégalités socio-économiques et territoriales**. Le potentiel de transformation des systèmes éducatifs et des systèmes de formation est considérable, mais il convient de l'attester par des observations contrôlées et d'en mesurer les contraintes et les perspectives. Les projets sont invités pour ce faire à croiser les sciences et technologies du numérique avec d'autres disciplines : **psychologie, didactique des disciplines, linguistique, sciences de l'éducation, sociologie, géographie...**

**Apprendre avec le numérique** doit permettre de bénéficier tant des avancées des techniques numériques que des avancées en sciences de la cognition pour apprendre dans de meilleures conditions. Comment définir des parcours d'apprentissage intelligents, adaptés aux besoins de l'apprenant (**apprentissage adaptatif**) ? Comment suivre l'avancement individuel de chaque apprenant (**learning analytics**) ? Comment améliorer le souvenir à long terme (**utilisation de l'évaluation comme mode d'apprentissage**) ? Comment **évaluer** les solutions d'apprentissage médiatisés proposées ?

On pourra notamment travailler sur les **modélisations** des apprentissages, élaborer de nouveaux indicateurs, considérer le **rôle des communautés et réseaux** dans l'apprentissage... On pourra également explorer comment le numérique peut permettre de généraliser et de potentialiser des phénomènes contribuant aux **apprentissages tout au long de la vie, en distinguant** les effets sur la mémoire à long terme et la mémoire à court terme, que ce soit à l'école, dans le contexte professionnel ou dans les activités personnelles.

**Apprendre le numérique** est devenu indispensable, tant pour s'orienter dans les environnements numériques du quotidien (« **littératie numérique** ») que pour répondre aux **besoins de personnel qualifié** dans les métiers du numérique et dans les métiers qui « passent au numérique ». Un accent sera donc porté sur la formation au numérique et à l'informatique (notamment l'apprentissage du **codage informatique**), en particulier dès le plus jeune âge, ainsi que sur le développement d'une culture numérique chez les enseignants. Se posent donc les questions de didactique : comme enseigner le numérique ? Quelles sont les difficultés de transmission, de compréhension et d'utilisation des concepts informatiques dans les nouveaux enseignements par projets désormais inscrits dans les programmes d'enseignement (primaire, collège et lycée) ?

Une autre forme d'apprentissage du numérique est **l'expérience quotidienne des pratiques informationnelles et culturelles** à travers l'équipement massif, nomade et connecté, qui modifie les comportements et les valeurs. Des recherches articulant l'étude des pratiques numériques avec les autres dimensions de la vie sociale sont nécessaires, en particulier dans le champ de l'éducation où le mode d'organisation des institutions n'est plus en phase avec les évolutions sociales et culturelles imputables au numérique. Reste à savoir si l'autoproduction de contenus, l'ubiquité ou l'extension des réseaux sociaux ont réellement démocratisé le savoir, la culture et la création. Ont-elles compensé la chute de la lecture en renouvelant les formes d'expression ?

Les espoirs placés dans les cours massifs en ligne (**MOOC**) et, plus récemment, les cours pour effectifs réduits (**SPOC**) méritent eux aussi un examen attentif. Une étude du MIT pointe le faible taux de réussite : 5 % seulement des inscrits des MOOC avec certification achèvent le cycle. Mais les MOOC peuvent viser d'autres formes de validation de l'expérience et de la formation tout au long de la vie, ce qui conduit à s'interroger sur les formes du *e-learning* et du panachage (*blended learning*). L'évolution des MOOC n'est pas séparable des grandes reconfigurations à venir de l'enseignement supérieur et secondaire, qui appellent de nouvelles recherches. On s'interrogera également sur le coût des expériences de MOOC lancées en Europe et à l'étranger, leur **modèle économique**, leur aptitude à atteindre les **publics-cibles**.

### Création et partage des savoirs

Le numérique affecte directement la **création des savoirs scientifiques** : définition des objets, observation ou collecte des données, formalisation des hypothèses et des résultats, travail collectif, publication. Autour des sciences et technologies du numérique peuvent être mobilisées **l'épistémologie, l'éthique, les humanités et les sciences sociales**. On pourra étudier de quelle façon le traitement de données numériques conduit nombre de disciplines à réviser en profondeur leurs concepts et leurs méthodes. Ainsi, la **linguistique** face au traitement de la langue par les *Big Data*, **l'informatique théorique** comme discours formel sur les conditions du savoir, **l'analyse du discours** étendue aux controverses et aux argumentations grâce à l'enregistrement extensif des écrits et des paroles, ou encore **l'économie financière** avec le traitement de données en temps réel. La construction même des savoirs peut faire l'objet de recherches sur les procédés d'enregistrement, d'édition et de partage, autour des **sciences de l'information et de la communication**.

On pourra aussi s'intéresser à la concurrence ou la complémentarité entre l'écrit-numérique et l'écrit-papier, entre l'expérimentation et la simulation, entre l'observation directe et le travail sur des représentations construites à partir des données, entre la construction théorique et l'exploitation de masses de données par des techniques d'apprentissage statistique. Une question importante qui se pose avec le recours aux *Big Data*, est l'effet des dispositifs technologiques dans la préparation et la présentation des données sur la compréhension des phénomènes et sur l'intuition du chercheur. Autour des sciences et technologies du numérique peuvent ainsi être mobilisées **l'épistémologie, les sciences cognitives, l'éthique, les humanités et les sciences sociales**.

**La construction même des savoirs** peut faire l'objet de recherches sur les procédés d'enregistrement, d'édition et de partage. Plus particulièrement concernant les évolutions dans la diffusion de l'information scientifique, différents enjeux méritent d'être étudiés dont ceux des publications en *open access* et de la valorisation des données de la recherche. S'inscrit également dans cette perspective l'instauration de **nouveaux rapports entre chercheurs**, mais aussi **entre experts et profanes** via la libre disposition des résultats (sciences participatives, outils collaboratifs, plateformes...).

### Gestion du patrimoine

Sous l'influence des sciences et technologies du numérique, les professionnels et le grand public entretiennent de nouveaux rapports avec les objets patrimoniaux, culturels et de loisirs.

Les objets patrimoniaux (collections, sites, etc.) soulèvent de **nouveaux enjeux** à toutes les étapes du traitement : **acquisition, collecte, documentation, indexation, archivage, conservation, prêts, visualisation, accès et gestion**. Aux côtés des sciences humaines et sociales, les sciences et technologies du numérique sont mobilisables dans les recherches sur **la restauration et la préservation du patrimoine 2D/3D ou multimédia**. Par ailleurs, la capacité de mémorisation numérique multiplie le nombre de documents à valeur potentiellement patrimoniale. Comment s'assurer que les contenus soient correctement édités et restent intelligibles ?

Ce volet de l'axe conjoint ne concerne pas toutes les collections de données à numériser (voir pour cela l'axe 6 du défi 8) mais celles qui soulèvent des **problèmes complexes ou inédits de numérisation** : ensembles bâtis, paysages, documents audiovisuels, données interactives... L'objectif est d'harmoniser les bases de données, de les analyser et de les valoriser, en renouvelant **la conception et le traitement des données**.

Les porteurs de projets sont invités à se rapprocher de la **TGIR Huma-Num** (Très grande infrastructure de recherche des Humanités numériques), qui mobilise les réseaux de chercheurs en quête de bonnes pratiques (systèmes d'information géographique, reconstitution 3D de monuments, analyse de textures, etc.), entité elle-même affiliée au niveau européen à l'**ERIC DARIAH**. Sont concernés ici au premier chef les **musées** et les **archives audiovisuelles**, comme celles que l'**Institut national de l'audiovisuel (INA)** met désormais à la disposition des chercheurs : une telle mine de données requiert une collaboration étroite entre chercheurs en SHS et chercheurs en sciences et technologies du numérique ; elle offre l'occasion de renouveler les méthodes de traitement, d'annotation et d'indexation. Le fruit de ces travaux (annotations, enrichissement, métadonnées) seront en **libre accès** et mobilisables pour d'autres recherches. Les chercheurs intéressés par ce vaste corpus sont invités à se rapprocher de l'INA.

Face aux perspectives offertes par la révolution numérique, les **musées** doivent **repenser la gestion des collections**. Sous quelle forme les mettre à la disposition du public ? Comment les organiser et les documenter ? L'État peut-il appliquer ses normes de labellisation, d'inventaire ou de classement aux patrimoines matériels ou immatériels proposés par les usagers ? Comment les rapports entre **experts et amateurs** évoluent-ils dans ce contexte ? Qu'en est-il de la construction collaborative des œuvres en ligne ?

L'**accès au patrimoine**, notamment les pratiques des visiteurs, appelle des collaborations entre STIC et SHS. De nouvelles techniques d'enquête permettent désormais de **suivre au plus près le public dans sa visite des musées, expositions, sites ou manifestations** culturelles et artistiques, tout en décrivant sa diversité (âge, niveau d'instruction, nationalité, maîtrise des codes culturels, handicaps). Les expériences d'art-thérapie retiendront l'attention.



Les technologies numériques intégrées aux locaux des musées, à leurs portails web ou à leurs applications mobiles révolutionnent le **rapport du public aux collections**. Elles rendent possibles l'accès à distance et l'exploration de collections virtuelles. La médiation culturelle peut acquérir ainsi une nouvelle dimension à travers des expériences individuelles ou collectives, mêlant dispositifs nomades ou immersifs, réalité mixte et augmentée. Il en va de même pour **l'enseignement des arts et de leur histoire**, désormais enrichi d'une dimension interactive (cyber-musées). Il convient de mettre ces nouveaux procédés à l'épreuve et, si possible, d'anticiper leurs évolutions.

Rappel : les thématiques abordées dans cet axe sont ouvertes aux « recherches fondamentales », telles qu'elles sont définies plus haut, dans l'introduction au défi 8.

## Axe 8. Santé publique (axe conjoint avec le défi 4)

### Inégalités de santé : chaînes causales, politiques publiques, bases de données

Les recherches en santé publique se situent à la **croisée du défi 4 (« Vie, santé, bien-être ») et du défi 8 (« Sociétés innovantes, intégrantes et adaptatives »)**. Comme en 2016, l'ANR veillera à ce que les projets afférents soient évalués par un comité d'experts unique et interdisciplinaire.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, la recherche en santé publique doit identifier :

- les chaînes causales complexes qui font que les inégalités socio-économiques, de genre, environnementales ou culturelles se traduisent en mécanismes pathologiques et physiopathologiques et en différences de morbidité et de mortalité ;
- les processus par lesquels un choc de santé ou une pathologie chronique peuvent aggraver les inégalités socio-économiques ;
- la contribution des services de santé et de protection à la lutte contre ces facteurs.

D'autres objectifs en découlent comme :

- démêler les interactions entre les divers types de déterminants : génétiques, environnementaux, sociaux, comportementaux ou liés au système de santé ;
- définir et évaluer les interventions susceptibles de réduire les inégalités de santé et les facteurs de vulnérabilité ;
- mesurer la capacité des politiques publiques à améliorer l'efficacité et l'équité des services de santé, de la protection sociale et des systèmes d'assurance-maladie.

Ces objectifs multiples impliquent une **approche interdisciplinaire de l'exposition au risque**, alliant les sciences humaines et sociales aux sciences cognitives, biologiques ou médicales. Les chercheurs sont encouragés à exploiter les **grandes bases de données** et les **cohortes** existantes, qu'elles ciblent la population générale ou des pathologies spécifiques, sans exclure des développements qualitatifs en amont ou en aval ainsi que le recueil de données nouvelles.

### Thématiques

Les thèmes couverts sont vastes : **vieillesse** normal et pathologique (démence d'Alzheimer, maladie de Parkinson, etc.), **polypathologies**, **santé mentale** et troubles du comportement, pathologies développementales (troubles du spectre autistique, etc.), **addictions** et substances psychoactives, **handicaps** et restriction de l'activité et de la participation sociale au cours de la vie. En font partie également les **liens environnement/santé**, ainsi que la conception, l'évaluation et la diffusion des **innovations biomédicales**. En font partie aussi les progrès des sciences biologiques et des techniques médicales qui améliorent les thérapies, la prédiction et le diagnostic des maladies et de leurs facteurs de risque, ainsi que le transfert de ces approches biomédicales aux modes d'action du secteur social. Autre thème important : les **thérapies cognitives comportementales** dans la perspective d'une « médecine et prise en charge personnalisées ».

La question du **bien-être des personnes âgées, des personnes et enfants dépendants** et/ou atteints de pathologies lourdes, sans oublier leurs aidants (famille et personnel qualifié ou non qualifié) est importante, qui va de pair avec la réussite des politiques de santé et de prise en charge des personnes. On pourra également s'intéresser à la mise en place et à l'évaluation de **formations spécifiques pour les aidants** (notamment lorsqu'il s'agit de proches ou de personnel non qualifié).

Il serait pertinent d'étudier les tensions entre, d'une part, des **politiques ciblées sur les groupes vulnérables**, exclus de l'accès aux biens et services sanitaires et sociaux ou dotés d'un capital social faible, et, de l'autre, des **politiques de lutte plus globale contre les inégalités et les discriminations** dans l'ensemble de la population.

La montée en puissance du « **consumérisme** » en matière de services sanitaires et sociaux, liée à l'élévation des niveaux d'éducation et d'accès à l'information des populations devrait être interrogée ; elle peut alimenter des mouvements sociaux d'usagers et la revendication d'un plus grand partage de l'information et de la décision. Ainsi, de nouvelles pratiques informationnelles, y compris l'**auto-information des patients**, interpellent les politiques d'information mises en œuvre par les praticiens et les pouvoirs publics. Elles mettent également en cause les **politiques de veille sanitaire**.

On pourra s'intéresser, enfin, à la **diversification des pratiques de soins** (automédication, médecines « douces »...), qui va de pair avec la revendication d'une qualité de service, d'écoute et d'accueil, et d'un partenariat entre soignants et malades, entre intervenants et usagers.

Si l'aspect santé est prédominant dans le projet de recherche, les **incidences de la situation d'emploi et des conditions de travail sur la santé** sont à soumettre ici plutôt que dans l'axe Travail du défi 8.

Ont également leur place ici les recherches sur la santé des migrants, la santé en milieu carcéral, la santé des sans-abri, etc. — de façon générale, le lien entre **santé et précarité ou vulnérabilité**, sachant que la notion de « **vulnérabilité** » peut avoir des applications très diverses : âges critiques de la vie, absence de statut, marges sociogéographiques, exposition aux risques environnementaux, événements individuels ou collectifs à potentiel traumatique. Les registres concernés sont nombreux : économique, social, politique, environnemental, sans oublier la situation des pays en développement.

### Dimension éthique, juridique et philosophique de la santé publique

La recherche en santé publique ne peut ignorer les **principes de justice qui gouvernent l'accès aux soins** (ouvertement ou non) et entrent en tension avec les réalités économiques et sociales : offre inégale des territoires, capacité variable à mobiliser les réseaux personnels et les systèmes d'information, repli sur les médecines parallèles, couverture et partage des coûts (assurances, mutuelles, régimes spéciaux, CMU, AME), définition des priorités d'action entre les catégories de patients (selon les générations, la rareté ou la fréquence des maladies, les chances inégales de survie, etc.), sans oublier les **dilemmes** à résoudre au seuil de la vie ou en fin de vie, ainsi que dans les situations d'urgence ou de crise.

Tout au long de ces recherches, l'étude des **perceptions** et des **représentations** est essentielle (comme en témoigne le refus croissant de la vaccination ou les problèmes d'observance) et appelle une analyse objective des **débats et controverses** sur les questions de santé publique.

Rappel : les thématiques abordées dans cet axe sont ouvertes aux « recherches fondamentales », telles qu'elles sont définies plus haut, dans l'introduction au défi 8.

## DEFI 9 - Liberté et sécurité de l'Europe, de ses citoyens et de ses résidents

### COLLABORATIONS EUROPEENNES ET INTERNATIONALES

*Les thématiques 2016/2017 priorisées pour un support à l'international sont contextualisées ci-après et listées en complément dans les tableaux 1 et 2 du PA 2017. Ces listes étant susceptibles d'évoluer, les déposants qui souhaiteraient mener leurs projets à une échelle européenne ou internationale sont invités à consulter régulièrement le site de l'ANR pour en savoir plus sur ces partenariats et ces appels : <http://www.agence-nationale-recherche.fr>.*

### CHALLENGES

Ce défi est particulièrement concerné la **Challenge MALIN** (MAîtrise de la Localisation INdoor) : Appel à projets dans le domaine de la Localisation Indoor en situation critique lancé en partenariat avec la DGA. Par sa thématique, il est liaison thématique avec les défis 7 et 9.

La localisation précise d'agents d'intervention d'urgence (sécurité civile, pompiers...), de forces de l'ordre et de forces armées dans un milieu fermé et inconnu est une fonction opérationnelle de très grande importance mais difficile à remplir faute de technologies adaptées pouvant prendre en compte les exigences techniques (encombrement, consommation électrique, puissance de calcul, précision de localisation), les exigences technologiques (diversité de capteurs à intégrer pour assurer la mission) et les contraintes environnementales (absence ou mauvaise réception de signaux GNSS...).

Actuellement, il existe une multitude de systèmes de localisation indoor, en environnement collaboratif, pour des applications civiles « commerciales », utilisant par exemple des technologies à base de balises installées dans les bâtiments et émettant et réceptionnant des signaux radioélectriques (GNSS, WiFi, UWB, ...). Ces systèmes ne répondent pas au besoin de localisation des agents civils et militaires en opération dans des bâtiments tant sur les conditions d'utilisation que sur les performances attendues.

De nouvelles solutions déjà existantes en laboratoire pourraient répondre en partie à ces besoins, mais leurs maturités ne sont pas suffisantes pour qu'elles soient industrialisées. Dans le cadre d'une montée en maturité technique, la DGA et l'ANR ont imaginé la mise en place d'un challenge intitulé MALIN (MAîtrise de la Localisation INdoor)

Ce challenge mettra en compétition plusieurs équipes dont les solutions technologiques duales (civiles/militaires) proposées seront évaluées lors de démonstrations échelonnées sur 3 campagnes.

L'objectif du challenge est de progresser dans le domaine de la localisation indoor en environnement non collaboratif. Il doit permettre : i) d'évaluer par comparaison plusieurs architectures de solutions technologiques permettant une localisation dans des environnements complexes types bâtiment, sous terrain, sous-sol, métro, mine, tunnel, etc. sans disponibilité permanente des signaux GNSS (Global Navigation Satellite System) ; ii) de faire progresser l'innovation dans le domaine de la localisation autonome du fantassin pour les applications militaires et d'agent d'intervention pour les applications civiles ; iii) de traiter la problématique des transitions Indoor-Outdoor.

### INTERFACES :

*Ce défi couvre des sujets de recherche transversaux à d'autres défis. Il est indiqué ci-dessous dans quel(s) autre(s) défi(s) ces sujets sont traités afin d'orienter les proposants vers le défi le plus adéquat pour leur projet. Il est fortement recommandé de lire le(s) défi(s) dans son (leur) intégralité pour en connaître les contours précis.*

Pour ces sujets transversaux qui concernent largement plusieurs défis (y compris le **Défi 9**), le lecteur est invité à se reporter au paragraphe « **Multidisciplinarité, transversalités et interfaces** » (pages 39 à 42) dans lequel sont traités les domaines suivants : **Données massives (Big Data), Robotique, Capteurs, Biologie, Bioéconomie-Biotechnologies**.

Les autres interfaces du Défi 9 concernent les thématiques suivantes :

**Cybersécurité, protection des systèmes d'information, cryptologie, biométrie** : Les projets de recherche sur ces sujets, y compris les projets très amont et les preuves d'algorithmes cryptographiques, sont à déposer dans le **défi 9**. Toutefois, la sécurité et la sûreté de fonctionnement comme propriétés d'un logiciel ou d'une infrastructure de communication ou de calcul, quand la recherche porte sur les méthodes de spécification, vérification, validation ou démonstration, peuvent être abordées dans les axes 3 ou 7 du **défi 7**.

**Radicalisation violente** : La radicalisation violente replacée dans la question plus générale de l'intégration sociale relève du **défi 8**.

La **gestion de crise** (quelle que soit son origine) sur le plan opérationnel, organisationnel, logistique, économique, etc. relève du **défi 9**.

**Les risques naturels** et les origines possibles d'une crise (caractérisation de l'aléa et des facteurs de risques, outils et méthodes pour l'observation...), les systèmes prévisionnels, l'évaluation des menaces et les seuils d'alertes... relèvent du Défi 1.

Pour **les risques biologiques**, le Défi 9 est concerné uniquement par le management des situations à risque et la gestion de crise biologique (incluant les systèmes de détection spécifiques contre le bioterrorisme). Voir le texte Biologie dans le paragraphe « Multidisciplinarité, transversalités et interfaces » pour une orientation sur les autres aspects.

Pour la gestion des **risques industriels**, le Défi 9 est concerné uniquement par les projets de recherche dont les applications ou conclusions auraient un caractère transversal à plusieurs défis thématiques.

Pour la **gestion des risques liés aux infrastructures urbaines et aux transports**, les recherches traitant de problématiques globales intégrant la sécurité sans qu'elle soit la thématique principale relèvent du Défi 6.

#### COFINANCEMENTS POTENTIELS <sup>44</sup> DES PROJETS DU DEFI

Dans le cadre de ce défi, certains projets pourront être cofinancés par la DGA (Direction Générale de l'Armement) ou le SGDSN (Secrétariat Général pour la Défense et la Sécurité Nationale).

## Introduction

Les recherches relatives à la liberté et à la sécurité des citoyens européens et plus largement de ceux qui résident dans l'Union européenne reposent sur une approche intégrée de la gestion du risque physique et dans le cyberspace. Il s'agit de caractériser les menaces et les vulnérabilités, développer la prévention et la protection des biens et des personnes, mais aussi s'intéresser à la gestion des crises. C'est aussi analyser les instruments, y compris juridiques, participant à l'exercice des droits et libertés des personnes. Le champ du défi recouvre, sans s'y limiter, l'ensemble des recherches (qu'elles soient disciplinaires -et quelles que soient les disciplines- mais aussi les recherches pluridisciplinaires) pouvant contribuer à la clarification des missions régaliennes ou non régaliennes en matière de sécurité, à la définition des modalités de protection de toutes les infrastructures essentielles ou encore au rôle des opérateurs publics et privés indispensables

<sup>44</sup> On entend par cofinancement le fait que l'aide attribuée à un projet provienne pour partie de l'ANR, et pour partie d'un ou plusieurs partenaires co-financeurs de l'Agence.

au bon fonctionnement de la nation. Naturellement, ces aspects ne se conçoivent que dans l'affirmation de la garantie des droits fondamentaux<sup>45</sup>.

L'ensemble des problématiques évoquées est à envisager dans un contexte de déploiement accéléré de nouvelles technologies, notamment les technologies numériques qui offrent des opportunités pour les citoyens, les administrations et les entreprises mais créent aussi des vulnérabilités jusque-là inédites. Il convient, dès lors, de prendre en compte la mobilité toujours accrue des personnes, l'augmentation des flux de marchandises, la circulation des capitaux et celle des informations et autres données, quels que soient les réseaux utilisés.

Toute recherche intéressant la liberté et la sécurité des personnes en Europe doit être menée à partir d'une réflexion approfondie sur le risque, dans un contexte où la sécurité est associée à la perception et à la gestion des risques, aux responsabilités sociales et à leurs impacts. Le défi 9 s'attache donc **aux enjeux et aux conséquences** pour les organismes et institutions en charge de la sécurité, les professionnels des risques et les populations et ce, quels que soient les **risques envisagés**, qu'ils soient naturels (y compris les pandémies) ou d'origine humaine (intentionnels ou non).

Ce défi aborde donc la gestion des crises de toute origine et dans toutes ses dimensions (humaine, technique, organisationnelle...). Il emprunte alors nécessairement aux enseignements de la sociologie, de la science économique ou des disciplines juridiques aussi bien qu'aux recherches technologiques. Il concerne également la sécurité des personnes et la lutte contre le terrorisme et la criminalité, le secours aux personnes et la protection humaine, ainsi que les modalités multiformes de la recherche et de l'administration de la preuve. Il porte aussi sur la protection des infrastructures vitales et des réseaux ainsi que sur la protection des espaces maritimes, terrestres et aériens et de leurs frontières. Tous ces aspects, intègrent les impératifs du respect de la vie privée, la protection de la dignité humaine, et plus particulièrement la protection des données à caractère personnel dans un environnement technologique potentiellement intrusif.

Tous ces questionnements intéressant la liberté et la sécurité doivent être considérés aussi bien dans les environnements physiques que dans les environnements numériques (ce que l'on désigne communément par cybersécurité) et dans une approche intégrée où un système de sécurité combine nécessairement ces deux types d'environnements. Assurer la cybersécurité de l'Europe, de ses citoyens et de ses résidents nécessite la mise en œuvre de solutions relevant d'une recherche pluridisciplinaire. Par la nature même des enjeux abordés dans ce défi, une importance particulière doit être accordée dans tous les axes du défi au respect des règles éthiques et juridiques<sup>46</sup>.

Tous les types de recherche peuvent contribuer à relever ce défi. Des **recherches fondamentales ou très amont** sont nécessaires pour contribuer à la constitution d'un socle des connaissances. Que la finalité soit technologique ou pas, la recherche et l'innovation doivent souvent réunir, au sein d'une **démarche intégrée** associant les sciences de la nature et de l'environnement, les sciences du numérique, l'ingénierie, et toutes les sciences humaines et sociales. Pour tous les projets où cela est pertinent, l'implication d'utilisateurs concernés, prescripteurs<sup>47</sup> ou opérateurs<sup>48</sup>, est encouragée, ainsi que la prise en compte des besoins exprimés par la filière française des industries de sécurité<sup>49</sup> et d'autres filières d'importance vitale (notamment énergétique, traitement des eaux, transport, ...).

<sup>45</sup> Article 1er de la loi 78-17 du 6 janvier 1978 modifiée relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés.

<sup>46</sup> Règlement général sur la protection des données - 2016 - Règlement UE 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 17 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données et abrogeant la directive 95/46/CE (règlement général sur la protection des données), JOUE L 119/1 du 4 mai 2016.

<sup>47</sup> Prescripteur : autorité édictant des règles, normes, orientations relatives à la sécurité.

<sup>48</sup> Opérateur : organisation publique ou privée, produisant des biens ou des services et qui, à ce titre doit assurer la sécurité de ses usagers, clients, personnels, des citoyens et de l'environnement.

<sup>49</sup> tout particulièrement des orientations du comité de la filière des industries de sécurité (CoFIS, [www.cofis.fr](http://www.cofis.fr))

Ce défi est structuré en 5 axes :

1. Recherches fondamentales en lien avec le défi ;
2. Risques, gestion de crise quelle que soit son origine, résilience des systèmes ;
3. Sécurité des personnes et des collectifs ; lutte contre crime, le terrorisme et la radicalisation violente ;
4. Cybersécurité : liberté et sécurité dans le cyberspace, sécurisation des systèmes d'information, lutte contre la cybercriminalité et le cyberterrorisme ;
5. Protection des infrastructures et des réseaux d'importance vitale, surveillance des espaces souverains.

Les applications principales de la recherche dans ce défi sont définies en fonction des utilisateurs finaux des résultats de la recherche et concernent les axes du défi à l'exception de l'axe 1 où l'application principale est la création de nouvelles connaissances.

- Politiques publiques, normes, cadre juridique et sociétal
- Préparation et équipement des personnes et des organisations ; compréhension des comportements individuels et collectifs
- Technologie, équipements, systèmes, capteurs
- Systèmes d'information et de communication
- Méthodes et organisations

Les **3 orientations de la SNR concernant le Défi 9** du plan d'action 2017 de l'ANR sont les suivantes :

- Orientation n°39 : Prévention et anticipation des risques et des menaces
- Orientation n°40 : Approche intégrée de la gestion de crise
- Orientation n°41 : Résilience des systèmes de sécurité

## Axe 1. Recherches fondamentales en lien avec le défi

L'axe 1 est consacré aux recherches fondamentales ou très amont (TRL 1 à 2 pour la recherche technologique) et à la constitution d'un socle de connaissances. Il accueille des projets qui n'ont pas pour visée première des applications directes dans le champ de thématiques couvertes par les autres axes.

On s'intéresse ici aux frontières de la connaissance, à la compréhension des phénomènes, aux nouveaux concepts et outils, à la créativité et à l'évolution sociale en matière de sécurité. Les recherches prospectives à risque susceptibles d'introduire des ruptures technologiques ou d'apporter une forte innovation constituent une cible prioritaire de cet axe, en particulier à un niveau fondamental.

Pour les projets déposés dans cet axe, on attend néanmoins que les objets de recherche, les applications ou les finalités (même à long terme), soient clairement positionnés par rapport à au moins un des axes plus applicatifs (axes 2 à 5) du défi. Aucun champ disciplinaire n'est exclu sous réserve que cette condition soit vérifiée. La recherche interdisciplinaire est naturellement attendue, étant donné le caractère complexe des problématiques pouvant relever de ce défi.

On encourage également les recherches exploratoires visant à développer des stratégies ou des technologies qui permettront d'exploiter efficacement l'interdépendance entre les environnements physique et numérique afin de traiter les flux d'informations disponibles et d'en extraire les connaissances pertinentes pour les systèmes de surveillance, de protection et d'aide à la décision.

Les recherches fondamentales sont encouragées dans les trois grands domaines thématiques suivants (**les exemples donnés sont indicatifs, et ne se veulent en aucun cas limitatifs**) :

- les sciences humaines et sociales sont fortement encouragées et les propositions innovantes au profit de la composante humaine de la sécurité sont attendues. En

particulier, les recherches fondamentales dans ce domaine ayant notamment un impact sur les politiques publiques, sur des possibilités d'évolutions et de changements de comportements collectifs et individuels, ou sur l'investigation de nouveaux terrains, sont encouragées ;

- les sciences du numérique, y compris dans leur volet le plus amont et le plus prospectif, ont également un rôle central à jouer dans cet axe, notamment dans la réflexion générale sur la sécurité ;

- les sciences et technologies autres que les STIC sont enfin au cœur des problématiques de prévention, de surveillance, de gestion de crise et de résilience. Les propositions visant des ruptures technologiques et de nouveaux concepts d'emploi, sont plus particulièrement sollicitées.

## Axe 2. Risques, gestion de crise quelle que soit son origine, résilience des systèmes

L'enjeu de cet axe est de proposer des approches, ou de tester sur des cas concrets, des méthodes et outils pour, d'une part, mieux diagnostiquer et comprendre les situations à risque, prendre en compte des lanceurs d'alertes, discerner les tentatives d'influence et d'autre part pour anticiper, prévenir et gérer les crises et leurs conséquences.

### Connaissance et anticipation des risques et des menaces

On s'intéressera ici à des **systèmes** techniques, sociotechniques ou organisationnels qui, s'ils sont perturbés, sont susceptibles de menacer la sécurité des biens et des personnes ou de générer une crise. L'enjeu est l'intégration des questions de sécurité à tous les stades de la vie des systèmes, de leur conception jusqu'à leur démantèlement, et dans toutes les dimensions (techniques, humaines, organisationnelles, juridiques...) et à tous les niveaux (local, national, européen ou international) pour les technologies émergentes.

Il conviendra de **proposer des méthodologies, des modes d'organisation et des outils d'aide à la décision**, y compris basés sur des modélisations ou sur l'analyse des mégadonnées...). Un effort important sera porté sur la prise en compte des facteurs humains et organisationnels. On pourra faire appel par exemple à des analyses de la psychologie sociale et des sciences du comportement ou proposer des études méthodologiques et des outils qui permettront d'évaluer l'impact juridique et économique de la mise en place de solutions de sécurité. On pourra également s'intéresser aux processus juridiques d'élaboration des normes. Des approches traitant de la sécurité et de la sûreté de fonctionnement ainsi que de la continuité d'activité des systèmes sont également encouragées.

### Approche intégrée de la gestion de crise

Il s'agit ici de prévenir les crises et, lorsqu'une crise est avérée, d'en minimiser l'impact et la durée. On s'intéresse donc à la préparation et à l'équipement des personnes et des organisations en charge de répondre à une crise dès son déclenchement, depuis la détection des signaux précurseurs jusqu'au retour à la normale (résilience), ainsi qu'à l'information, à la participation et aux réactions des personnes directement concernées et du public.

On s'intéressera en particulier aux systèmes et aux processus de partage d'information et d'aide à la décision qui serviront au retour d'expérience et aux éventuelles enquêtes. Cela vise notamment le développement de la modélisation et la simulation des phénomènes critiques, la capacité d'acquérir et de traiter en temps réel des données hybrides et multi-sources pour l'élaboration d'outils d'aide à la décision fondés sur une évaluation des menaces et des vulnérabilités, dotés d'une interaction humains/système appropriée. L'utilisation de « jeux sérieux » pourra être envisagée en support à la modélisation des crises et pour l'entraînement des personnels concernés.

Cette thématique couvre également la prise en compte des personnes impliquées dans la crise, que ce soit comme victimes ou comme relais d'information notamment grâce aux réseaux sociaux. Elle concerne aussi la communication de crise vers le grand public et les informations remontant aux autorités, la diffusion et la transparence de l'information, l'organisation de processus collaboratifs de vigilance, de suivi de la situation, de secours, d'évacuation et d'intervention.

### **Résilience des systèmes, retour à la normale et analyse du retour d'expérience**

On s'intéresse ici au déroulement et à la gestion de la fin de crise, de l'après-crise et des conséquences. Il s'agit de traiter les problèmes qui subsistent ou qui apparaissent lorsqu'on n'est plus dans la crise et dont les effets sont prévisibles à plus ou moins long terme. A titre d'exemple, on pourra proposer des études sur la situation de l'état d'urgence français

A relativement court terme, il existe des enjeux logistiques, mais aussi d'accompagnement et de suivi des personnes impliquées dans les désastres, en termes psychologiques, sanitaires, sociaux, juridiques ou financiers : personnes déplacées, séparées, trauma. Pour le moyen à long terme, on s'intéressera au développement de méthodes et d'outils d'analyse de retour d'expérience, ainsi qu'aux études sur les catastrophes, et à leur mise en œuvre pour comprendre, prévenir, mieux gérer ou atténuer un certain nombre d'effets des crises futures.

Bien que l'intégration d'une capacité de résilience dès la conception de systèmes susceptibles de générer une crise fasse partie de l'anticipation, la mise en œuvre de cette résilience soulève ses difficultés propres, notamment dans le cadre des *systèmes complexes interconnectés*. Des outils tels que la théorie des réseaux, l'analyse des processus décentralisés peuvent être mobilisés, notamment pour évaluer, par anticipation, la résilience des systèmes sociotechniques face à différents types de risques de crise. La comparaison des dispositifs proposés avec ceux déployés dans d'autres pays constituera un atout pour mieux juger de leur applicabilité.

Même lorsqu'on n'anticipe pas de risques de crises, la prévention des risques au sein d'un système technique ou sociotechnique nécessite une approche globale du fonctionnement croisant plusieurs approches, dont par exemple les implications assurantielles. C'est le cas en particulier lorsque l'introduction d'une nouvelle technologie est susceptible de générer de nouvelles vulnérabilités dans un système qui était réputé sûr.

Par exemple dans le secteur agro-alimentaire, plusieurs points méritent des travaux particuliers de définition d'outils permettant : un contrôle plus efficace des camions, prestataires et visiteurs lors des accès aux sites de l'entreprise du secteur, un meilleur suivi des flux de transports (surveillance, tracking, protection...), de garantir l'authenticité et l'intégrité d'une marchandise et une meilleure traçabilité des marchandises.

## **Axe 3. Sécurité des personnes et des collectifs ; lutte contre le crime, le terrorisme et la radicalisation violente**

Cet axe est consacré à la lutte contre tout ce qui peut porter atteinte à la sécurité des personnes, des biens et des organisations.

### **Liberté et sécurité des personnes, protection des droits**

Cette thématique recouvre tout ce qui concerne la préservation de la sécurité et des droits et libertés fondamentales des personnes face aux risques. Elle recouvre également l'organisation des secours, la préparation et l'équipement des personnes et organismes qui interviennent dans la prévention des risques et dans le rétablissement des conditions de sécurité, notamment la protection des primo-intervenants.

On encourage également l'analyse et la conception de nouveaux outils permettant d'allier la puissance de la technologie à la sécurisation de l'anonymat dans le respect des principes juridiques (traitement de données en grand volume et/ou fortement hétérogènes).



## Lutte contre les processus de radicalisation violente

On s'intéresse ici à tous les dispositifs qui permettent de prévenir, surveiller, analyser et contrer la radicalisation violente d'individus ou de groupes d'individus. On peut citer par exemple l'analyse des contextes sociaux, culturels et géopolitiques favorisant les trajectoires de radicalisation, l'analyse des discours et argumentaires, les stratégies et politiques de prévention et de déradicalisation. Il s'agira de développer des méthodes générales pour la détection de comportements potentiellement à risques ou extrêmes y compris par la perception et l'analyse des signaux faibles, dans le respect des droits et libertés fondamentales. Tous les types de radicalisation menant à des actions violentes sont à prendre en compte.

On encouragera les recherches destinées à améliorer la prévention des comportements potentiellement dangereux, à développer la protection des personnes la capacité des acteurs à repérer les vulnérabilités encore inconnues, les facteurs de risques non identifiés, les signaux faibles, les risques émergents. On pourra également proposer de développer des outils de détection d'événements rares ou de signaux émergents dans un flux de données etc.

## Lutte contre la criminalité et contre le terrorisme

L'objet de recherche concerne la lutte contre les activités terroristes (incluant l'utilisation de moyens NRBC-E<sup>50</sup>), la petite criminalité ou la criminalité organisée. Il concerne également la mise en évidence et la sauvegarde de traces et d'indices pour l'administration et la recevabilité de la preuve lors d'enquêtes judiciaires.

Les recherches pourront s'orienter vers la collecte et le traitement d'indices et éléments retrouvés sur des scènes de crimes ou lieux d'investigation, vers des moyens d'investigation de terrain pour traiter à chaud tout support numérique y compris quand ceux-ci sont chiffrés, le développement de systèmes autonomes ou télépilotes, de moyens de contrôles aux frontières ou de contrôles d'identité fiables et rapides permettant d'automatiser les processus de contrôle et de vérification sans forcément les systématiser, l'analyse et la veille des réseaux sociaux et de *l'internet profond*. Les recherches pourront aussi porter sur l'analyse des flux financiers cachés et la détection des signaux faibles, les analyses sémantique et linguistique du discours, la détection et le suivi des adresses IP éphémères, la corrélation des données numériques multi sources (audio, vidéo, localisation, sms, métadonnées, etc.).

**Les recherches doivent permettre d'évaluer les menaces et d'analyser leurs impacts dans tous les domaines.** Le volet de prévention et d'identification des risques et des menaces couvre également les nouvelles techniques de surveillance et d'alerte. Les échanges avec les citoyens tels que des appels à témoins ou des signalements peuvent être pris en compte. Les projets peuvent notamment concerner la détection des signaux faibles dans un flux de mégadonnées, les analyses comportementales, le traitement des contenus (parole, vidéo-surveillance, traces de déplacements, données de sources ouvertes ou également accessibles aux autorités régaliennes), tout en protégeant les droits et libertés fondamentales, lors de la collecte d'informations.

**Étant donné les risques que les contrefaçons de nourriture, de médicaments, de tabac et autres biens de consommation courante font peser sur la sécurité (alimentaire, sanitaire, ...) des personnes, les moyens permettant d'assurer la traçabilité des biens de consommation courante font également partie des solutions à développer dans le cadre de cet axe.**

Les enjeux de la lutte contre la criminalité et le terrorisme appellent **le développement de recherches sur les moyens facilitant l'organisation et le fonctionnement des forces de l'ordre (équipements)**. Ils appellent aussi des recherches sur les politiques publiques relatives à la surveillance et à la protection, et sur leurs conséquences juridiques. On s'intéressera aussi **aux dispositifs qui permettent l'identification** des auteurs et leur

<sup>50</sup> Nucléaire, bactériologique, chimique et explosif

poursuite ainsi qu'aux réparations des dommages aux personnes et matériels.

## **Axe 4. Cybersécurité : liberté et sécurité dans le cyberspace, sécurisation des systèmes d'information, lutte contre le cyberterrorisme**

Dans cet axe, on s'intéresse en priorité aux risques, menaces et vulnérabilités liés à la dépendance aux technologies numériques de nos sociétés très interconnectées. Sont notamment concernées les recherches en cryptologie, biométrie, authentification, virologie, sécurité des systèmes d'information, mais aussi en droit, économie, sciences du comportement, sociologie...

### **Protection des dispositifs et systèmes d'information**

Il s'agit de proposer des approches innovantes afin de couvrir les besoins en protection des systèmes d'information et de tous les dispositifs qui produisent, traitent et stockent des informations sensibles. Ces propositions viseront à assurer la protection des citoyens, des institutions, des infrastructures, des réseaux et des patrimoines matériels et immatériels. Les objets de recherche considérés pourront aller de la sécurité du composant élémentaire (y compris cryptographique) aux politiques de sécurité d'un système de systèmes interconnectés, en passant par la protection des données numériques, sans oublier les facteurs humains et organisationnels. On s'intéressera aussi à la cybersécurité des instruments de l'e-administration (démarches administratives, dispositifs personnels tels que la carte vitale ou l'identité numérique, ...), de l'e-démocratie (vote électronique)<sup>51</sup>. On n'oubliera pas les technologies de sécurité pour les composants et systèmes de l'internet des objets ou pour la sécurisation de l'informatique en nuage (*clouds*).

On encouragera, lorsque c'est pertinent, la transparence des solutions, par exemple l'utilisation d'un code source libre vérifiable, comme facteur de confiance et de réduction des vulnérabilités par effet de mutualisation.

Les projets pourront concerner la sensibilisation, la formation pluridisciplinaire des acteurs de la cybersécurité, ainsi que les outils d'assistance à la maîtrise des solutions de sécurisation.

### **Cybersécurité des infrastructures, des réseaux physiques, des équipements et des objets**

La part croissante des technologies numériques dans le fonctionnement des systèmes, équipements, infrastructures et réseaux physiques génère de nouvelles vulnérabilités. Ici, le risque considéré n'est pas le simple vol de données, mais la modification des codes ou l'injection d'informations erronées pouvant mener à des situations critiques. Ce risque est augmenté par les interconnexions avec, par exemple, des dispositifs d'optimisation (compteurs intelligents) ou de façon plus générale par les applications autour des objets connectés.

On s'intéressera donc à la caractérisation et à l'évaluation des effets des scénarii de risques ou de menaces via des canaux numériques, aux méthodologies de conception de systèmes sécurisés concourant à généraliser une démarche systématique de la prise en compte de la sécurité et de la protection de la vie privée dès la conception, notamment pour les systèmes de commande industriels de type SCADA ou encore des véhicules connectés, pilotés ou autonomes susceptibles d'interagir avec des infrastructures ou des réseaux.

---

<sup>51</sup> Règlement (UE) n° 910/2014 du Parlement européen et du Conseil du 23 juillet 2014 sur l'identification électronique et les services de confiance pour les transactions électroniques au sein du marché intérieur et abrogeant la directive 1999/93/CE - entrée en vigueur le 1er juillet 2016. *JOUE* L 257/73 du 28 août.2014.

## **Lutte contre la cybercriminalité et lutte contre le cyberterrorisme**

On s'intéresse ici à la lutte contre les usages des technologies numériques au profit d'activités illicites ou portant atteinte au fonctionnement régulier des institutions publiques, à celui des entreprises et aux personnes. Il s'agit de proposer des solutions pour lutter contre la montée en puissance des infractions et attaques contre les systèmes d'information et de communication. Les recherches devront permettre d'évaluer les menaces et d'analyser leurs impacts. Elles traiteront des méthodes, moyens et outils permettant de lutter contre les activités criminelles ou terroristes. Les projets peuvent notamment concerner la détection des signaux faibles dans un flux de données massives, l'analyse comportementale, le traitement des contenus du web (réseaux sociaux, sites d'annonces en ligne, ...), la virologie, la lutte contre les malwares..., dans le strict respect de l'éthique et des règles juridiques applicables. La recherche sur les enjeux de l'informatique offensive pourra être envisagée particulièrement en sciences humaines et sociales et dans le strict respect des interdictions juridiques existantes.

## **Lutte contre les violences et la radicalisation dans le cyberspace**

L'anonymat permis par le web encourage parfois des comportements contraires au droit et à l'éthique autres que ceux relevant du terrorisme ou de la criminalité. On peut s'intéresser aux moyens de lutter contre ces comportements qui peuvent être le fait de groupuscules n'agissant que dans le cyberspace. Étant donné le caractère international du web, les moyens d'action sont limités. Néanmoins, on peut chercher des moyens de prévention, en termes techniques ou sous forme d'actions de sensibilisation, pour promouvoir un comportement éthique sur le web.

## **Protection des droits et libertés fondamentales dans le cyberspace :**

La recherche doit être au service de la définition d'un cadre de confiance qui permette aux entreprises et aux organisations d'innover et d'offrir des produits et services qui répondent aux demandes des consommateurs, aux besoins de la société. Ce cadre de confiance doit passer tout autant par l'intégration des enjeux éthiques et juridiques dans tous les projets de recherche ayant une visée sécuritaire (évaluation éthique, intégration de la protection de la vie privée dès la conception) et par des projets de recherche consacrés au pouvoir d'agir des citoyens (information, maîtrise et contrôle).

En particulier, on encouragera des recherches, combinant les savoirs technologiques et les savoirs des sciences humaines et sociales sur les moyens de faire en sorte que la personne garde la maîtrise de ses données et de ses échanges (décentralisation des données, chiffrement, techniques d'anonymisation, outils de maîtrise et de portabilité des données).

## **Axe 5. Protection des infrastructures et des réseaux d'importance vitale ; surveillance des espaces souverains**

### **Protection des infrastructures d'importance vitale et des réseaux**

La vulnérabilité des infrastructures d'importance vitale et réseaux s'est considérablement développée sous l'effet conjugué de l'accroissement des capacités de nuisance, de la multiplication des cibles potentielles, de la médiatisation des attaques et du vieillissement des systèmes de protection. Il importe donc de fournir une réponse de sécurité globale organisée autour d'une appréciation précise et prospective des menaces et de leurs conséquences, des vulnérabilités et des mesures à mettre en œuvre.

Cette thématique concerne l'étude et la réduction de la vulnérabilité des infrastructures critiques et des réseaux physiques (ainsi que des services associés), notamment liés à l'énergie, à l'approvisionnement en eau, aux transports, aux télécommunications. On s'intéressera aussi aux interdépendances entre ces infrastructures et avec d'autres infrastructures, notamment pour améliorer la prévention et la gestion des sinistres en cascades (effets dominos). Cette thématique concerne également les recherches sur les installations sensibles et la combinaison des risques naturels et technologiques (natech).

L'objectif est ici d'anticiper les menaces et les vulnérabilités et de proposer des recherches liées à la prévention des situations de risques et à la protection contre leurs conséquences. La gestion de crise résultant de l'occurrence de telles situations correspond à l'axe 2.

Les projets de recherche peuvent concerner la caractérisation et l'évaluation des effets des scénarii de risques ou de menaces et la protection contre tout type de risques ou de menaces.

L'intégration de la sécurité doit être pensée dès la conception. Ainsi, le développement de **bâtiments sûrs et intelligents pourrait être une réponse appréciable**. Les systèmes de sécurité doivent être aussi conçus dans une démarche dynamique pour s'adapter au niveau de la menace ou à l'ancienneté de l'infrastructure. **Les cibles potentielles** doivent être entendues au sens large et doivent intégrer les patrimoines matériel, immatériel et humain. Enfin l'adaptation des socles juridiques et normatifs liée aux enjeux de sécurité contemporains et futurs doit aussi enrichir les recherches effectuées dans le cadre de cet axe.

Quels que soient les sites concernés, les besoins de sécurité sont génériques : il importe de contrôler, localiser et protéger les personnes et les biens dans un environnement réel ou numérique, les deux étant intimement liés. Si les besoins sont génériques, il y a lieu de considérer l'environnement de l'infrastructure pour optimiser la solution en termes de complexité dans une démarche d'équilibre entre les moyens techniques, les moyens humains et les doctrines. En particulier, certains besoins fonctionnels méritent une attention particulière : la protection active ou passive des sites contre les agressions ; l'identification d'une personne et le contrôle de l'exercice des droits octroyés afin de détecter les comportements anormaux ou frauduleux ; la détection, la localisation et le suivi d'un individu, coopératif ou non, dans une zone sous contrôle (close ou étendue) pour déceler les comportements anormaux ou dangereux et permettre d'anticiper les réactions ; la détection de matières explosives et de dispositifs illicites lors de la construction d'infrastructures et durant leur exploitation ; l'optimisation des contrôles d'accès des personnes (sites sensibles, frontières,...) en les fluidifiant tout en maintenant le niveau de qualité de détection ; la sécurisation des approvisionnements indispensables pour les sites critiques ; l'enregistrement des données des centres de supervision à des fins de judiciarisation ; la mise au point d'outils permettant pour chaque solution, d'évaluer son propre niveau de protection et de sécurité et de conduire des études d'impact (d'un événement ou d'une modification) ; la surveillance permanente à distance par des moyens automatiques (analyse d'images, de scènes ou de mouvements) ou télécommandés (robots), l'analyse des risques, naturels, technologiques et humains ainsi que leur combinaison doivent être un champ privilégié des projets de recherche qui doivent alimenter des propositions de réponses préventives.

### Surveillance des espaces maritimes, terrestres et aériens

Cette thématique concerne l'étude des menaces et la gestion de la sécurité liées à des flux humains, matériels (chaîne logistique) et immatériels, **dans les espaces maritimes, terrestres et aériens et via les interconnexions entre ces différents espaces**. Elle concerne aussi les outils permettant d'améliorer le suivi et la traçabilité des mouvements des personnels au sein des différentes zones et la détection de déplacements suspects de personnes, véhicules, navires, aéronefs et drones au sein des différentes zones et dans le respect des règles juridiques en vigueur (notamment pour le respect de la vie privée et l'information du public).

Des thèmes tels que la lutte contre tous les types de trafics, la piraterie et autres activités illégales sont inclus. Les recherches peuvent couvrir des problématiques technologiques (tout type de capteurs y compris spatiaux et algorithmes associés, corrélation d'événements, moyens d'intervention...) et/ou relevant des sciences humaines et sociales (droit, sciences politiques et de gestion...). Une attention particulière sera portée aux évolutions géopolitiques et réglementaires nationales, européennes et internationales.

**Concernant les expressions de besoins spécifiques à la sécurisation des plateformes aéroportuaires** et particulièrement les liens avec son environnement (dont les liaisons intermodales), des études globales des risques sont nécessaires prenant en compte les voyageurs, les bagages en soute ou à bord et les personnes accompagnant. Ces études permettront de définir les besoins technologiques pour répondre aux concepts de frontières intelligentes et de sécurité invisible.

**Concernant les expressions de besoins spécifiques aux espaces maritimes**, plusieurs points méritent des travaux particuliers de définition d'outils permettant : i) une surveillance plus fine, plus étendue et plus agile des espaces maritimes ; ii) une identification et une détection automatique ou semi-automatique : des comportements suspects dans les ports, autour des navires et des infrastructures offshores ; d'objets suspects sur un navire ou perdus au fond des mers ; des navires présentant un comportement suspect ; iii) un contrôle plus pertinent des équipages et des passagers lors des accès à bord ou au port ; iv) un contrôle plus ciblé et plus rapide des marchandises lors des arrivées au port ; v) un contrôle plus efficace de l'intérieur des conteneurs lors des arrivées au port.

Il s'agit aussi : i) d'empêcher à des attaquants de monter à bord d'un navire et de rester en sécurité lorsque des attaquants sont à bord ; ii) de se protéger contre les bombes cinétiques ou les kamikazes, de détecter, de se protéger et de neutraliser des nageurs malveillants ; iii) de mieux protéger les câbles sous-marins de télécommunications.



## **G. Annexe : Description des orientations prioritaires de recherche définies dans la Stratégie nationale de recherche (SNR) en lien avec les défis sociétaux du PA 2017 de l'ANR**





## **DEFI 1**

### **Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique**

#### **ORIENTATION 1 / Suivi intelligent du système terre**

Le suivi du système terre devra s'intensifier avec la mise en œuvre de dispositifs innovants et pérennes (infrastructures, capteurs, modèles, grandes masses de données) pour mieux connaître son fonctionnement et être en mesure de développer des services pour le monde économique et les politiques publiques (notamment informations climatiques et données environnementales en temps réel). Les nouveaux dispositifs d'observation et d'expérimentation seront intégrés dans des réseaux européens et/ou internationaux. Ils seront déployés au sol ou bien embarqués sur les flottes océanographique et aérienne, les infrastructures satellitaires, voire sur de nouvelles flottes à développer (drones...).

#### **ORIENTATION 2 / Gestion durable des ressources naturelles**

L'étude des ressources naturelles doit dépasser la vision en silo et disciplinaire des écosystèmes, de la biodiversité, de l'eau, des sols, des ressources du sous-sol, et des territoires, pour développer une vision plus globale. La recherche doit être renforcée sur l'analyse coût-bénéfice de l'exploitation des ressources, intégrant les effets sur l'activité économique et l'emploi, comme les effets sur la santé, l'environnement et la biodiversité. Elle doit viser un inventaire national actualisé des ressources « critiques », minérales et énergétiques, avec une vision de leur disponibilité, de leurs usages et des éventuels conflits d'usage.

#### **ORIENTATION 3 / Évaluation et maîtrise du risque climatique et environnemental**

Le dérèglement climatique associé à la densification de l'occupation des sols et l'augmentation des populations rend la prévision des aléas climatiques et environnementaux insuffisante pour évaluer et maîtriser les risques : il faut renforcer notre compréhension de l'impact de ces aléas, par des recherches intégrant le couplage des risques naturels, technologiques et industriels. Il s'agira de documenter les zones à risques et d'évaluer les impacts d'un événement hydro-climatique ou toxicologique dangereux, de développer les services de prévision pré-opérationnels et de valider de nouveaux tests toxicologiques et écotoxicologiques. Il sera également nécessaire d'étudier l'adaptabilité des écosystèmes et d'analyser l'impact économique de leur dégradation.

#### **ORIENTATION 4 / Éco et biotechnologies pour accompagner la transition écologique**

La recherche sur les éco et biotechnologies devra être encouragée afin de contribuer au développement d'industries à faible impact environnemental (faible utilisation des ressources, meilleure efficacité, technologies curatives). En particulier, l'analyse de cycle de vie constituera un socle méthodologique à affiner pour l'adapter aux questions particulières des écosystèmes et de leur gestion.

#### **ORIENTATION 5 / Le « laboratoire » littoral**

Le littoral fournit un laboratoire naturel où se concentrent de nombreux risques d'origine naturelle ou anthropique, avec des enjeux liés aux ressources du sous-sol, aux ressources primaires biologiques, à l'énergie et au transport, au développement de l'urbanisme, à l'aménagement du territoire et au tourisme, à la préservation du patrimoine naturel et culturel. Il s'agira en particulier de soutenir la collecte d'informations et la construction d'outils de modélisation et de scénarisation sur le continuum terre-mer permettant de mener des recherches sur l'interaction de ces différents risques.

## DEFI 2

### Une énergie propre, sûre et efficace

#### **ORIENTATION 6 / Gestion dynamique des systèmes énergétiques**

---

Les sources d'énergie renouvelable de plus en plus nombreuses, diversifiées et localisées, nécessitent une recherche sur les moyens d'intégration efficace et dynamique de ces énergies dans les réseaux de distribution, grâce à des solutions techniques combinant de façon optimale les sources d'énergie « bas carbone », souvent irrégulières, avec des sources d'électricité programmables. Cela suppose de développer différents vecteurs énergétiques, les technologies de stockage et de conversion, ainsi que des réseaux d'énergie intelligents et sûrs permettant de distribuer l'électricité au niveau local, comme de la transporter via les grands réseaux européens.

#### **ORIENTATION 7 / Gouvernance multi-échelles des nouveaux systèmes énergétiques**

---

Il s'agira de s'interroger sur les besoins d'évolution des politiques locales, territoriales, nationales et européennes, sur l'évolution de la régulation des marchés, pour concevoir une gouvernance efficace et équitable prenant en compte un nombre croissant de petits producteurs. Pour cela, il sera nécessaire de travailler à l'optimisation des interfaces entre les différentes échelles, du local au global. Les modes de gouvernance prendront en compte la gestion des énergies au niveau du territoire et leur articulation avec le national, ils devront inclure les coûts des systèmes énergétiques et anticiper les impacts sur les entreprises et les particuliers.

#### **ORIENTATION 8 / Efficacité énergétique**

---

Les efforts de recherche et d'innovation doivent être poursuivis pour limiter les besoins énergétiques dans les secteurs du bâtiment, des transports et des systèmes productifs. Pour être efficaces, les solutions développées devront combiner différentes technologies innovantes (nouveaux isolants, récupération de chaleur, optimisation des moteurs, compteurs intelligents...), une évolution des comportements d'acteurs, des logiques collectives et des dispositifs d'incitation et de diffusion.

#### **ORIENTATION 9 / Réduction de la dépendance en matériaux stratégiques**

---

Réduire le besoin et l'usage des matériaux stratégiques pour les systèmes énergétiques passe par la mise en place d'une réflexion sur la chaîne allant de leur extraction à leur recyclage en passant par leur utilisation. Il faudra regrouper les compétences sur ces trois volets afin de soutenir l'émergence d'une filière durable (méthodes de production et de recyclage innovantes et propres). Cela supposera notamment d'étudier les comportements de ces matériaux sous sollicitations multiples, de trouver des matériaux de substitution, d'optimiser les rendements et les durées de vie.

#### **ORIENTATION 10 / Substituts au carbone fossile pour l'énergie et la chimie**

---

La production de biocarburants et les applications issues de la chimie biosourcée n'en sont qu'à leur début. Pour que ces filières de substitution soient durables, il faudra rompre avec des raisonnements de spécialité et penser le procédé chimique ou le biocarburant à la lumière des applications concurrentes, de l'échelle (locale ou non) à laquelle la ressource et le produit sont mobilisés et utilisés, de ses conditions d'obtention, des possibilités de recyclage du produit, de l'existence d'autres matériaux de substitution.

## **DEFI 3**

### **Le nouveau industriel**

#### **ORIENTATION 11 / Usine numérique**

---

L'utilisation des outils numériques dans l'industrie a été génératrice de gains d'efficacité majeurs, que ce soit en ingénierie de la conception, pour le pilotage des dispositifs de production, ou grâce à un partage plus fluide de l'information. Il s'agira de poursuivre cette dynamique par des recherches sur l'usage du numérique pour améliorer l'efficacité de l'ensemble des fonctions de l'usine et de ses interactions avec les partenaires extérieurs, dont potentiellement les clients finaux. Ces efforts de recherche devront s'intégrer dans une vision globale du processus de production, pour assurer une chaîne cohérente et collaborative de la conception au produit fini.

#### **ORIENTATION 12 / Usine verte et citoyenne**

---

Dans un monde de ressources rares et de plus en plus chères (énergie, matière première, eau, air, sol...), l'usine du futur devra être économe et responsable. La recherche visera à concevoir des systèmes industriels intégrés de gestion de l'énergie, des matières premières et des risques. Ces systèmes s'inscriront dans une logique d'économie circulaire et d'éco-conception, en prévoyant l'économie des matières premières, le recyclage des rejets d'un procédé en vue d'un autre usage, et les matières de remplacement pour les ressources non durables.

#### **ORIENTATION 13 / Procédés de fabrication flexibles, centrés sur l'homme**

---

Il s'agira d'inventer et de déployer à grande échelle des modes de fabrication flexibles, capables de s'adapter aux besoins des clients, ainsi que des systèmes de contrôle des dispositifs de production simples et ergonomiques (coopération homme-machine, cobotique industrielle). Ce nouveau domaine nécessite de faire collaborer les chercheurs en sciences de l'ingénieur et les chercheurs en sciences humaines et sociales sur l'organisation des systèmes de production et l'ergonomie.

#### **ORIENTATION 14 / Conception de nouveaux matériaux**

---

Les produits du futur seront de plus en plus complexes, associant différents matériaux permettant de combiner chaque avantage spécifique dans le produit final (légèreté, conductibilité, résistance, dureté...). À la diversité croissante des composants de base s'ajoutent des combinaisons de plus en plus variées. Les procédés de mise en forme et de mise en œuvre de ces multi-matériaux (technologies d'assemblage, fabrication additive, poudres, traitements de surfaces...) représentent donc un enjeu majeur. Il conviendra également de caractériser ces nouveaux matériaux, de les valider et d'évaluer leur vieillissement et leur tolérance aux dommages.

#### **ORIENTATION 15 / Capteurs et instrumentation**

---

Il n'y a pas de machine ni de produit intelligent sans mesure physique fine, fiable et à coût économique acceptable. Cette orientation visera à soutenir le secteur de l'instrumentation et de la métrologie, très en pointe en France, pour répondre aux nouveaux besoins d'innovation de l'industrie. Les recherches consisteront principalement à concevoir et produire des micros capteurs, à les intégrer dans les matériaux et les procédés, ainsi qu'à imaginer et développer des systèmes de collecte et de traitement haute performance des données recueillies.

## **DEFI 4**

### **Vie, santé et bien-être**

#### **ORIENTATION 16 / Analyse multi-échelle de la diversité et des évolutions du vivant**

Il s'agit d'identifier, de quantifier et de formaliser les propriétés de l'ensemble du vivant à différentes échelles (de la molécule aux populations) en faisant appel aux mathématiques, à la physique, la chimie, l'informatique et aux sciences humaines et sociales. L'enjeu est d'étudier les fonctions biologiques élémentaires et les différents niveaux d'intégration de ces fonctions au sein des systèmes biologiques. Ces études s'appuyant sur la diversité des modèles expérimentaux bénéficieront, en particulier, au développement de la biologie de synthèse et de la biologie des systèmes et contribueront à ouvrir des voies originales dans les domaines industriel, environnemental et médical.

#### **ORIENTATION 17 / Traitement et collecte des données biologiques**

Le traitement de grandes masses de données est devenu essentiel à la recherche en biologie et en médecine, une recherche qui repose sur une approche de plus en plus intégrée et systémique. Il s'agira donc de favoriser le développement de plateformes pour la collecte de données biologiques et d'imagerie, la constitution de cohortes de patients et l'ouverture des bases de données administratives à la recherche. Un effort particulier sera porté sur les processus d'innovation technologique et médicale qui permettent la collecte de données : développement de l'instrumentation pour le diagnostic, dispositifs et capteurs pour l'autosurveillance, recueil de données sociologiques...

#### **ORIENTATION 18 / Réseau national de centres d'excellence pour la recherche et le soin**

La mission première de ce réseau sera d'augmenter la qualité et l'attractivité de la recherche clinique, le nombre d'essais réalisés en France, grâce à une meilleure coordination entre les centres, en relation avec les partenaires industriels, et dans un contexte réglementaire simplifié mieux adapté aux évolutions méthodologiques et plus favorable à l'innovation.

## DEFI 5

### Sécurité alimentaire et défi démographique

#### **ORIENTATION 19 / Alimentation saine et durable**

---

Le socle de nos connaissances fondamentales sur l'alimentation humaine devra être révisé à la lumière de l'étude du microbiote humain participant à la digestion. Les connaissances sur la manière dont ces microbes décomposent les aliments en molécules assimilables par l'organisme vont en effet changer notre regard sur les liens entre régimes alimentaires et santé des populations. Il conviendra pour cela de poursuivre les recherches visant à mieux connaître ces populations de microbes, et de développer les nouvelles technologies (métagénomique, métabolomique) pour explorer leurs fonctions et, de là, mesurer et suivre l'état nutritionnel de l'être humain. S'agissant de la durabilité de la production de notre alimentation, les chaînes de transformation, stockage, et approvisionnement des aliments devront être ré-évaluées sous l'angle de leur consommation énergétique : les procédés de transformation et de stockage consommateurs d'énergie devront être améliorés et des procédés alternatifs recherchés.

#### **ORIENTATION 20 / Approche intégrée des systèmes productifs**

---

Industriels, laboratoires de recherche et groupes d'agriculteurs sont à l'origine de multiples innovations technologiques ou organisationnelles, mais ces approches sont très compartimentées par filières (animale, végétale, mécanique agricole). Il est nécessaire de développer une approche intégrée des systèmes productifs, grâce à l'évaluation de leur regroupement dans un système global instrumenté, permettant d'identifier les contraintes, les avantages et les risques de ces innovations, ainsi que leurs synergies possibles. Par ailleurs, l'agro-écologie reste largement à inventer : il est nécessaire de mieux comprendre et mesurer ce que les écosystèmes peuvent apporter aux systèmes de production et comment les utiliser sans les déséquilibrer. Ces études s'appuieront sur l'expérimentation, l'observation et les approches comparatives. La biologie prédictive sera aussi largement sollicitée et les travaux seront menés à l'échelle de l'individu, de la parcelle, du troupeau ou de l'exploitation agricole, mais également au niveau du territoire dans des approches systémiques. On s'attachera à concevoir les outils d'évaluation multicritères permettant d'apprécier les différentes composantes de la durabilité de ces systèmes et les coûts de transaction.

#### **ORIENTATION 21 / De la production aux usages diversifiés de la biomasse**

---

Optimiser l'usage total de la biomasse en fonction de ses diverses transformations possibles (aliments, matériaux, énergie), en évitant notamment la concurrence avec l'usage alimentaire, est un enjeu central pour le développement de la bioéconomie. Il est nécessaire pour cela de développer une vision intégrée s'appuyant sur les nouveaux outils de modélisation des systèmes complexes. Ces outils permettront de prendre en compte les jeux d'acteurs, le fonctionnement des écosystèmes, les échanges, et de prendre des options au plan politique. Les recherches s'attacheront également à réévaluer dans ce cadre les procédés technologiques et biologiques existants, notamment pour la transformation des aliments, à lever les verrous technologiques et scientifiques liés au bio-raffinage et, enfin, à développer les concepts, méthodes et outils de la biologie de synthèse.

## **DEFI 6**

### **Transports et systèmes urbains durables**

#### **ORIENTATION 22 / Observatoires de la ville**

Pour compléter les bases de données existantes et les données des enquêtes et comparatifs internationaux, il s'agira de développer des observatoires pour fournir des informations sur le bâti, les systèmes et les flux urbains d'énergie, de matières et de personnes. Ces observatoires favoriseront des approches interdisciplinaires pour la mobilisation de tous les acteurs concernés autour de la réalisation de diagnostics, de modélisations et de scénarios prospectifs. Ils permettront également d'évaluer l'intégration urbaine dans le système régional et international, d'évaluer les politiques publiques et de tester les solutions inventées.

#### **ORIENTATION 23 / Nouvelles conceptions de la mobilité**

Il s'agira de concevoir de nouvelles manières de se déplacer combinant divers modes de mobilité et s'appuyant sur des innovations technologiques et organisationnelles. Cet objectif se décompose en deux axes de recherche. Le premier est celui de la conception de nouveaux véhicules innovants à empreinte environnementale réduite (mini-véhicules, aéronefs électriques, drones) et à usages multiples basés sur de nouveaux concepts d'automatisation, de délégation accrue, de connectivité et de gestion des trafics. Le second est celui de la production des ruptures technologiques ou organisationnelles pour répondre à la problématique du « dernier kilomètre » et changer le point de vue des acteurs impliqués dans la mise en place de systèmes partagés tels que le co-voiturage, l'auto-partage, ou l'interfaçage des transports.

#### **ORIENTATION 24 / Outils et technologies au service de la ville durable**

Il conviendra de développer pour les maîtres d'ouvrages de nouveaux instruments de mesure et outils numériques de conception permettant de réaliser des systèmes urbains à faible empreinte environnementale, non plus à l'échelle du bâtiment, mais à l'échelle d'un quartier. Par ailleurs, l'effort d'innovation devra être maintenu dans les technologies et outils permettant d'optimiser l'efficacité énergétique et environnementale des bâtiments : pompes à chaleur, systèmes de production de froid, nouveaux matériaux d'isolation, système d'évacuation des déchets ou contrôle de la qualité de l'air intérieur et de l'eau...

#### **ORIENTATION 25 / Intégration et résilience des infrastructures et des réseaux urbains**

Pour optimiser leur mise en place et leur usage, il est nécessaire de développer les concepts et outils permettant une vision intégrée des différents réseaux urbains (eau, gaz, électricité, télécommunications, transports) dès la phase de conception. Il s'agira également de développer des solutions d'adaptation et de résilience face aux risques d'aléas techniques, sociaux ou climatiques.

## **DEFI 7**

### **Société de l'information et de la communication**

#### **ORIENTATION 26 / 5e génération des infrastructures réseaux**

---

Au cœur des enjeux numériques du xxie siècle, la levée des verrous scientifiques et techniques pour le développement de la 5e génération des infrastructures réseaux sera un challenge de premier ordre pour l'Europe. Au-delà de la mobilité, cette génération d'infrastructure numérique portera le déploiement à grande échelle de l'internet des objets, sera le socle numérique de la ville intelligente, de la route intelligente, des nouveaux systèmes d'énergie... Il s'agit d'un enjeu à la fois économique et de souveraineté.

#### **ORIENTATION 27 / Objets connectés**

---

La révolution des objets connectés nécessite des recherches au niveau matériel, par exemple en électronique très basse consommation ou en matière de protocoles de communication, et au niveau logiciel, notamment sur les logiciels embarqués et les architectures logicielles distribuées. La recherche sur les problématiques de protection des données devra également être développée pour garantir la confiance dans l'espace numérique.

#### **ORIENTATION 28 / Exploitation des grandes masses de données**

---

La recherche sera encouragée sur les moyens de collecte, de stockage et de traitement des grandes masses de données. Les enjeux principaux concernent la diversification des dispositifs et réseaux de collecte de données, le développement d'algorithmes adaptés à la fouille intelligente de très grandes masses de données non structurées, parfois délocalisées, et l'optimisation des moyens matériels de calcul nécessaires à ces algorithmes (architectures de calcul haute performance, avec une attention particulière à l'optimisation de la consommation énergétique).

#### **ORIENTATION 29 / Collaboration homme-machine**

---

Il s'agira de revoir l'interaction homme-machine à la lumière du comportement naturel humain et des progrès dans l'autonomie décisionnelle et opérationnelle des machines. Afin de développer une réelle collaboration entre l'homme et la machine, la recherche sur les processus d'auto-apprentissage entre homme et machine doit être amplifiée, la machine devant s'adapter aux aspects imprévisibles des comportements de l'opérateur, et développer une plus grande richesse d'interactions pour des automatismes « intelligents ».

## DEFI 8

### Sociétés innovantes, intégratives et adaptatives

#### **ORIENTATION 30 / Étude des cultures et des facteurs d'intégration**

---

Dans le contexte de la globalisation, les pouvoirs publics et les entreprises ont un besoin vital de mieux connaître et comprendre la diversité des cultures, à la fois dans leur profondeur historique, leurs langues et religions, leurs structures sociétales et institutionnelles, dans la manière dont elles évoluent et interagissent. Entre autres enjeux, il est essentiel d'analyser les facteurs de cohésion sociale, de développement économique et de bien-être, en s'intéressant en particulier aux rôles et aux formes que prennent l'acceptation ou l'aversion au risque. Une importance particulière sera portée aux dispositifs de recherche permettant de comprendre les leviers sur lesquels agir pour permettre à notre société d'offrir le meilleur cadre d'intégration, lutter contre les inégalités et favoriser le développement économique.

#### **ORIENTATION 31 / Nouveaux indicateurs de la capacité à innover**

---

Déterminer ce qui fonde la capacité des sociétés à innover nécessite l'élaboration de nouveaux indicateurs de l'activité scientifique et d'innovation, de la capacité de l'éducation à valoriser l'initiative, l'expérimentation et la créativité, et l'identification des modalités les plus efficaces de transmission des connaissances tacites. Pour cela, il convient d'étudier à la fois les comportements individuels face aux risques et les attitudes sociales vis-à-vis du progrès, de la recherche et de la science, mais aussi les représentations du risque et le rôle que joue le système scolaire, et en particulier la stigmatisation de l'échec. Ces travaux devront s'appuyer sur de grandes infrastructures existantes en sciences sociales comme l'European Social Survey (ESS), pour étudier les mécanismes sous-tendant la confiance en l'avenir et la capacité à s'y projeter.

#### **ORIENTATION 32 / Disponibilité des données et extraction de connaissances**

---

Les grandes masses de données et les questions associées constituent un champ nouveau et central qui suppose une forte interdisciplinarité avec les STIC. Les recherches devront porter sur la manière d'extraire des connaissances des flux d'informations non hiérarchisées. L'accent sera mis sur l'enrichissement et la création de bases de données européennes ouvertes permettant de travailler sur des cohortes de grande taille et d'effectuer des comparaisons.

#### **ORIENTATION 33 / Innovations sociales, éducatives et culturelles**

---

L'étude des innovations sociales, éducatives et culturelles constitue un champ nouveau qui permettra de favoriser l'adaptation de l'ensemble de la population aux transformations de la société. En particulier, il sera nécessaire de développer de nouvelles méthodologies présentant une dimension comparative rigoureuse et de nouveaux référentiels, pour évaluer le progrès social en tenant compte des variables subjectives comme le bien-être ressenti. Des infrastructures nationales et transnationales dédiées, du type des enquêtes SHARE (Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe) ou ESS, devront être développées. Les recherches porteront sur des thématiques aussi différentes que les dispositifs d'enseignement innovants ou les représentations sociales, leur dynamique et leur diffusion.



## DEFI 9

### Liberté et sécurité de l'Europe, de ses citoyens et de ses résidents

#### **ORIENTATION 39 / Prévention et anticipation des risques et des menaces**

---

Les questions de sécurité doivent être prises en compte dès le stade de conception des systèmes physiques ou numériques, notamment pour le dimensionnement des infrastructures et réseaux. L'être humain étant au cœur de ces systèmes, il sera indispensable d'étudier les comportements individuels et collectifs face au risque, mais aussi de déterminer les principes sur lesquels établir des règles et des normes de prévention à la fois efficaces et respectueuses des droits et libertés publiques.

#### **ORIENTATION 40 / Approche intégrée de la gestion de crise**

---

La gestion de crise demandera d'intégrer toutes les informations sur l'événement critique, son évolution probable, les capacités de réaction des acteurs... Pour que cette gestion soit efficace, il faudra développer la modélisation et la simulation des phénomènes critiques (événement naturel ou d'origine humaine), la capacité d'acquérir et de traiter en temps réel des données hybrides et multi-sources afin d'en extraire les informations pertinentes, et élaborer des outils d'aide à la décision fondés sur une évaluation du danger, et une interaction homme/machine appropriée.

#### **ORIENTATION 41 / Résilience des systèmes de sécurité**

---

Il conviendra de développer les fondements scientifiques et des méthodologies d'analyse de la résilience des systèmes complexes interconnectés que sont les systèmes de sécurité, et d'intégrer des processus de résilience dès le stade de leur conception. Cette recherche s'appuiera en particulier sur la théorie des réseaux, l'analyse des processus décentralisés, et les mécanismes de la coordination ; elle s'attachera également à développer les approches et outils d'aide à la conception de dispositifs résilients (tolérance aux défauts, aux sabotages, aux dégradations) ainsi que des méthodologies pour l'analyse ex post encore trop peu utilisée.