

Plan d'action 2016

Les défis sociétaux en détail

Table des matières

Les défis sociétaux en détail.....	5
Contexte général	5
Multidisciplinarité, transversalités et interfaces.....	6
DEFI 1 – Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique.....	10
Introduction.....	12
Axe 1 : Connaissances fondamentales en relation avec le défi (milieux et biodiversité)	13
Axe 2 : Dynamique des écosystèmes en vue de leur gestion durable	16
Axe 3: Santé-environnement (Axe conjoint avec les défis 4 et 5).....	18
Axe 4 : Innovations scientifiques et technologiques pour accompagner la transition écologique.....	19
Axe 5 : Les sociétés face aux changements environnementaux	22
Axe 6 : Approches intégrées pour un développement durable des territoires	23
DEFI 2 – Energie propre, sûre et efficace	26
Introduction.....	28
Axe 1 : Recherches exploratoires et concepts en rupture	29
Axe 2 : Captage des énergies renouvelables et récupération des énergies de l’environnement.....	29
Axe 3 : Usage du sous-sol dans une perspective énergétique	30
Axe 4 : Conversion des ressources primaires en carburants et molécules plateforme, chimie du carbone	31
Axe 5 : Stockage, gestion et intégration dans les réseaux des énergies.....	32
Axe 6 : Efficacité énergétique des procédés et des systèmes	33
Axe 7 : Approches de la transition énergétique par les sciences humaines et sociales	34
DEFI 3 – Stimuler le renouveau industriel	36
Introduction.....	38
Axe 1 : Adapter le travail au renouveau industriel.....	39
Axe 2 : Usine du futur	41
Axe 3: Matériaux et procédés.....	43
Axe 4 : Chimie durable, produits, procédés associés	46
Axe 5 : Nanomatériaux et nanotechnologies pour les produits du futur.....	49
DEFI 4 – Vie, Santé et Bien-être	52
Introduction.....	53

Axe 1. Etude des systèmes biologiques, de leur dynamique, des interactions et inter-conversions au niveau moléculaire	55
Axe 2. Décryptage des fonctions biologiques élémentaires et de leur intégration	56
Axe 3. Exploration des systèmes et organes leur fonctionnement normal et pathologique : physiologie, physiopathologie, vieillissement.....	56
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.....	57
Axe 5 : Génétique et Génomique : relation génotype-phénotype, interactions génome environnement, épigénétique.....	57
Axe 6. Microbiome et relations microbiotes-hôte.....	58
Axe 7. Exploration du système nerveux dans son fonctionnement normal et pathologique.....	58
Axe 8. Approche intégrée des réponses immunitaires	59
Axe 9. Santé Publique : Inégalités sociales de santé en France : santé et prévention, soins primaires et services sociaux	59
Axe 10. Recherche translationnelle en santé.....	60
Axe 11. Innovation médicale, nanotechnologies, médecine régénérative, thérapies et vaccins innovants	60
Axe 12. Technologies pour la santé	60
Axe 13. Santé-environnement fondé sur le concept de « One Health »	61
DEFI 5 – Sécurité Alimentaire et Défi Démographique	63
Introduction.....	64
Axe 1 - Biologie des animaux, des végétaux, des micro-organismes, atténuation et adaptation à l'environnement.....	65
Axe 2 - Dynamique des écosystèmes en vue de leur gestion durable	67
Axe 3 - Santé- Environnement	69
Axe 4 - Alimentation, systèmes alimentaires sains et durables, et sécurité alimentaire mondiale.....	70
Axe 5 - Bioéconomie : des productions aux usages diversifiés de la biomasse.....	73
DEFI 6 – Mobilité et systèmes urbains durables	76
Axe 1 : Systèmes urbains durables	78
Axe 2 : Du bâtiment au cadre de vie bâti durable	80
Axe 3 : Véhicules propres et sûrs.....	81
Axe 4 : Réseaux et services efficaces	82
DEFI 7 – Société de l'information et de la communication.....	84
Introduction.....	85
Axe 1 : La Révolution numérique : rapports aux savoirs et à la culture.....	86

Axe 2 : Fondements du numérique.....	89
Axe 3 : Sciences et technologies logicielles.....	90
Axe 4 : Interactions, Robotique, Contenus.....	91
Axe 5 : Données, Connaissances, Données massives (Big Data).....	93
Axe 6 : Simulation numérique : du calcul intensif aux données massives.....	95
Axe 7 : Infrastructures de communication, de traitement et de stockage.....	95
Axe 8 : Micro et nanotechnologies pour le traitement de l'information et la communication.....	97
DEFI 8 – Sociétés innovantes, intégrant et adaptatives.....	99
Introduction.....	100
Axe 1 : Innovation sociale et rapport au risque.....	101
Axe 2 : Inégalités, discriminations, intégration, radicalisation.....	103
Axe 3 : Mutations du travail et de l'emploi, changement des organisations.....	106
Axe 4 : Éducation, capacités cognitives, socialisation et formation tout au long de la vie.....	108
Axe 5 : Cultures, création, patrimoines.....	110
Axe 6 : Révolution numérique et mutations sociales.....	112
Axe 7. La Révolution numérique : rapport au savoir et à la culture.....	114
La Révolution numérique : rapport au savoir et à la culture.....	114
Axe 8. Santé publique.....	117
DEFI 9 – Liberté et sécurité de l'Europe, de ses citoyens et de ses résidents.....	119
Introduction.....	120
Axe 1. Recherches fondamentales en lien avec le défi.....	123
Axe 2. Risques, gestion de crise quelle que soit son origine, résilience des systèmes.....	123
Axe 3. Sécurité des personnes et des collectifs ; lutte contre le crime, le terrorisme et la radicalisation violente.....	125
Axe 4. Cybersécurité : liberté et sécurité dans le cyberspace, sécurisation des systèmes d'information, lutte contre le cyberterrorisme.....	127
Axe 5. Protection des infrastructures et des réseaux d'importance vitale et des réseaux, surveillance des espaces souverains.....	130

Les défis sociétaux en détail

Contexte général

Neuf des dix défis sociétaux définis dans le cadre de la Stratégie nationale de recherche (SNR), 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 2020¹. Il tient compte aussi des contributions des cinq Alliances², du CNRS, des ministères concernés³ 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 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 »

¹ http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Strategie_Recherche/26/9/strategie_nationale_recherche_397269.pdf

² 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)

³ Ministère de tutelle : recherche et enseignement supérieur. Ministères également concernés : agriculture, écologie, santé, industrie, défense, affaires étrangères, culture, éducation nationale

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 » de chaque défi),
- 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:
 - Santé – Environnement: axe conjoint aux défis sociétaux 1, 4 et 5
 - 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.

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 »**.

BIOECONOMIE-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**.

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 (piloteage) 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

COLLABORATIONS EUROPEENNES ET INTERNATIONALES :

*L'objet de ce défi axé sur le climat et l'environnement nécessite une forte dynamique internationale. La priorité est focalisée sur des actions multilatérales soutenues par i) les initiatives Européennes de programmes conjoints (JPI) associées à des ERA-NET ouvrant un complément de financement de la Commission Européenne ; ii) le **Belmont Forum** regroupant à l'international les principales agences de financement de la recherche en environnement, dans les pays post-industrialisés (incl. Commission Européenne) et les pays émergents (Brésil, Chine, Inde, Afrique du Sud...). **Les projets bilatéraux (PRCI)** sont eux focalisés sur les pays hors Europe.*

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 (annexe E) du PA 2016. Ces listes étant susceptibles d'évoluer, les déposants qui souhaiteraient mener leurs projets à une échelle internationale, dont européenne, 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 page 48) 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 :

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

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

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.

Risques environnementaux: La gestion de crise 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** : les risques santé-environnement, liés aux contaminants et pathogènes émergents relèvent de *l'axe 3*, les aspects alerte et services opérationnels sont dans *l'axe 4*, les approches multirisques impliquant l'adaptation des sociétés sont attendues en *axe 5*, la chaîne intégrée et fortement interdisciplinaire avec les SHS pour l'évaluation des risques relève de *l'axe 6*. 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**.

COFINANCEMENTS⁴ POTENTIELS DES PROJETS DE CE DEFI

[voir tableau 3](#)

Dans le cadre de ce défi, certains projets pourront être cofinancés par la FRAE (Fondation de recherche pour l'Aéronautique et l'Espace) ou l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique).

⁴ 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

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 celle 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 gestion intégrée nécessite la compréhension des processus et mécanismes inhérents à ces systèmes complexes.

Ce défi nécessite à la fois de développer des 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** (cf. Millennium Ecosystem Assessment⁵). 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](#).

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 mathématiques, les sciences humaines et sociales, de l'environnement, de la vie et de la terre, de l'ingénieur, mais également les sciences de l'information et de la communication pour les nombreux enjeux numériques, et le cas échéant des disciplines du domaine de la santé. Vu la **complexité des systèmes**, une forte variété de projets à caractère **multi-, inter- ou trans-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 2016 de l'ANR s'organise en **6 axes** et **19 thèmes**, allant d'objets de recherche amont à des applications multiples, contribuant directement au programme d'action **Système Terre** (Observation, prévision, adaptation) et aux **5 orientations de la SNR**:

⁵ <http://www.maweb.org/>

- 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 **programmes d'actions 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 LITTORAL : En cohérence avec les orientations de la **Stratégie nationale de recherche**, une attention particulière sera accordée aux projets concernant le littoral dans l'ensemble des axes de ce 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^e 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 climatiques.

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 et l'hydrosphère, dont océans et cryosphère, sont en interactions étroites avec la géosphère, la biosphère et les sociétés humaines. Les enjeux sont de mieux comprendre et représenter les processus et réduire 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 ...).

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) l'utilisation des proxies et des chroniques historiques sur les derniers millénaires ou sur ii) des périodes anciennes où 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 saisonnière à décennale, charnière entre prévision saisonnière et projections climatiques sur le siècle, s'avèrent indispensables à la prise de décision sur l'adaptation.

Appel international 2015/16: (i) Prédicibilité du climat et liens inter-régionaux (JPI Climat et Belmont Forum)

Surfaces continentales : zone critique et biosphère (invisible notamment)

La zone critique, zone la plus superficielle des continents, s'étend de la basse atmosphère à la lithosphère non altérée, et comprend un ensemble d'écosystèmes interdépendants constitués de ressources critiques : le sol, l'air, la biosphère visible et invisible, l'eau de surface et souterraine. Elle assure de multiples fonctions et services : régulation du climat (dont gaz à effets de serre), approvisionnement et transferts d'eau et d'éléments associés, cycles biogéochimiques (C, N, P ...), conservation des ressources et des fonctions de ces écosystèmes (eau, fertilité et protection des sols, biodiversité liée au sol et à l'eau,...). S'en dégagent des questionnements sur les interactions biotiques et abiotiques entre sols, eau, atmosphère, végétation et autres organismes vivants, le couplage des cycles biogéochimiques des éléments majeurs, mineurs, traces et contaminants, les transferts d'énergie et de matières (transports solides, en suspension, ou en solution...), le rôle des interfaces (écotones, zones hyporhéiques, zones humides, zones littorales, ...), le maintien des services écosystémiques assurés et les processus et échelles de rétroactions possibles. 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, caractériser et modéliser leur fonctionnement et leur rôle dans la fourniture de services écosystémiques (processus de dégradation, cinétiques de pédogénèse...) et dans la restauration des écosystèmes. Comprendre le fonctionnement de la zone critique est aussi déterminant pour comprendre l'état et la dynamique des écosystèmes aquatiques continentaux et contribuer à réduire certains aléas (crues, étiages, sécheresse ...) et vulnérabilités (discontinuités écologiques, ...). En cernant mieux les temps de réponses et les résiliences des écosystèmes 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, liés au climat, aux changements d'utilisation des terres et autres activités humaines, par une approche fonctionnelle et interdisciplinaire, sur le court

mais aussi le long terme, à différentes échelles d'espace, en s'appuyant notamment sur des dispositifs d'observation et d'expérimentation long terme.

Appel international 2016 : Biodiversité des sols et des sédiments (ERA-NET BIODIVERSA-3)

Evolution et dynamique des espèces et des populations

Les recherches attendues incluent le développement de connaissances sur la diversité biologique, la systématique, l'histoire et les mécanismes évolutifs des organismes, de leurs génomes et de leurs populations dans les systèmes naturels, et les relations évolutives liées à leur développement phénotypique.

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, ...), 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). Il s'agira de privilégier les recherches pour mieux comprendre les réponses aux différentes pressions du changement global et aux autres pressions anthropiques et environnementales.

Les recherches attendues visent enfin à mieux connaître la capacité d'adaptation ou d'évolution d'un système en fonction de la diversité taxonomique et phylogénétique en présence, de la dynamique à long et à court terme des peuplements, des populations ou des espèces. Ces thématiques incluent des recherches sur les périodes anciennes lorsqu'elles peuvent servir de modèle pour comprendre les changements actuels dus au changement global d'origine anthropique ou environnemental.

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 aussi axe 5).

Axe 2 : Dynamique des écosystèmes 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),

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 également de concevoir la transition agro-écologique vers de nouveaux systèmes productifs intégrés et durables basés sur un fonctionnement écologique assurant conjointement une meilleure efficacité, une limitation des rejets (qualité des eaux et des sols, gaz à effet de serre et qualité de l'air), la maîtrise de l'utilisation des ressources en eau et en sol, la mobilisation et la protection des composantes de la biodiversité, la séquestration du carbone et une gestion intégrée des systèmes productifs dans les paysages et les territoires. 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, gestion durable des forêts, approche écosystémique des pêches, aquaculture durable... Les recherches viseront 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 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 différentes échelles – 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.

Appel international 2015/16 :

i) Infrastructures vertes (ERA-NET BIODIVERSA-3).

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 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;
- 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 de cet accompagnement des transitions, incluant 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

Appel international 2015/16 : Infrastructures vertes (BIODIVERSA)

Axe 3: Santé-environnement (Axe conjoint avec les défis 4 et 5)

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, dans le cadre d'approches intégrées concerne les impacts des contaminants (physiques, chimiques et biologiques) sur les écosystèmes et la santé humaine en prenant en compte les différents milieux et les différentes expositions (notion d'exposome). Il concerne aussi les interactions entre environnement, santé animale et santé humaine - dans l'optique One Health (www.onehealthinitiative.com) - et le rôle de l'environnement dans la dynamique des maladies émergentes et réémergentes.

Il s'agit à la fois de mieux comprendre les phénomènes, les mécanismes, de développer des approches intégratives, 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 (biologie, médecine, écologie, épidémiologie, mathématiques, sciences de l'environnement, physique, chimique, sciences humaines et sociales...).

Contaminants, écosystèmes et santé.

Ce sous-axe s'intéresse à l'étude d'une part de la toxicité des contaminants (y compris d'origine pharmaceutique), de leurs métabolites et produits de transformation, sur les écosystèmes et la santé des populations humaines (incl. les expositions professionnelles), entre autres la diffusion dans l'environnement de produits induisant des résistances aux anti-infectieux. Concernant les contaminants, des approches multidisciplinaires des recherches sont attendues pour :

- étudier, dans le cadre de la notion d'exposome, les interactions entre différents contaminants, leurs cinétiques et dynamiques dans différents milieux (air, eau, sols) et organismes et leurs effets cumulatifs éventuels (avec la toxicité d'autres contaminants, avec d'autres stress environnementaux, etc.) ... ;
- mettre en évidence et caractériser les risques émergents de différentes natures : proposer des systèmes adéquats de surveillance, (incluant le milieu du travail) ;
- analyser les conditions sociales d'évaluation de ces risques, de débats et de prise de décision;
- améliorer les capacités prédictives grâce à des approches systémiques permettant de déterminer les mécanismes d'action des contaminants, d'évaluation du risque écosystémique et sanitaire, de caractériser les vulnérabilités, y compris sur le long terme, des écosystèmes et des populations humaines et d'améliorer nos capacités de modélisation ;
- comprendre les facteurs environnementaux, économiques et sociaux qui déterminent, ou modulent, les expositions et les vulnérabilités des écosystèmes et des populations humaines, la mobilisation des acteurs sociaux, la survenue des crises et les modalités de résolution et de régulation ;
- développer des approches de remédiation des dangers et de détoxification.

Environnement et maladies émergentes et ré-émergentes (One Health).

Ce sous axe s'intéresse aux mécanismes d'émergence des maladies infectieuses (humaines, animales ou végétales) qui peuvent être induits par des facteurs

environnementaux (climat, biodiversité, utilisation des sols et des ressources...) en synergie avec des facteurs anthropiques (agriculture, élevage, industrie, urbanisation, transport, évolutions démographiques, pratiques sociales...). L'utilisation de molécules induisant des résistances (usages d'antibiotiques à l'origine de bactéries multi-résistantes, antiviraux, antiparasitaire, antifongiques, insecticides...) peuvent aussi être pris en compte. Sont concernés les différents agents d'origine biologique et leurs produits (parasites, bactéries, virus, champignons) – y compris d'origine zoonotique.

Des approches pluridisciplinaires et intégratives sont attendues sur les thèmes suivants :

- origine des agents pathogènes, niches écologiques (réservoirs, hôtes et vecteurs), conditions de développement et dynamique spatio-temporelle de transmission ;
- mécanismes d'interactions entre facteurs environnementaux, anthropiques et sociaux favorisant la virulence et la dissémination des agents pathogènes, franchissement de la barrière d'espèce, mécanismes de résistances aux traitements ;
- modélisation des paramètres d'émergence, de diffusion ou d'exposition, systèmes d'observation, couplage de données environnementales, biologiques, sociales, de population et de santé, pouvant contribuer à la définition d'indicateurs pour une approche prédictive ; identification des zones et des populations à risques ;
- méthodes et moyens de lutte compatibles avec l'environnement et la santé humaine (vaccination, traitement, surveillance, politiques de prévention, gestion des situations d'urgence...).

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

La problématique environnementale répond à des enjeux d'atténuation des impacts ou d'adaptation aux changements environnementaux, 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 seront privilégiés dans cet axe autour des priorités suivantes :

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

La sous-estimation de l'hétérogénéité de l'environnement limite l'apport de la métrologie conventionnelle et l'efficacité de nombreuses solutions de prévention et protection. Sa prise en compte implique une nouvelle génération de systèmes d'observation ou de diagnostics à vocation pérenne.

Sont attendues des ruptures technologiques, numériques, économiques et méthodologiques, intégrant l'abaissement des coûts, la miniaturisation, l'autonomie, la fiabilité et robustesse des capteurs, l'augmentation du flux de données... L'éco-conception des capteurs est encouragée.

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, biomimétisme, relatifs aux « big data » et « crowd-sourcing »), aux sciences du vivant (biotechnologies, bioindicateurs et biomarqueurs), aux géo-sciences (géophysique, géochimie, télédétection). Tous les milieux sont concernés, eau, mer, littoral, air (externe et interne), sols, avec leurs composantes biotiques et abiotiques, pour des applications en environnements naturels ou anthropisés.

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 (pollutions, eutrophisation, invasions d'espèces, érosion de la biodiversité, de produits toxiques et d'allergènes, crues surcotes, érosion littorale, mouvements de terrain, éruptions, séismes, tempêtes, feux, sécheresses, étiage naturel ou induit, surexploitation de l'eau...).

Il est attendu des méthodes et outils pour les services opérationnels dédiés à ces risques multiples, intégrant les outils de modélisation et d'assimilation de données. Ces avancées doivent permettre de maîtriser des informations multi-sources, à flux élevés, en temps réel ou quasi-réel, pour mieux cerner les mécanismes et les conditions d'une mise en alerte à bon escient.

Des propositions de systèmes prévisionnels intégrés produisant des informations et des scénarii selon les origines possibles d'une crise ou catastrophe 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 inclus les services climatiques au sens large, des scénarios à l'adaptation des sociétés, mais pas la prédictibilité du climat traité à l'axe 1 ci-dessus.

Appel Européen 2016/2017 : Services Climatiques (JPI Climate)

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, des sédiments, de la biodiversité, des eaux 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'auto-réparation des écosystèmes) et d'instaurer des stratégies intégrées traitant les besoins primaires tout en répondant à des besoins sociétaux (air, eau, énergie, foncier, voire stockage du CO₂...). 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-bénéfice.

Fondée sur des outils du génie écologique et des nouvelles écotechnologies (biotechnologies, dont génomique, nanotechnologies et nanobiotechnologies, géophysique, couplage hydro-biogéochimie,...), l'insertion de trains de technologies sera

centrée sur la capacité des produits à être recyclés et marquera les bases d'une nouvelle ingénierie de pratiques.

Dans le domaine des sites et sols pollués, mettre au point de nouveaux procédés et /ou des combinaisons de traitements à bilan environnemental positif est attendu pour proposer une ingénierie pédo-génétique à déployer en zones urbaines et /ou désindustrialisées.

Dans le domaine de l'eau seront privilégiés des projets de rupture ciblés sur le concept d'«unité de traitement d'effluents du futur», intégrant i) une valorisation des matières premières issues des effluents, ii) une prise en compte des polluants émergents et des métabolites associés, et iii) une efficacité énergétique accrue. La notion d'unités de traitement décentralisées (fonctionnant en réseau ou en cascade) pourra également être abordée.

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), notamment sur i) la gestion du rayonnement solaire et ses impacts, souvent négatifs, ii) le captage du CO₂ atmosphérique ou la séquestration du CO₂ océanique. Sur ce dernier volet, sont attendues a) des techniques originales de capture du CO₂ 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».

Dans le domaine du milieu marin, le programme doit aider à développer des stratégies nouvelles de conception dans les ouvrages et infrastructures maritimes, intégrant le développement durable, le changement climatique (montée du niveau marin) et le bon état écologique. L'approche doit envisager des mesures compensatoires écologiquement optimales et basées sur une stratégie écosystémique. Les ports, friches industrialo-portuaires et infrastructures côtières et au large doivent permettre de réaliser des expérimentations de restauration écologique ou d'écoconception (travaux neufs) sur des sites ateliers à caractéristiques et échelles différentes.

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. Basées sur une exploitation écologiquement respectueuse des ressources naturelles elles offrent un faible impact environnemental voire un impact positif, et veillent à maximiser les bénéfices environnementaux et socio-économiques (activité économique et emploi), 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...), au-delà du périmètre circonscrit à l'activité des filières⁶, et en dégager les recommandations

⁶ Au sein de l'implantation physique dédiée à l'activité, les solutions de respect de l'environnement sont recherchées au sein du défi concerné (défi 2, défi 3, etc.).

spécifiques aux filières économiques pour minimiser a priori les impacts sur les milieux par exemple :

- efficacité de l'utilisation des ressources et conditions de durabilité des ressources et des milieux les hébergeant ;
- scénarios de pressions et d'impacts potentiels de ces nouvelles filières sur l'environnement, et la santé et les tendances à long terme ;
- identification des points clés d'une surveillance des impacts, et d'un suivi conjoint des bénéfices et des risques.

Appel Européen 2016 : Services Climatiques (JPI Climate)

Axe 5 : Les sociétés face aux changements environnementaux

La réduction des impacts environnementaux des activités humaines passe par des modes de développement et de gouvernance adaptés. Il s'agit d'explorer conjointement les vulnérabilités et les opportunités, dues aux changements environnementaux, les évolutions sociales, économiques ou politiques, les conditions d'adaptation des sociétés à ces contraintes et les perspectives d'action. Les dimensions technologie et énergie seront à prendre en compte. Les travaux peuvent aborder différentes échelles temporelles, spatiales, selon des approches sectorielles, multisectorielles, intersectorielles, internationales.

Renouvellement des modes et des instruments d'intervention

La prise en compte des problèmes dépend autant de leur acuité que de la façon dont ils sont portés par les acteurs publics et privés, sociaux ou économiques. Quels sont ceux qui structurent les propositions et les diffusent, avec quels effets en termes de reconfiguration des rapports de pouvoir, des coalitions, des logiques et espaces d'action ? Comment les problèmes environnementaux émergent-ils comme problèmes publics (justification, hiérarchisation, connaissances, controverses, incertitudes, etc.) ?

Les politiques et les 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, droit....) ? Comment combiner les différents outils (« command and control », contrats, normes techniques, réglementation, autorégulation...). Les interconnexions entre les différentes politiques mériteraient des investigations (environnement, santé, agriculture, commerce, industrie, innovation, énergie...). Des travaux permettant d'élaborer des outils d'évaluation et de proposer des mécanismes favorables à l'action collective sont particulièrement attendus.

Aspects géopolitiques, formes de coopération et négociations internationales

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 pourraient être explorés. Quelle est la place du multilatéralisme dans une perspective de gouvernance plus efficace ? Quelles modalités de coopération et mécanismes de solidarité peuvent être mis en œuvre ? Comment articuler souveraineté nationale et

gouvernance internationale ? Les articulations ou interférences entre les régimes mériteraient une attention particulière (CCNUCC, OMC, FMI, etc.).

Vulnérabilités, capacités de résilience et adaptation des sociétés

Les effets du changement climatique conduisent à dépasser les approches aléa par aléa et à développer des approches multirisques, inter-secteurs, intégratives des effets inédits ou «dominos». La notion de résilience invite à qualifier les capacités de résistance et d'adaptation des sociétés. Quels facteurs économiques, sociaux, culturels permettent l'adaptation à des événements extrêmes ou de longue durée ?

Les approches historiques contribuent à comprendre ces phénomènes. 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 et de quelle marge de manœuvre disposent les populations ? Une approche intégrée des trajectoires à long terme des socio-écosystèmes est encouragée. Les analyses rétrospectives aident à comprendre les processus de sédentarisation et les conséquences environnementales des changements de pratiques agraires. L'étude des périodes de ruptures culturelles, environnementales et climatiques doit contribuer à la connaissance des relations entre sociétés humaines et environnement.

Modes de gestion, de production et de consommation, nouveaux modes de 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 envisagées étant donné les contraintes et les déterminismes ? Comment des acteurs innovants peuvent-ils émerger ? Quels sont les dynamiques permettant la construction de marchés, de nouvelles filières, etc. ? Quels sont les instruments pour adapter les modes de production ou de consommation (certification, labellisation, réglementation, bonnes pratiques, analyses coût-bénéfice...) et les formes d'organisation économique ? Comment concilier aménagement du territoire, environnement et compétitivité ?

Le lien entre croissance, développement et prise en compte des changements environnementaux, de la réduction des impacts et de la raréfaction de certaines ressources nécessite de nouvelles investigations (incitation pour développer de nouvelles sources de croissance, politiques industrielles, de recherche, etc.). Des projets pourront porter notamment sur la question des terres ou de l'eau et analyser les effets du changement climatique sur leur quantité et leur qualité dans un contexte de croissance des besoins des populations.

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 doivent prendre en compte des socio-écosystèmes, intégrant les interactions complexes entre écosystèmes et systèmes socio-économiques.

Des recherches, à caractère multi-, inter- ou trans-disciplinaires, transverses aux cinq autres axes du Défi 1, et avec toujours une forte contribution des communautés SHS, sont attendues dans cet axe. La caractérisation et l'analyse des interactions entre milieux, usages, pratiques et 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 plus grande résilience des socio-écosystèmes face aux changements.

Il est recommandé que les projets précisent les liens au sein du socio-écosystème ciblé, (rétroactions, synergies, antagonismes,...) et définissent les contraintes et forçages, même externes. Des approches multi-échelles, spatiale ou temporelle, sont souhaitées. Une attention particulière sera portée aux projets co-construits avec des acteurs du monde socio-économique 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.

Appel international 2015/16 : i) Energies renouvelables, ressources en eau et leurs connections pour la région méditerranéenne (ERA-NET ERANETMED), ii) Les montagnes comme sentinelles du changement (Belmont Forum).

Services écosystémiques: évaluation, concurrences et arbitrages

Les services écosystémiques recouvrent de multiples aspects allant des services d'approvisionnement (nourriture, fibres, molécules utiles, ressources génétiques...) aux services de régulation de l'environnement (climat, cycle de l'eau, cycles biogéochimiques, etc.) et aux services immatériels ou de loisir (qualité des paysages, chasse et pêche, bénéfiques spirituels, récréatifs...). Les identifier, les quantifier et les évaluer (valeurs marchandes et non marchandes) relève d'un domaine de recherche en plein essor, stimulé par différentes initiatives nationales et internationales (IPBES, Ministère chargé de l'écologie, ...).

Des projets sont attendus notamment sur l'analyse des synergies et des concurrences entre différents services écosystémiques rendus (par ex. conservation de la biodiversité versus stockage de carbone, ressources énergétiques versus patrimoine culturel et naturel, rôle épurateur ou tampon versus productivité, etc.), et sur les processus de construction de compromis entre des parties-prenantes voire d'outils d'arbitrage. Ces services pourront être analysés, si besoin, par compartiments de l'environnement (par ex. forêts, milieux aquatiques, etc.) 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 de reconnaissance de ces services.

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

Le développement durable des territoires passe autant par une réduction (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 km²). 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 nourrir des méthodes de planification et d'accompagnement de projets de territoires et faire appel à des scénarisations et modélisations.

Dans ce contexte, les territoires prioritaires pour 2016 sont :

- Zones littorales : du bassin versant à la mer, estuaires et deltas, interfaces entre milieux continental, fluvial et marin, littoralisation, eutrophisation ...
- Régions ultramarines, particulièrement exposées aux changements environnementaux globaux
- Zones continentales à risque ou à fort enjeu environnemental (tensions sur les ressources, zones cumulant plusieurs risques, espaces protégés...)
- Pays du Sud, zones vulnérables et ayant une faible capacité d'adaptation ;
- (Zones urbaines : renvoi sur défi 6).

Appel International 2016 : Soutenabilité d'une urbanisation globale (Belmont Forum & JPI Urban Europe)

Chaîne intégrée de l'évaluation des risques, des aléas naturels aux impacts sur les territoires

Les changements globaux ont des impacts importants sur l'ampleur des catastrophes naturelles en termes d'emprise spatiale ou d'intensité. Il s'agit de mieux anticiper les risques et d'augmenter les capacités de résilience des socio-écosystèmes. Les forçages climatiques, les mécanismes physiques contrôlant les aléas, l'identification des zones exposées, leur vulnérabilité physique ou systémique, sont autant d'éléments qui entrent dans l'évaluation des risques naturels. Les effets induits tels que les composantes multi-aléas, effets cascades, interaction entre risques naturels, industriels et technologiques, enfin rétroactions (risque résiduel), doivent être pris en compte de façon de plus en plus fine. Le traitement de cette chaîne du risque dans des bassins de risque identifiés géographiquement doit être abordé de façon multi-, inter- ou trans-disciplinaires, avec toujours une forte contribution des communautés SHS notamment pour les questions du coût du risque et d'appropriation par la communauté de la notion de risque.

Les verrous identifiés portent sur la prise en compte de phénomènes physiques complexes et en interaction, leurs impacts potentiels sur les enjeux exposés et sur la modélisation de ces éléments dans une évaluation intégrée. Le bénéfice espéré portera sur l'amélioration des outils d'aide à la décision, dédiés à la prévention des risques naturels, en particulier pour des bassins de risque représentatifs ou à fort enjeu.

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 2015/2016 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: • ANR-JST Japon "From molecular technology to functional materials"; • ERA-NET MED.

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** » (en page 48) 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 CO2...) 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**.

Nucléaire : les recherches sur les matériaux soumis à des conditions d'utilisation extrêmes, comme celles rencontrées dans le nucléaire, relèvent de l'axe « matériaux et procédés » du **défi 3**. Les questions relatives à la simulation numérique sont traitées dans le **défi 7**.

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 au **défi 3**.

Valorisation du CO2 : les projets visant à produire, à partir du CO2, des carburants de synthèse ou des molécules plateforme pour la chimie 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, les systèmes de dépollution visant 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**.

COFINANCEMENTS⁷ POTENTIELS DES PROJETS DE CE DEFI

[voir tableau 3](#)

Dans le cadre de ce défi, certains projets pourront être cofinancés par la DGA (Direction Générale de l'Armement) ou la FRAE (Fondation de recherche pour l'Aéronautique et l'Espace).

⁷ 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 **5 orientations de la SNR** qui concernent principalement le **défi 2** du plan d'action 2016 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°14 (Conception de nouveaux matériaux) ou n°21 (De la production aux usages diversifiés de la biomasse).

À 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.

Cinq grands objectifs sont visés :

- promouvoir les approches **systemiques, intégratives** et, en général **pluridisciplinaires** que requièrent souvent les enjeux de l'énergie ;
- mobiliser davantage toutes les disciplines scientifiques pouvant produire les **connaissances fondamentales** utiles à cette transition énergétique, qu'elles relèvent des sciences de la matière (physique, chimie), des sciences de l'ingénieur (mécanique, génie des procédés...), 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 doivent nourrir les enjeux thématiques décrits dans les axes du défi ;
- faire émerger et permettre l'**exploration** d'idées radicalement nouvelles et de **concepts en rupture** par rapport aux paradigmes existants : l'axe 1 est dédié à ce type de recherche ;
- 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, BPIFrance...) 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

moins recours ou de recherche de substituts à des matières premières rares ou toxiques... ;

Outre le premier axe, dédié aux concepts en rupture et l'axe 7, qui questionne directement les 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 d'inter-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 exploratoires et concepts en rupture

Cet axe est transversal à l'ensemble des autres axes thématiques du défi 2. S'inspirant de programmes 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...) ainsi que des programmes de recherche amont sur l'énergie (Basic Energy Sciences du DOE, « Encouraging physical sciences research to meet energy needs » de l'EPSRC...), il 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 (par exemple, l'utilisation des pérovskites dans le photovoltaïque constituait une telle rupture en 2012) ou venir créer un champ de recherche nouveau (par exemple, les approches mimant la photosynthèse pour la production de carburants solaires il y a 10 ans). 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. Dans cette perspective, cet axe vise aussi à attirer de nouvelles communautés vers les enjeux de l'énergie et à favoriser de nouveaux partenariats.

Les recherches fondamentales en lien avec le défi 2 ne relèvent pas exclusivement de cet axe 1 : elles doivent s'inscrire dans un autre axe dès lors qu'elles visent à créer des connaissances nouvelles dans des domaines scientifiques ou sur des filières existants. Les propositions s'inscrivant dans l'axe 1 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, éventuellement combinés en multijonctions que la 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 thermochimiques) ;
- la production de **combustibles**, soit par la **voie photosynthétique** naturelle pour produire une biomasse dédiée essentiellement aux applications énergétiques⁸ 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 CO₂ (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 aéraulique, 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/valorisation d'énergies diffuses (*energy harvesting*) : 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 clefs que pour l'utilisation de ses capacités de stockage, afin que les outils, méthodes et technologies utilisant le sous-sol, compétitifs et à faible impact environnemental, trouvent une place dans le mix énergétique futur. L'optimisation de l'exploration est un sujet transverse aux ressources énergétiques renouvelables et non renouvelables du sous-sol.

⁸ 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, molécules plateforme).

La **géothermie**, ressource renouvelable non intermittente, constitue une option à fort potentiel pour la haute et pour la basse température, dans les bassins sédimentaires mais aussi dans les systèmes volcaniques ou magmatiques. *Conformément à l'orientation n°6 de la SNR, l'attention des chercheurs est attirée sur la nécessité d'une baisse des coûts de la géothermie afin de faciliter son intégration dans le mix énergétique.*

Concernant les **énergies non renouvelables** (hydrocarbures conventionnels ou non, hydrates de gaz, hydrogène natif...), des avancées sont requises pour une exploitation économiquement viable dans des conditions respectueuses de l'environnement tant en surface qu'en profondeur.

Des recherches restent nécessaires pour développer le potentiel du sous-sol au **stockage de CO₂** mais aussi pour le **stockage d'énergie** (chaleur, hydrogène, air comprimé...), domaine dans lequel le sous-sol doit également contribuer à l'orientation n° 6 de la SNR.

Des avancées sont attendues tant sur la faisabilité technique que sur 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...). Le développement de **connaissances socle**, transversales, et de **méthodologies d'évaluation des caractéristiques et capacités du sous-sol** vis-à-vis du stockage ou de l'extraction de ressources énergétiques bénéficiera à l'ensemble des filières.

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 CO₂ 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 CO₂ sur les sources stationnaires**, deux voies sont à explorer pour **produire plus efficacement des combustibles liquides ou gazeux peu émetteurs de CO₂ (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 ; l'intégration et l'optimisation énergétique des chaînes de procédés devront faire l'objet d'une attention particulière.

- les **procédés biologiques 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. Ces procédés pourront éventuellement être couplés à la voie chimique.

On s'intéressera aussi aux voies de conversion et de valorisation conjointe de la biomasse en énergie, produits chimiques, matériaux (concept de **bioraffinerie**).

Dans ce contexte, les différentes voies de **transformation / valorisation du CO₂, particulièrement du CO₂ 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.

Axe 5 : Stockage, gestion et intégration dans les réseaux des énergies

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 CO₂ (électrolyse ou thermolyse de l'eau notamment), à partir de sources d'énergie décarbonée. 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 efforts de recherche 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 et gestion de l'énergie

Il est également 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 temporellement intermittentes et de moyens de stockage conduit 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 travaux de recherche, 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 réseaux⁹ ;
- la gestion de l'inter-conversion et de l'interopérabilité entre réseaux d'énergie (électricité, différents gaz, chaleur...) .

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**¹⁰ des industries manufacturières (réduction des besoins énergétiques de procédés de production existants ou recherche de procédés alternatifs plus économes en énergie ou en émissions de CO₂) 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

⁹ 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 ».

¹⁰ Seuls sont inscrits dans ce défi les projets dont l'objectif principal est d'économiser de l'énergie ou de réduire les émissions de CO₂, les projets portant sur d'autres enjeux pour les procédés industriels relèvent du défi 3.

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 CO₂**.

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, la transition énergétique se concrétisera par des changements combinés dans les technologies, les comportements, les modes de gouvernance, le rôle des territoires et les différentes modalités de coordination, dont le marché.

Les initiatives et les programmes d'action doivent pouvoir s'appuyer sur une compréhension de ces changements et de leurs impacts socio-économiques. Il conviendrait de renforcer la capacité d'intégrer de façon dynamique les aspects socio-économiques liés aux choix de politique énergétique. Ces démarches devront éviter l'écueil d'une focalisation exclusive sur les modes de fonctionnement et systèmes de valeurs français au regard d'enjeux - notamment industriels - et de problématiques qui transcendent très largement les frontières. Dans cet esprit, le dialogue Sciences-Société autour de la transition gagnerait à des mises en perspective d'historiens sur les transitions passées qui ont résulté de contraintes de ressources ou d'innovations mais aussi d'éclairages par des juristes, des géographes, des économistes, des sociologues...

Approches intégrées ou territorialisées de la transition énergétique

Les **approches territorialisées** de l'énergie et plus généralement les **approches intégrées des systèmes énergétiques** locaux et de leurs interdépendances sont encouragées dans le cadre de ce défi. Il s'agit notamment d'examiner la redéfinition de l'interface technologique, institutionnel entre mailles locales et nationales dans la fabrique de « territoires durables », de développer des méthodes d'analyse du rôle des

ressources locales dans la définition des politiques territoriales et de l'intégration de leur exploitation dans le tissu économique et social local et de construire des outils de prospective technico-économique locale reliés aux scénarios nationaux de transition.

Comportements, usages et déploiement d'innovations

L'infléchissement des **comportements de consommation** et des styles de vie est un élément central de la transition énergétique, à côté de **l'adoption et du déploiement accepté de nouvelles technologies**. Les points suivants méritent en particulier l'attention : les incitations non financières («nudges») visant la maîtrise ou la diminution de la demande, la relation entre modes de consommation, comportements flexibles d'usagers et politiques publiques (écotaxe, quota...), l'appropriation par les citoyens et des utilisateurs finaux des nouvelles technologies de l'énergie, les conflits et les jeux d'acteurs autour de technologies de l'énergie controversées, les transformations sociales liées aux évolutions des besoins et aux déploiements de technologies (solaires, éoliennes) qui marquent l'espace local plus que les systèmes énergétiques classiques.

Economie de la transition énergétique, marchés, réglementation et gouvernance

Dans le cadre de la transition énergétique, il est important que **l'économie, les sciences politiques et le droit** puissent éclairer les sujets suivants : l'exploration d'architectures de marché conciliant marché, sécurité de fourniture et politique de décarbonation ; la définition de règles de marché et de cadres réglementaires responsabilisant les producteurs intermittents et permettant la valorisation de la flexibilité et des stockages ; l'analyse coût-bénéfice du développement des réseaux intelligents et des nouvelles offres ; la gouvernance et les règles de marché à l'interface entre le niveau central et le niveau local ; la répartition des coûts et la pérennité de la solidarité entre territoires ; les conséquences macroéconomiques et sur l'équité d'accès à l'énergie de la transition énergétique ; les questions de vulnérabilité et résilience des entreprises manufacturières face aux coûts et à la disponibilité des énergies ; les stratégies industrielles (tant sur le plan national qu'international), les modèles économiques et organisationnels des filières de production/stockage/gestion de l'énergie.

Modélisation et prospective

Il est nécessaire d'améliorer les **modèles « énergie et économie » de long terme** par la prise en compte des comportements réels des acteurs, des caractéristiques des technologies, des effets aléatoires de la R&D et du développement industriel, des processus réels d'innovation, des mécanismes déterminant les vitesses de diffusion des technologies nouvelles, des inerties du capital technique et de la sphère du financement. Les recherches doivent aussi permettre d'éclairer les évaluations multicritères (y compris environnementale), en replaçant les technologies dans des scénarios complets et systémiques et ne les considérant plus de manière isolée. Ces évaluations doivent reposer sur des développements nouveaux en matière de choix de critères, d'analyses de cycles de vie dynamique, de sécurité énergétique, d'impacts sociaux.

DEFI 3 – Stimuler le renouveau industriel

COLLABORATIONS EUROPEENNES ET INTERNATIONALES :

Les thématiques 2015/2016 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>.

Pour ce défi, il s'agit de : Appel bilatéral 2016 ANR-JST : Technologie Moléculaire ; Appel JTC de l'ERA-NET FLAG-ERA (sur les quatre pilotes non-sélectionnés, ex : domaine Robotique)

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*
En ce qui concerne la DFG, des recherches intégrées en science et ingénierie des matériaux, associant simulation numérique et expérimentation, sont encouragées.
- *Canada*
- *Taiwan ; Hong Kong ; Singapour ; Inde (sciences de l'ingénieur).*

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 3**), le lecteur est invité à se reporter au paragraphe « **Multidisciplinarité, transversalités et interfaces** » (en page 48) 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:

L'adaptation du travail au renouveau industriel d'un triple point de vue : « place de l'homme dans le système productif », « adaptation des prescriptions et de la gestion du travail », « nouvelles organisations de la chaîne productive » dans l'usine du futur et dans les réseaux d'entreprises, relève du **défi 3**. 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 »..

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**.

Energie : Les matériaux fonctionnels pour la production et le stockage d'énergie (photovoltaïques, batteries, ...) sont traités dans le **défi 2**. Les matériaux de structure pour des utilisations en conditions sévères sont dans le **défi 3**.

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 au **défi 2**.

Santé : Les matériaux destinés à un usage médical (biomatériaux, matériaux biocompatibles) sont traités dans le **défi 4**. Concernant les projets concernant les nano-objets innovants pour la santé qui peuvent être accueillis dans l'axe 5, lorsque le verrou étudié concerne principalement l'activité thérapeutique, les projets doivent alors être soumis au **défi 4**.

Nanotechnologies : le **défi 3** adresse les aspects génériques concernant les nanoparticules, nanomatériaux et 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**.

Les **LED-OLED pour l'éclairage** basse-consommation relèvent du **défi 3**. Cependant, la production de **dispositifs opto-électroniques élémentaires organiques ou inorganiques** (incluant LED-OLED) pour les communications optiques relève du **défi 7**.

COFINANCEMENTS¹¹ POTENTIELS DES PROJETS DE CE DEFI

[voir tableau 3](#)

Dans le cadre de ce défi, certains projets pourront être cofinancés par la DGA (Direction Générale de l'Armement) ou la FRAE (Fondation de recherche pour l'Aéronautique et l'Espace).

Introduction

Les **5 orientations de la SNR concernant principalement le défi 3** du plan d'action 2016 de l'ANR sont les suivantes:

- 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 défi 3 peuvent également correspondre secondairement aux orientations suivantes : 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.

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 CO₂ 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 clés du nouveau industriel.

L'objectif du défi est 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

¹¹ 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.

des disciplines scientifiques (par ex. organisation du travail, droit du travail, ergonomie, génie industriel, robotique, économie, physique, chimie, mécanique, matériaux, génie des procédés, ...) très larges.

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 de TRL (Technology Readiness Level) large, 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 serait appréciée.

En écho aux travaux de la Stratégie nationale de recherche (SNR) complétés par le comité de pilotage scientifique, le défi 3 est structuré autour de cinq axes qui correspondent à une appréciation intégrée des projets de recherche allant de l'amont vers des applications à venir :

- Axe 1 : Travail - place de l'homme, organisation des écosystèmes, valeur sociétale
- Axe 2 : Usine du futur
- Axe 3 : Matériaux et procédés
- Axe 4 : Chimie durable, produits, procédés associés
- Axe 5 : Nanomatériaux et nanotechnologies pour les produits du futur

Axe 1 : Adapter le travail au nouveau industriel

Il est désormais établi que le nouveau de l'industrie nécessitera des modifications profondes du cadre dans lequel ses acteurs évoluent. Si ce n'est pas le seul domaine où les nouvelles technologies viennent bousculer les habitudes, l'industrie conserve la particularité de voir par « construction » cohabiter la virtualisation apportée par les technologies de l'information avec le maintien d'une forte composante de concrétisation du travail de chacun à travers la production collective.

C'est l'objet de cet axe que de s'intéresser aux problématiques particulières qui apparaîtront, dans cet environnement industriel, dans le cadre, ou du fait, de ces modifications. Ces problématiques pourront être générées par ces modifications ou simplement préexister et prendre de l'ampleur. Elles pourront devenir un facteur de différenciation et de réussite si elles sont maîtrisées et exploitées. Elles doivent donc être analysées et comprises de façon concrète en considération de l'usine du futur telle qu'envisagée dans plusieurs axes de ce défi, mais aussi de l'ensemble de l'écosystème devant exister autour, et entre, ces « usines du futur ». Ceci suppose de tenir compte ensemble du système que constitue de l'usine du futur, productrice d'objets concrets, et du rôle qu'y tiennent les acteurs.

En effet les évolutions des exigences, des règles et des habitudes de l'industrie, nécessaires au nouveau recherché, et celles qui en seront les conséquences, auront un impact considérable sur la nature et l'environnement de l'activité qualifiée de « Travail ». Ces évolutions doivent être rendues possibles non seulement par l'adaptation du cadre, matériel et contractuel de ce travail et la préparation des individus, mais aussi probablement par la recherche d'un nouveau du sens et de la valeur du travail dans ces nouveaux systèmes productifs.

Toutes les situations futures ne peuvent être imaginées et étudiées dès maintenant mais certaines sont déjà perceptibles et doivent faire l'objet de recherches afin de s'y préparer au bénéfice de tous, la Société, dans son ensemble, et les personnes impliquées, à titre individuel et au sein de l'entreprise.

Il est établi que le monde industriel de demain sera «très numérique», ou numérisé, et connecté. Très «automatisé», dans bien des domaines, l'intelligence de l'outil sera plus rapide que celle de l'homme. Mais c'est à l'homme qu'il appartiendra d'assurer la flexibilité, la réactivité, et l'adaptation de l'outil. En parallèle il est probable que la «déstructuration» de la chaîne de création continue de progresser, mais que de ce fait même apparaîtront de nouvelles fonctions de cohésion et de contrôle du processus productif.

Enfin il ne faut pas oublier les atouts et caractéristiques actuels de l'industrie qui en font un élément de cohésion de notre Société, comme la perception d'une aventure «commune» ou l'existence d'une solidarité regroupant toute la chaîne de la création à la réalisation, et faire qu'ils demeurent une réalité.

Dans cette perspective trois thématiques apparaissent comme prioritaires pour des projets de recherche.

L'Homme élément du système

L'homme est déjà et restera un élément clef des systèmes productifs futurs : connaissance intime du produit fabriqué, capacité à appréhender un système complexe et à le reconfigurer, pilotage de haut niveau en anticipation ou en réaction. Les nouvelles technologies de captage, synthèse et mise à disposition de l'information devront aider l'homme, souvent seul, placé dans le processus actif (avec ses besoins de fiabilité et de «ponctualité») ou sollicité uniquement en situation d'urgence (perception de la situation et rapidité de réaction) à agir de façon adaptée. Elles nécessiteront de nouvelles formations et compétences, mais aussi une adaptation des postes pour que réactions et décisions soient optimales pour l'efficacité du processus avec lequel l'homme interagit. Dans tous les cas l'interface homme-machine devra, dans un milieu sur-observé, aider l'homme dans sa tâche en lui fournissant une information, certes riche, mais surtout pertinente, compréhensible et perceptible, afin de l'aider à passer de l'information à la décision, tout en lui permettant de développer son sens de la responsabilité et du travail bien fait. Ceci appelle, compte tenu des objectifs de l'usine du futur, une étude conjointe de l'organisation matérielle du système et du rôle de l'opérateur mais aussi des nouveaux modes de liaisons entre les éléments du système et les opérateurs.

Adapter la réalité du travail aux enjeux de l'usine du futur

Les nouvelles technologies ont d'ores et déjà conduit au développement de nouvelles formes de prescription du travail mais aussi à une vision plus individualiste du travail en entreprise.

Il n'est pas certain que ces évolutions favorisent les transformations évoquées ci-dessus. Les évolutions des modes de prescriptions du travail insistent aujourd'hui sur les

résultats à atteindre en laissant plus d'autonomie dans la réalisation du travail, mais qu'en est-il de l'attention nécessaire, individuelle et collective sur les moyens pour les atteindre, avec la prise en compte des coordinations et rétroactions nécessaires dans l'ensemble du système.

Cela appelle des recherches sur la réalité même du travail requis dans ses organisations industrielles : qu'est-ce qui est effectivement réalisé, quelles sont les responsabilités réelles et les marges d'autonomie dans le travail, comment ces dernières sont-elles évaluée et reconnues, comment la dimension collective du travail est-elle prise en compte (par ex : les classifications et les définitions de postes rendent-ils compte de la réalité du travail de l'usine du futur, les procédures de coordination permettent-elles de rendre compte du travail réalisé, quels modes de formation, d'évaluation, de reconnaissance des acquis et de progression de carrière).

D'une façon plus générale, comment faire cohabiter dynamique d'évolution, attractivité d'une gestion de carrière individualisée et dimension collective du travail dans l'industrie qui est un des éléments de cohésion des organisations productives ? C'est un enjeu important pour un renouveau réussi de l'industrie.

Les nouvelles organisations de la chaîne productive

Entreprises en réseaux, sous-traitance, co-activité sont des termes et des situations qui se développent et se développeront. De nouvelles organisations du travail atypiques seront aussi rendues possibles par les nouvelles technologies de l'information.

Dans le cadre du défi du renouveau industriel, il ne s'agit pas tant de s'intéresser à la mutation très générales des formes d'organisations des entreprises, dans un contexte de mondialisation (voir **défi 8**), que de s'intéresser aux formes concrètes d'organisation de la chaîne productive dans l'usine du futur, c'est-à-dire dans un site productif.

Les transformations de l'organisation concrète des entreprises comportent des risques et des opportunités qu'il convient d'analyser. Risques de la fragmentation des collectifs de travail et des responsabilités, risques de concurrence sociale (cf. les débats sur le détachement des travailleurs ou les pratiques d'impatriation), opportunité du travail par projet entre des équipes de travail de plusieurs entreprises d'un réseau, opportunité de la co-activité pour les grands projets...).

L'évolution du cadre juridique avec les nouvelles possibilités techniques doit être recherchée pour permettre la solidarité nécessaire dans ces organisations éclatées, tout en respectant le travail et les responsabilités de ceux qui y sont impliqués.

Axe 2 : Usine du futur

Cet axe concerne l'usine du futur dans son acception la plus large, considérée comme un système : du fournisseur le plus amont au client final, les composantes « technologies, ressources humaines et organisations », sur l'ensemble du cycle de vie du produit. Ce système, centré sur l'humain, porté par les possibilités du numérique, doit répondre aux attentes des clients, des investisseurs mais aussi de la société. Il doit offrir des produits de qualité adaptés aux besoins des marchés grâce à un système de production aux meilleurs standards de performances, dans lequel la dimension travail (pénibilité, ergonomie, sécurité, compétences, management, coopération...) est essentielle. Les systèmes de production conçus doivent intégrer les nouvelles attentes de la société en

termes de développement durable (en particulier par la promotion des synergies énergies et matières dans son territoire), et aussi de sécurité des installations. Des projets sont attendus dans l'une des 5 thématiques décrites ci-dessous. La prise en compte de dimensions industrielles mais aussi des problématiques plus amont sont attendues. Des projets en forte rupture seront particulièrement bien accueillis.

Usine Système

L'usine système, dans sa dimension « entreprise étendue », est un système complexe qui comprend différentes composantes internes (technologies, ressources humaines, organisation) nécessitant une approche "ingénierie des systèmes". Les méthodes de conception doivent intégrer les interactions entre ces composantes mais aussi avec l'environnement (le client et plus généralement la société). Par exemple, la conception doit prendre en compte le cycle de vie du produit en s'appuyant sur une organisation circulaire du système de production. Ces nouvelles méthodes de conception doivent prendre en compte les services associés qui vont transformer fondamentalement les modes de consommation. L'usine système doit s'intégrer dans son écosystème de proximité en lien avec une chaîne logistique mondialisée.

Usine Virtuelle

L'usine virtuelle doit permettre, dès sa conception, l'anticipation des évolutions futures des technologies, des produits et des organisations pour l'atteinte de la meilleure performance industrielle. Elle doit être basée sur des modèles numériques des systèmes sociotechniques ou organisationnels, fidèles et aux performances mesurables. Des technologies innovantes d'interaction entre l'Homme et l'usine virtuelle doivent permettre de valider de nouveaux scénarios d'usage. Il faudra maîtriser des solutions avancées de réalité virtuelle et augmentée, des méthodes innovantes de simulation et d'optimisation produits-process, des techniques de simulation de la collaboration homme-robot, des mécanismes de reconfiguration de la production permettant de concevoir performant du premier coup. Cette usine virtuelle doit aussi servir à rendre plus rapide et efficace la formation des acteurs de l'usine agissant dans un environnement connecté.

Usine intelligente, connectée, pilotée

L'usine sera intelligente et connectée. Elle doit intégrer les nouvelles technologies permettant d'augmenter les possibilités cognitives des ressources humaines (humain augmenté). La gestion des connaissances sera un facteur clé de succès. Avec l'internet des objets, l'objet physique devient un véritable acteur du pilotage de l'usine ; la prise d'information au plus près du produit ou de l'opération élémentaire, les systèmes de traitement de grandes masses de données doivent contribuer aux décisions pour le pilotage de l'usine. Le pilotage doit assurer un fonctionnement sûr et une grande réactivité. Il concerne les différents niveaux de décision, d'horizons temporels et périmètres (interne et chaîne logistique). Enfin, comme pour tout système, la cyber-sécurité est un aspect essentiel qui doit être intégré dès la conception.

Usine flexible et agile

Une demande de plus en plus personnalisée et exigeante des clients conduit les entreprises à fournir des produits individualisés, de plus en plus complexes, de manière économe et compétitive, et ceci dans des marchés de masse mais aussi de niche. Des renouvellements de plus en plus rapides des gammes de produits nécessitent des possibilités de reconfiguration du système de production, en réutilisant au mieux les moyens de production en place, avec des approches « plug&play », mais aussi de l'organisation industrielle. Il faut penser cette dimension agilité dès la phase de conception. Ces exigences couplées avec la montée en complexité des produits imposent également de repenser la place et le rôle de l'Homme dans l'usine, de prendre en compte les interactions avec les opérateurs et de penser les évolutions de leurs compétences permettant de s'adapter à ces évolutions permanentes.

Usine basée sur des process et moyens de production

L'usine du futur nécessite que la valeur ajoutée apportée soit maîtrisée dans toutes ses dimensions, en particulier sur le plan technologique. Au regard des nouveaux critères d'acceptation sociétale de l'usine, il faudra disposer de technologies innovantes de fabrication, d'assemblage, de mise en œuvre et de mesure apportant une forte valeur ajoutée pour la production de produits fortement différenciés, voire personnalisés. En particulier, la fabrication additive, qui présente encore des défis scientifiques considérables, apporte des procédés en rupture permettant dans le même temps la fabrication du matériau final et de la géométrie des objets produits ainsi que l'intégration de fonctions. Ceci impacte directement les méthodes de conception et de contrôle qui doivent progresser et s'adapter afin de prendre en compte ces technologies et plus largement l'ensemble des technologies innovantes de fabrication. La mise en œuvre de nombre de ces technologies nécessite une forte collaboration entre l'Homme et des solutions robotiques avancées dont la coordination devra être pensée suivant toutes les dimensions de performance. Ceci devra faire appel aux technologies avancées de commande et de contrôle et d'assistance à la mise en œuvre (cobotique, exosquelettes). Les projets attendus doivent prendre en compte l'insertion de ces nouvelles technologies dans l'usine du futur.

L'avènement de l'usine du futur ne deviendra réalité que par le développement de concepts nouveaux, en totale rupture. Des projets de recherche exploratoire ne s'inscrivant dans aucun des alinéas ci-dessus, mais en lien direct avec l'usine du futur sont non seulement attendus dans cet axe, mais ils y seront très bien accueillis.

Axe 3: Matériaux et procédés

Les matériaux (métalliques, composites, polymères, verres, céramiques, hybrides ...) et leurs surfaces sont des éléments stratégiques pour le renouveau industriel et la compétitivité des entreprises, en particulier pour les aspects liés 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, au même titre que leur 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 jugées comme des enjeux majeurs.

L'axe vise à promouvoir des projets de recherche amonts comprenant une prise de risque significative. Les projets devront nécessairement s'intégrer dans l'une des thématiques ci-dessous qui sont en cohérence avec les orientations souhaitées par la SNR (Stratégie Nationale pour la Recherche):

Multimatériaux multifonctionnels multiéchelles.

La multifonctionnalité, élément clé des matériaux dans l'avenir, doit être pensée en termes de "matériau sur mesure" qui peut être obtenu, soit par l'association de plusieurs matériaux suivant une organisation topologique et structurale, éventuellement sur plusieurs échelles, de manière à obtenir l'ensemble des fonctions recherchées (mécaniques, thermiques, optiques...), soit par la conception directe de matériaux polyfonctionnels. L'étude de matériaux massifs innovants couplant plusieurs propriétés fonctionnelles (électriques et magnétiques pour les multiferroïques ou électriques et thermiques pour des composites par exemple) est inscrite dans cet axe.

Les procédés d'assemblage (collage, rivetage, soudage, brasage...) sont considérés multi-matériaux et multi-échelles. Les problématiques liées aux zones d'hétérogénéité interfaciales (gradient de microstructure, localisation des phénomènes sous sollicitation) seront également traitées. On favorisera les approches couplées expérimentation/simulation, ainsi que le développement de procédés originaux.

Matériaux bioinspirés.

Dans cet item de nouveaux modes de fabrication des matériaux utilisant des schémas de structuration ou des procédés similaires à ceux utilisés par la nature (biomimétisme) ou l'utilisation de procédés naturels pour contrôler et diriger la croissance de nouveaux matériaux à un coût énergétique moindre sont attendus. Les projets traitant du bois font également partie de cette thématique.

Les aspects biomatériaux et produits biocompatibles seront traités dans le Défi 4 (Santé).

Nouvelles chimie pour les matériaux composites

Les matrices organiques utilisées pour les matériaux composites structuraux font appel aux matrices thermodurcissables (essentiellement) issues de résines époxyde/amine. Elles nécessitent des cycles de cuisson à des températures relativement élevées et l'utilisation d'un autoclave. De nouvelles chimies sont nécessaires pour obtenir, soit des matériaux permettant une mise en œuvre hors autoclave avec des températures de polymérisation comprises entre la température ambiante et 100°C, afin de limiter la durée des cycles de mise en œuvre et les coûts associés, soit des matériaux permettant une utilisation en service à des températures élevées (jusqu'à 300°C en continu) avec une mise en œuvre industriellement réaliste.

Science et génie métallurgique.

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 ils interviennent : aéronautique, automobile, ferroviaire,

construction, emballage.... Le développement d'alliages innovants est un challenge du domaine. Les propositions s'orienteront autour de ce besoin. Elles nécessiteront 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 performants pour conditions sévères.

Il s'agit de développer une nouvelle génération de matériaux et les procédés d'élaboration associés, conduisant à une fiabilité des performances et/ou des durées de vie améliorées dans des conditions d'utilisation extrêmes (très hautes températures, contraintes mécaniques élevées, forte vitesse de déformation, milieux fortement corrosifs, matériaux alliant performances et recyclabilité élevée, autoréparation...). Les performances résultent de l'optimisation de compositions, de structuration aux échelles méso, micro et nano, de structures moléculaires, composites ou d'architectures. Le suivi du vieillissement, ainsi que la capacité à s'auto-réparer sont également recherchés.

Substitution de matériaux critiques et procédés de recyclage

Il s'agit d'une part de proposer des matériaux et les procédés associés qui permettront de remplacer les matériaux utilisant des éléments en voie d'épuisement (voire contrôlés de manière géostratégique) ou en voie d'interdiction, et d'autre part de favoriser le recours à des matériaux naturels et/ou renouvelables, intrinsèquement biodégradables et mis en œuvre par des procédés originaux, notamment soucieux de l'environnement. La recherche de procédés innovants respectueux de l'environnement pour l'extraction ou le recyclage de métaux stratégiques et de composites carbonés se situe également dans cette démarche.

Surface et interface : fonctionnalisation et 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. Les traitements de surface ou les revêtements en couches minces ont pour objet de conférer des caractéristiques ou des fonctionnalités nouvelles. 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 de fonctionnalisation proposé, que par les propriétés recherchées.

Mise en forme de matériaux.

Pour la mise en forme, il s'agit de bien mettre en relation les spécificités des matériaux avec les procédés utilisés pour les obtenir, notamment dans les outils de simulation. Les projets dédiés aux relations entre procédés de mise en œuvre et propriétés finales du matériau sont au cœur des attendus. Ces procédés de mise en forme (qui incluent la fabrication additive) peuvent concerner aussi bien des métaux, des polymères et/ou des céramiques.

Méthodes de mesure et instrumentation.

L'augmentation de la qualité de la production passe par un meilleur contrôle des procédés. Il implique en particulier un suivi en ligne des caractéristiques des matériaux fabriqués, ce qui peut permettre un ajustement des conditions d'opération. Pour l'obtention de données en temps réel, le développement de caractérisations et diagnostics en ligne (et donc en temps réel) est fondamental. On visera dans cet axe des projets de rupture par la technologie de détection et l'éventuelle action corrective sur le procédé.

Matériaux numériques virtuels.

La construction d'un matériau virtuel a de multiples finalités telles que la détermination rapide de l'influence de textures ou de microstructures sur les propriétés du matériau, l'influence de défauts microscopiques sur le comportement à l'échelle macroscopique, la prévision de ruine du matériau, voire la certification de pièces... Cette démarche accélère les études de matériau, mais sa fiabilité repose sur la capacité du modèle numérique support à représenter la structure, le comportement ou les phénomènes que l'on cherche à étudier. Ce n'est pas l'étude du comportement d'un matériau par sa simulation à l'aide de logiciels du commerce qui est recherchée ici, mais les démarches originales de modélisation destinées à prendre en compte la complexité d'un matériau réel.

Axe 4 : Chimie durable, produits, procédés associés

La chimie doit aujourd'hui répondre aux enjeux du développement durable et placer l'humain 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 son impact environnemental (rejets gazeux et liquides, écotoxicologie). 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 doit 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. Cette 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 systématiquement intégrées à tous les niveaux de maturité technologique, de manière réfléchie pour que les données acquises soient pertinentes dans une perspective de développement industriel.

Les projets attendus concernent la recherche, le développement et la mise en œuvre de nouvelles voies de synthèse, plus économes en matières premières et en énergie. Ils peuvent donc aborder toute la chaîne de valeur allant de la sélection des matières premières, à la mise au point de la voie chimique (recherche de nouvelles réactivités, objets catalytiques, solvants « verts » ...) et au procédé associé, intégrant si nécessaire les étapes de séparation et purification (downstream). Le développement de procédés plus sûrs et à faible impact environnemental, en s'appuyant notamment sur les concepts de l'intensification des procédés (éco-efficients), fait également partie des attentes de cet axe. Les applications visées concernent tous les secteurs de la chimie, y compris la chimie pharmaceutique.

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 priorités thématiques suivantes :

Procédés économes et intensifiés

Cette brique concerne la mise au point et le développement de technologies, basées sur des voies chimiques économes en atomes (réactions cascade, tandem, domino ou multicomposant, one-pot ...) et sur des procédés innovants faisant appel à la miniaturisation, la microfluidique, les couplages de transferts, les méthodes d'activation (micro-ondes, ultrasons, photochimie, électrochimie, plasma non thermique, broyage...), la simulation avancée, l'analyse et le contrôle des procédés...

Biotechnologies blanches et chimie bio-inspirée

Cette composante s'intéresse à l'identification, au développement, à la mise au point ou à l'optimisation de nouveaux bio-procédés (procédés fermentaires, mise en œuvre de consortium microbiens ...), de nouvelles voies métaboliques permettant l'accès à des produits originaux. Les aspects applicatifs, notamment dans le domaine industriel, pour les bio-capteurs ou la bio-remédiation sont également envisagés. Les projets soumis dans cet axe pourront être de nature expérimentale, théorique, technologique, industrielle (procédés), tout en privilégiant une approche pluridisciplinaire. Ils 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 à différentes échelles (de la molécule au procédé). Les projets concerneront des applications en chimie du végétal mais aussi, plus largement, en chimie organique.

Nouveaux milieux, nouvelles molécules

Le développement d'une chimie éco-compatible et de ses procédés associés passe par la substitution des milieux réactionnels traditionnels par des milieux moins conventionnels tels que le CO₂ supercritique, l'eau subcritique, les liquides ioniques, les solvants eutectiques, les milieux colloïdaux, les solvants biosourcés ... Cette substitution implique le plus souvent en amont des travaux permettant leur mise en œuvre efficace, l'analyse de leur cycle de vie et de leur recyclage, leur séparation autant que des études alliant théorie et expérience permettant de rendre compte des réactivités spécifiques obtenues en leur sein. Cette thématique s'intéresse également à la recherche de nouvelles molécules et produits présentant des propriétés originales en accord avec les attentes sociétales. Les avancées attendues concernent la recherche de solutions de substitution de substances soumises à autorisation dans REACH ou conduisant à des produits plus respectueux de l'environnement ou à de nouvelles propriétés thérapeutiques plus ciblées. Le développement des méthodes de conception et d'évaluation *a priori* de la réactivité (approche *in silico*) de ces nouveaux produits joue un rôle clef, dans un contexte de compétition croissante et de sécurité des installations et des impacts biologiques et environnementaux. On pourra s'intéresser au criblage de propriétés, (approches QSPR, QSAR ...) pour le développement des méthodes prédictives

basées sur une compréhension à l'échelle moléculaire des relations structures-propriétés et de la réactivité chimique des produits.

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 intelligents. Cette brique thématique concerne notamment la synthèse d'organisations supramoléculaires minérales et organiques possédant des propriétés d'auto-assemblage ou d'auto-organisation, l'étude des architectures ou des assemblages eux-mêmes, 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, jusqu'à la chimie colloïdale, la physico-chimie ou la chimie enzymatique...

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 les catalyses multiples mais aussi la catalyse homogène et la catalyse hétérogène.

On pourra s'intéresser en particulier au couplage d'activités catalytiques en s'appuyant sur des domaines de recherche tels que l'organocatalyse, la catalyse duale (couplage de 2 catalyses chimiques), la catalyse hybride (couplage de la biocatalyse avec une catalyse chimique), la catalyse tandem, la multicatalyse, la catalyse coopérative, la catalyse enzymatique, les métallo-enzymes, la biocatalyse. Des formulations innovantes de complexes catalytiques plus performants et stables, y compris dans des conditions réactionnelles sévères, sont attendues. Des avancées sont aussi attendues dans les technologies aval pour le recyclage des catalyseurs.

Les projets axés sur la catalyse homogène concerneront la recherche de nouvelles activités catalytiques mais devront également contribuer à lever des verrous liés à son utilisation en procédé. Ce domaine concerne la catalyse organométallique, la catalyse dans l'eau ou dans de nouveaux milieux... La récupération du catalyseur est un des verrous majeurs associés à ce type de catalyse. Les projets pouvant apporter une solution, par exemple en utilisant la catalyse homogène biphasique, la catalyse homogène supportée ou apportant des ruptures aux procédés conventionnels sont les bienvenus.

Dans le domaine des systèmes catalytiques hétérogènes, des avancées sont attendues en termes de fonctionnalisation et de modification de surface, catalyse hétérogène supportée, conception et mise au point de nanocatalyseurs, électrocatalyseurs, photocatalyseurs, développement de micro- et nanoréacteurs. On pourra s'intéresser notamment à la stabilité de ces systèmes catalytiques ainsi qu'à la sélectivité des réactions, souvent moins bien maîtrisée qu'en milieu homogène. Enfin, le comportement des impuretés des substrats envisagés, en particulier biosourcés, doit être pris en compte dans l'étude de l'acte catalytique.

Chimie et polymères biosourcés

Il s'agit ici d'étudier la transformation par voie chimique ou combinaison de technologies chimiques et biotechnologiques, des molécules plateformes (synthons) biosourcées, issues notamment de bioraffineries ou de procédés de biotechnologie industrielle, en molécules à forte valeur ajoutée tout en mettant en œuvre des approches écoresponsables. Est également concernée l'obtention de polymères et de macromolécules d'origine naturelle. On peut citer par exemple 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, le recyclage des polymères synthétiques ou naturels, la transformation ou la fonctionnalisation de macromolécules naturelles.

Les projets soumis dans cet axe pourront être de nature expérimentale, théorique, technologique, industrielle (procédés), tout en privilégiant une approche pluridisciplinaire. Ils 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 à différentes échelles (de la molécule au procédé).

Axe 5 : 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 projets, proposés dans cet axe doivent adresser des verrous scientifiques et technologiques génériques 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 groupes répondant aux priorités de la Stratégie nationale de recherche (SNR) 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 ainsi que de substrats innovants pour l'optoélectronique souple, utilisant si possible les principes d'écoconception et d'objets *safe by design*. La durabilité des nanomatériaux peut 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 10 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 fins 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.

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

Les capacités à assembler ou diriger l'auto-assemblage de ces 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, 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 et des solutions qu'ils proposent avec les procédés industriels peuvent également faire l'objet d'études.

Nano-objets 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 de produits actifs, vectorisation). Les projets peuvent adresser des questionnements 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 12 du défi 4. Quels que soient les verrous adressés, 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 car 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 3 du défi 3. Dans cet axe 5, 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 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 10 du défi 7. La même problématique pour le suivi environnemental relève du défi 1 et du défi 5 pour la sécurité alimentaire et du défi 9 pour les aspects sécurité.

Instrumentation, caractérisation, caractérisation in situ, in 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. Les propriétés physiques sur lesquelles sont fondés ces instruments peuvent être de toute nature (Raman, SERS, LSPR, microscopie optique, électronique, champ proche, acoustique, magnétique, thermique...). Les méthodes de caractérisation *in situ* voire *in operando* sont particulièrement souhaitées lorsque les nanomatériaux sont utilisés dans des dispositifs fonctionnels. Les capacités d'imagerie apportées par les principes de la super-résolution optiques sont les bienvenus. Enfin, les projets portant sur les capacités de détection apportées par les nanoparticules et pouvant servir de base aux développements de nouveaux instruments de mesure et de contrôle des procédés sont également souhaités.

Un objectif de l'axe est de favoriser l'amplification 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 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 la résolution 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 2015/2016 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:

- Appels bi ou multilatéraux sur thématiques spécifiques avec un calendrier distinct :
 - Appel à projets franco-américains en neurosciences computationnelle 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,
 - Appel à projets quadrilatéral sur la biologie de synthèse.
- ERA-NETS intégrés dans la programmation européenne du 7e PCRD ou d'Horizon 2020
 - EuroNanoMed II – Nanomedecine,
 - Era - CVD, maladies cardiovasculaires,
 - ERA-NET Cofund Neuron3 - neurosciences,
 - FLAG-ERA (en lien avec le Human Brain Project),
 - Infect- ERA – maladies infectieuses Humaines,
 - E- Rares 3– Maladies rares,
 - JPND Cofund Era- Net sur maladies neurodégénératives
 - Action CoEN
 - E- Rares 3– Maladies rares
 - ERA-NET to support JPI AMR – résistance aux antimicrobiens ;
 - EJP Radioprotection,
 - ERA-NET to support JPI HDHL – Biomarqueurs en Santé / Nutrition,
 - ERA-NET Sustainable Animal Production, Santé Animale (en lien avec le défi 5).
- Joint program initiatives :
 - JPI AMR Résistance aux antimicrobiens,
 - JPND joint programming sur les Maladies Neurodégénératives,
 - JPI HDHL « Healthy Diet Healthy Life, une alimentation saine pour une vie saine » en interface avec le 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 4), le lecteur est invité à se reporter au paragraphe « **Multidisciplinarité, transversalités et interfaces** » (en page 48) 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**.

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**.

Recoupements entre les différents axes : 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, mécanismes d'antibiorésistance dans « pathologie émergentes et résistances », les projets de plasticité synaptique dans neurosciences, la biologie des lymphocytes en axe 6, etc...

COFINANCEMENTS¹² POTENTIELS DE PROJETS DE CE DEFI

[voir tableau 3](#)

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

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

¹² 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.

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 bio-inspirées. 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.

« 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. Pour les domaines scientifiques concernés par ces actions, l'encouragement à des collaborations internationales se traduira par un équilibrage au regard du volume global national + international du domaine concerné.

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.

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 multi-échelle 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 inter-conversions 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, génétique, biologie moléculaire, cellulaire, 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 soutenir et à inciter de nouveaux développements

technologiques pour la recherche, comme 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 concerne l'analyse de complexes protéiques ou nucléo-protéiques et leurs fonctions, ainsi que de nouvelles approches expérimentales visant à agir sur le vivant avec des applications possibles en biologie fonctionnelle et en santé humaine ou en biotechnologies. Il inclut la conception de nouveaux systèmes biologiques (biologie de synthèse).

Actions internationales : certains projets dans le cadre de l'accord Quadrilatéral Synbio (Biologie de synthèse) seront rapportés à cet axe

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 leur fonctionnement normal et pathologique : physiologie, physiopathologie, vieillissement

Il s'agit de comprendre la logique de l'assemblage hiérarchique des composants des tissus et des organes, comment leurs interactions génèrent leurs propriétés et comment l'altération ou le dysfonctionnement d'un ou plusieurs de ses composants est à l'origine de pathologies. Ces pathologies peuvent provenir entre autres de facteurs intrinsèques (génétiques, épigénétiques, vieillissement), extrinsèques (nutrition, microbiotes, infections, médicaments, contaminants) ou socio-comportementaux.

Cette action vise à soutenir des projets abordant l'ensemble des déterminants (biologiques et sociaux), en particulier mais pas exclusivement, dans le domaine des pathologies métaboliques et de la nutrition.

En toxicologie environnementale, les approches encouragées pour les projets de biologie 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 (foetus, puberté), 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 perturbateurs endocriniens.

Actions internationales : Les projets de l'ERa-CVD et certains projets dans le cadre de l'Era-Net E-Rare 3 seront rapportés à cet axe. Les projets dans le cadre de l'ERA-NET Infect-ERA seront rapportés à cet axe.

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

Cet axe concerne :

- Les outils de bioinformatique, biostatistique et modélisation en biologie, recherche préclinique et clinique, épidémiologie intégrant les données de la biologie à haut débit, y compris en intégrant l'impact sur l'organisation du système de santé. Sont concernés : le démantèlement nosologique des maladies communes, la compréhension de leur physiopathologie et l'évaluation des interventions. Cette action recouvre la récolte intensive de données souvent hétérogènes, le traitement des données massives, l'interprétation des données, la simulation numérique, 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. Le développement de modèles et les méthodes permettant leur confrontation aux données font également partie de cet axe.
- 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 de l'émergence et de la diffusion de ces innovations biomédicales.
- L'impact de ces évolutions techniques sur la relation au patient et l'évolution de son comportement.

Actions internationales : Certains projets financés dans le cadre des AAP Neurosciences computationnelles CRCNS pourraient être rapportés à cet axe.

Axe 5 : Génétique et Génomique : relation génotype-phénotype, interactions génome environnement, épigénétique

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, ainsi que du contrôle de leur expression. Cette action vise à appréhender les bases génétiques et épigénétiques du fonctionnement du vivant chez différents organismes et les mécanismes génétiques et défauts de l'expression génique à l'origine des maladies humaines. L'étude des variations génétiques, en particulier celle des régions génomiques cibles des modifications épigénétiques, les mécanismes de régulation de l'expression des gènes, 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 et des relations potentielles entre microbiotes et pathologie(s) ont permis l'accumulation d'un premier socle 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 de favoriser les recherches interdisciplinaires incluant recherches omiques, haut débit et modélisation pour accroître les connaissances sur les mécanismes moléculaires impliqués dans l'"équilibre/adaptation" entre les communautés microbiennes et leur hôte ainsi que sur les "fonctions/dysfonctions" des microbiomes et leur impact sur l'organisme en général. Les recherches sur la sensibilité aux infections, la résistance aux antibiotiques dans les cas pathologiques et sur des biomarqueurs prédictifs de maladies inflammatoires des muqueuses seront également encouragées.

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

Actions internationales : Certains projets dans le cadre de l'ERA-NET Infect-ERA (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 :

Neurosciences, approches fondamentales du fonctionnement du système nerveux

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), ainsi que des aspects propres au cerveau et de l'être humain ou animal dans sa dimension sociale (multi-modalité sensorielle, mémoire, comportements, reconnaissance des objets et des actions, conscience, pensée, langage, relations avec autrui...).

Santé mentale, psychiatrie et Addictions

Ce sous axe vise à soutenir des projets abordant l'ensemble des expressions, des déterminants biologiques et sociaux de la santé mentale et de la psychiatrie et de l'addiction. L'approche médicale ou 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.

Actions internationales : les actions autour de l'ERA-NET Cofund Neuron 3 (Neurosciences) seront rapportées à ces deux sous axes, ainsi que 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.

Neurologie, neuropathologies, et Actions de recherche sur les maladies neurodégénératives

Cet axe couvrira aussi les aspects concernant la compréhension des mécanismes des pathologies du système nerveux et des organes des sens et leur évolution, en particulier les pathologies des organes des sens, les pathologies cérébrovasculaires. Il a pour objectif de favoriser les complémentarités et les synergies dans le domaine des maladies neurodégénératives entre la recherche fondamentale et les recherches précliniques, clinique, épidémiologique, en SHS, et en technologies pour la santé permettant une recherche sur plusieurs maladies neurodégénératives. Les projets viseront à mieux comprendre les MND, à travers l'analyse de leurs mécanismes physiopathologiques, ainsi qu'à fertiliser la recherche sur les diverses MND.

Actions internationales : les actions autour du JPND (Maladies Neurodégénératives) et de la participation dans le réseau international COEN seront rapportées à cet axe.

Axe 8. Approche intégrée des réponses immunitaires

Face à l'incidence croissante des pathologies immunes et inflammatoires, 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 diagnostiquer les déficits immunitaires, à améliorer l'efficacité vaccinale et à prévenir l'organisme des réponses immunes délétères seront également soutenus.

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

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 8)

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 »). Les projets afférents seront évalués par les mêmes experts, au sein d'un comité 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 physio-pathologiques 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.*

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 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 biomédical. Le champ concernera uniquement les innovations destinées à la santé autour des aspects de recherche et 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.

Actions internationales : les actions autour l'ERA-NET EuroNanoMed II (Nanomedecine) seront rapportées à cet axe.

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. Santé-environnement fondé sur le concept de « One Health »

(axe conjoint avec les Défis 1 et 5)

Cet axe est commun aux défis 1, 4 et 5, et les projets qui y seront soumis seront évalués conjointement. Il concerne les domaines à l'interface entre les défis, ou des approches particulièrement trans-disciplinaires. Cet axe vise à encourager les recherches permettant d'éclairer les interactions entre environnement et santé, en particulier en lien avec les comportements et les facteurs de risques associés aux conditions de vie.

L'étude des interactions environnement -santé humaine implique des interrelations fortes entre biologie et santé humaines, animales et végétales, chimie, écologie, écotoxicologie, évolution, et sciences humaines et sociales. Le cœur de ces études est la compréhension des relations entre la santé humaine, la santé de l'ensemble des espèces vivantes et le bon fonctionnement des écosystèmes, concept reconnu au niveau international sous le nom de « One health ». Ce concept est soutenu par la notion d'exposome et implique une analyse cohérente des risques émergents.

Deux sous axes seront considérés :

Contaminants, écosystèmes et santé.

Ce sous axe s'intéresse à l'étude 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) 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; 3) améliorer les capacités prédictives grâce à des approches systémiques ; 4) comprendre les facteurs environnementaux, économiques et sociaux qui déterminent ou modulent les expositions et les vulnérabilités des populations humaines, la mobilisation des acteurs sociaux ; 5) développer des approches de remédiation.

Environnement et maladies infectieuses émergentes ou ré-émergentes.

Pour le défi 4, l'objectif est de soutenir les recherches multidisciplinaires prenant en compte les dimensions sociales et environnementales des maladies infectieuses zoonotiques dans une optique de préparation au risque épidémique, voire pandémique, mais aussi de prévention et d'anticipation, et de lutter contre les résistances aux

antiinfectieux, dans la mesure où l'Homme est au cœur du projet.

Ce sous axe vise à renforcer les connaissances sur le rôle des facteurs environnementaux anthropiques ou non dans l'émergence ou la ré-émergence de maladies (humaines, animales, et en particulier zoonoses) ou l'apparition de résistance aux anti-infectieux. Des approches pluridisciplinaires et intégratives sont particulièrement attendues sur les thèmes suivants :

- origine et détection des agents pathogènes, de leurs niches écologiques (réservoirs et vecteurs), des conditions de développement et de la dynamique spatio-temporelle de transmission de ces agents pathogènes;
- connaissance sur les agents pathogènes eux-mêmes et sur la relation pathogène- hôte
- mécanismes d'interactions entre facteurs environnementaux, anthropiques et sociaux favorisant la virulence et la dissémination des agents pathogènes;
- modélisation des paramètres d'émergence, de diffusion ou d'exposition, dont la constitution de bases de données ou de systèmes d'observation couplant données environnementales et climatiques, biologiques, sociales, économiques, démographiques 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;
- identification des zones et des populations à risques, aspects sociétaux et de santé publique ;
- méthodes et moyens de lutte compatibles avec l'environnement et la santé humaine (vaccination, traitement, surveillance, politiques de prévention, gestion des situations d'urgence...).
- gestion des résistances dont l'amélioration d'outils de détection rapides et de diagnostic des résistances.

DEFI 5 – Sécurité Alimentaire et Défi Démographique

COLLABORATIONS EUROPEENNES ET INTERNATIONALES :

Ce défi s'appuie également 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 2015/2016 priorisées pour un support à l'international 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>

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** » (en page 48) 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 :

Dynamique des écosystèmes en vue de leur gestion durable (axe 2) : Cet axe est conjoint aux défis 1 et 5.

Environnement-Santé (Axe 3) : Cet axe est conjoint aux défis 1, 4 et 5.

Microbiomes (Axe 4) : 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.

Usages diversifiés de la biomasse (Axe 5) : les approches multi-usages de la biomasse, lorsque l'objectif principal n'est pas spécifiquement 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 de la biomasse, sur leurs impacts environnementaux, sociaux, économiques, sur le développement rural ou local et sur la compétitivité relèvent de ce défi.

COFINANCEMENTS¹³ POTENTIELS DES PROJETS DE CE DEFI

[voir tableau 3](#)

Le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire, et de la Forêt (MAAF) s'associe à l'ANR dans le cadre de l'appel à projets générique 2016. L'implication du MAAF 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 (dont le plan Ecophyto), dont les objectifs de recherche et d'innovation sont en cohérence avec les problématiques du défi 5. Le MAAF est ainsi susceptible de mobiliser des moyens financiers complémentaires permettant de soutenir les projets traitant particulièrement de ces enjeux.

Par ailleurs, APISGENE 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. APISGENE mobilisera des moyens financiers d'origine professionnelle pour soutenir de tels projets de recherche en partenariat public privé.

Introduction

La croissance démographique mondiale est porteuse d'enjeux forts pour l'avenir de nos sociétés, notamment en termes de sécurité alimentaire et d'usages diversifiés de la biomasse à partir de carbone renouvelable. Elle s'inscrit dans un contexte d'évolution des régimes alimentaires, de globalisation des circuits de production, d'échanges de matières premières ou de produits transformés, de raréfaction des ressources, d'aléas climatiques grandissants et de préoccupations environnementales liées aux pratiques d'exploitation des écosystèmes productifs.

De ces éléments de contexte, trois axes de recherche se dégagent :

- **innover pour la triple performance économique, sociale et environnementale des écosystèmes productifs.** Il s'agit de développer des ressources biologiques et des systèmes de production contribuant à accroître cette performance. Dans ce cadre, la gestion durable des écosystèmes agronomiques, forestiers, halieutiques et aquacoles et de leurs interfaces avec les écosystèmes naturels et semi-naturels, mais aussi celle des services écosystémiques associés, est un point majeur. De même, la gestion des relations entre l'environnement, la santé des populations et les communautés présentes au sein de ces systèmes, est essentielle.
- **assurer la sécurité alimentaire dans ses dimensions quantitatives et qualitatives.** Il s'agit de nourrir « durablement, sainement et équitablement » les populations de la planète. Les systèmes alimentaires (production,

¹³ 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.

transformation, échanges, distribution, consommation) doivent évoluer dans cette perspective. Les innovations devront intégrer de nouvelles matières premières et processus de transformation de celles-ci, mais aussi accompagner les évolutions des acteurs quant à leurs pratiques de consommation, d'éco-conception et de réduction des pertes et gaspillages.

- **promouvoir la bioéconomie au sein des territoires.** Par la conception intégrée des systèmes de production, de transformation et d'utilisation de la biomasse au sein des territoires, il s'agit de développer l'exploration et l'exploitation durables de la diversité des organismes vivants terrestres ou aquatiques pour des usages alimentaires et non alimentaires, dans un contexte de transition écologique et d'économie circulaire à l'échelle des territoires.

Par rapport à ces orientations, le défi 5 est décliné en cinq axes qui concernent l'acquisition de connaissances tant fondamentales que finalisées, en biologie, en sciences agronomiques et écologiques, en sciences humaines et sociales, ou encore aux interfaces entre ces ensembles disciplinaires. Ces axes appellent à des démarches de recherche systémiques imposant un effort de conceptualisation et d'intégration des données et connaissances issues de champs disciplinaires nombreux et relevant de différents niveaux d'organisation et d'échelles spatiales ou temporelles.

- Axe 1. Biologie des animaux, des végétaux, des micro-organismes, atténuation et adaptation à l'environnement
- Axe 2. Dynamique des écosystèmes en vue de leur gestion durable
- Axe 3. Santé-environnement
- Axe 4. Alimentation, systèmes alimentaires sains et durables, sécurité alimentaire mondiale
- Axe 5. Bioéconomie : des productions aux usages diversifiés de la biomasse

Ces cinq 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.

et secondairement, d'autres orientations prioritaires de la SNR telles que l'orientation n°2 (Gestion durable des ressources naturelles), l'orientation n°3 (Évaluation et maîtrise du risque climatique et environnemental), l'orientation n°10 (Substituts au carbone fossile pour l'énergie et la chimie) ou l'orientation n°16 (Analyse multi-échelle de la diversité et des évolutions du vivant).

Axe 1 - Biologie des animaux, des végétaux, des micro-organismes, atténuation et adaptation à l'environnement

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 aux changements globaux, en valorisant la biodiversité ;

- améliorer les ressources génétiques pour une meilleure efficacité des intrants (fertilisants, pesticides, eau,...) et une limitation des impacts environnementaux (appauvrissement des sols, salinité, dégradation de la qualité des ressources en eau, bilan carbone).

Ces organismes et ressources génétiques contribueront au développement de modèles de production renouvelés ou alternatifs, plus adaptés aux conditions locales, soucieux d'éthique et de durabilité.

Viser cette amélioration des performances nécessite, par des approches complémentaires (biochimiques, physiologiques, génomiques, génétiques, épigénétiques de modélisation, bio-informatique,...) :

- d'élucider **les mécanismes et les déterminismes** qui participent au **développement, à la croissance, à la reproduction, à la production et aux plasticités d'adaptation** des espèces animales, végétales et microbiennes ;
- de décrypter **les mécanismes et les déterminismes des interactions entre organismes** positives (symbiose, associations bénéfiques...) et/ou négatives (parasitisme, pathogénicité...). Les recherches concerneront des associations spécifiques, mais également les mécanismes génériques de ces interactions. La relation croisée entre variations environnementales (carence/excès de nutriments, sécheresse...) et le développement d'interactions biotiques favorables et défavorables est notamment concernée.
- de déterminer **les caractéristiques d'adaptation ou d'atténuation nécessaires aux organismes vivants exploités en réponse aux évolutions globales** sur le long terme, et d'explorer la biodiversité d'espèces alternatives adaptées à des conditions locales ou à des contextes socio-économiques spécifiques. Il s'agira ensuite d'étudier le déterminisme et les mécanismes d'expression de ces caractéristiques afin de les intégrer dans des systèmes productifs renouvelés (agroforesterie, nouveaux systèmes d'élevage, agroécologie, aquaculture...).

Pour optimiser les processus de transitions agricoles, il est nécessaire de maintenir et développer les espèces, les races et les variétés et de tester en conditions réelles leurs capacités, en particulier : (i) d'améliorer les méthodes pour la préservation et la valorisation des ressources génétiques; (ii) d'expérimenter si les **connaissances accumulées sur les espèces modèles sont transférables** 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, développement d'outils de sélection modernes intégrant notamment les effets épigénétiques); (iii) d'optimiser **les méthodes** qui permettent de faire **évoluer les génomes**, leur expression et leur sélection (reproduction, multiplication clonale, polyploïdisation, apomixie, OGM, ...); (iv) de recourir à la **modélisation** pour une **biologie plus intégrative et prédictive**.

Les approches de biologie des systèmes et de biologie synthétique relèvent de cet axe. La mise en œuvre de ces recherches pourra notamment faire appel aux outils « omiques ». L'ensemble de cet axe de recherche s'inscrit dans un continuum d'échelles qui comprend les niveaux moléculaire, cellulaire, l'organe et l'individu et de biologie des systèmes.

Appel multilatéral 2016 France, Allemagne, Portugal, Espagne : Génomique des plantes et adaptation au changement global (PLANT KBBE)

Axe 2 - Dynamique des écosystèmes en vue de leur gestion durable

Cet axe est commun aux défis 1 et 5. L'intention est d'encourager une approche intégrée des écosystèmes pour promouvoir la transition agro-écologique des systèmes de production. Sont encouragés des projets interdisciplinaires, entre sciences écologiques, sciences agronomiques et biologiques et sciences humaines et sociales. Les projets soumis dans ce cadre seront évalués par un comité d'experts mixte et équilibré, relevant des sciences agronomiques, des sciences écologiques et des sciences humaines et sociales.

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 gradient 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 le développement de productions alimentaires et non alimentaires, incluant l'ensemble des services écosystémiques

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 également de concevoir la transition agro-écologique vers de nouveaux systèmes productifs intégrés et durables basés sur un fonctionnement écologique assurant conjointement une meilleure efficacité, une limitation des rejets (qualité des eaux et des sols, gaz à effet de serre et qualité de l'air), la maîtrise de l'utilisation des ressources en eau et en sol, la mobilisation et la protection des composantes de la biodiversité, la séquestration du carbone et une gestion intégrée des systèmes productifs dans les paysages et les territoires. 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, gestion durable des forêts, approche écosystémique des pêches, aquaculture durable....

Les recherches viseront à mieux comprendre :

- les dynamiques d'adaptation des écosystèmes face aux changements climatiques (dont événements extrêmes) 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 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 différentes échelles – 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.

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 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 l'adaptation des écosystèmes en réponse aux changements globaux ;
- identifier les verrous et les leviers d'action pouvant faciliter 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 ;
- 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 : accompagnement de la transition agro-écologique ; protection de la biodiversité combinant des outils réglementaires classiques et des outils incitatifs ; gestion intégrée des risques sanitaires par des stratégies de biosurveillance, de biovigilance et de biocontrôle.

Appels internationaux 2015/16 : i) Infrastructures vertes (ERA-NET BIODIVERSA-3) ; ii) Sustainable livestock production (JPI FACCE) (en lien avec le défi 4); iii) Exploitation durable des ressources marines (ERA-NET Cofund COFASP); iv) Mediterranean Agriculture (ERA-NET ARIMNet)

Axe 3 - Santé- Environnement

L'axe 3 est commun aux défis 1, 4, et 5. Cette initiative vise à favoriser les projets intégrés et multidisciplinaires. Il est attendu dans cet axe des projets intégratifs. Les études sur les impacts écotoxicologiques des substances utilisées et produites par les filières de productions sont inscrites dans cet axe. Cet axe comprend deux sous axes : . Les projets seront évalués dans deux sous-comités correspondants.

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, dans le cadre d'approches intégrées fait partie des priorités de la Stratégie Nationale de Recherche (Défis 1, 4, 5). Cet axe concerne les impacts des contaminants (physiques, chimiques et biologiques) sur les écosystèmes et la santé humaine en prenant en compte les différents milieux et les différentes expositions (notion d'exposome). Il concerne aussi les interactions entre environnement, santé animale et santé humaine - dans l'optique One Health¹⁴ - et le rôle de l'environnement dans la dynamique des maladies émergentes et réémergentes.

Pour être inscrites dans cet axe, des coopérations sont attendues entre les différentes disciplines (biologie, médecine, écologie, épidémiologie, mathématiques, sciences de l'environnement, physique, chimique, sciences humaines et sociales...). Il s'agit à la fois de mieux comprendre les phénomènes, les mécanismes, de développer des approches intégratives, d'évaluer les risques, de proposer des méthodes de surveillance, de lutte et des politiques adaptées.

Contaminants écosystèmes et santé.

Ce sous-axe s'intéresse à l'étude d'une part de la toxicité des contaminants (y compris d'origine pharmaceutique), de leurs métabolites et produits de transformation, sur les écosystèmes et la santé des populations humaines (incl. les expositions professionnelles), entre autres la diffusion dans l'environnement de produits induisant des résistances aux anti-infectieux. Concernant les contaminants, des approches multidisciplinaires des recherches sont attendues pour :

- étudier, dans le cadre de la notion d'exposome, les interactions entre différents contaminants, leurs cinétiques et dynamiques dans différents milieux (air, eau, sols) et organismes et leurs effets cumulatifs éventuels (avec la toxicité d'autres contaminants, avec d'autres stress environnementaux, etc.) ...);
- mettre en évidence et caractériser les risques émergents de différentes natures : proposer des systèmes adéquats de surveillance, (incluant le milieu du travail) ;
- analyser les conditions sociales d'évaluation de ces risques, de débats et de prise de décision;
- améliorer les capacités prédictives grâce à des approches systémiques permettant de déterminer les mécanismes d'action des contaminants, d'évaluation du risque écosystémique et sanitaire, de caractériser les vulnérabilités, y compris sur le long

¹⁴ <http://www.onehealthinitiative.com/>

terme, des écosystèmes et des populations humaines et d'améliorer nos capacités de modélisation ;

- comprendre les facteurs environnementaux, économiques et sociaux qui déterminent, ou modulent, les expositions et les vulnérabilités des écosystèmes et des populations humaines, la mobilisation des acteurs sociaux, la survenue des crises et les modalités de résolution et de régulation ;
- développer des approches de remédiation des dangers et de détoxication.

Environnement et maladies émergentes et ré-émergentes (One Health)

Ce sous axe s'intéresse aux mécanismes d'émergence des maladies infectieuses (humaines, animales ou végétales) qui peuvent être induits par des facteurs environnementaux (climat, biodiversité, utilisation des sols et des ressources...) en synergie avec des facteurs anthropiques (agriculture, élevage, industrie, urbanisation, transport, évolutions démographiques, pratiques sociales...). L'utilisation de molécules induisant des résistances (usages d'antibiotiques à l'origine de bactéries multi-résistantes, antiviraux, antiparasitaire, antifongiques, insecticides...) peuvent aussi être pris en compte. Sont concernés les différents agents d'origine biologique et leurs produits (parasites, bactéries, virus, champignons) – y compris d'origine zoonotique. Des approches pluridisciplinaires et intégratives sont attendues sur les thèmes suivants :

- origine des agents pathogènes, niches écologiques (réservoirs, hôtes et vecteurs), conditions de développement et dynamique spatio-temporelle de transmission ;
- mécanismes d'interactions entre facteurs environnementaux, anthropiques et sociaux favorisant la virulence et la dissémination des agents pathogènes, franchissement de la barrière d'espèce, mécanismes de résistances aux traitements ;
- modélisation des paramètres d'émergence, de diffusion ou d'exposition, systèmes d'observation, couplage de données environnementales, biologiques, sociales, de population et de santé, pouvant contribuer à la définition d'indicateurs pour une approche prédictive ; identification des zones et des populations à risques ;
- méthodes et moyens de lutte compatibles avec l'environnement et la santé humaine (vaccination, traitement, surveillance, politiques de prévention, gestion des situations d'urgence...).

Axe 4 - 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 également de proposer une offre alimentaire répondant aux besoins nutritionnels et hédoniques des consommateurs, 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 5.

Evolution 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) et de formulation 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.

- **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, microbiomes et la chaîne alimentaire** : la maîtrise des microbiomes alimentaires accompagnant la transformation des aliments sera recherchée notamment pour les qualités conférées à ces aliments, ainsi que les effets des microbiomes introduits par les aliments sur le microbiome intestinal.
- **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, etc.).

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, etc.). 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 (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, lien 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 ; 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 ;

Axe 5 - Bioéconomie : des productions aux usages diversifiés de la biomasse

La Bioéconomie repose sur une approche systémique de la production, de la transformation et de la mise en marché de produits biosourcés variés (aliments, matériaux, énergie, molécules...), mais aussi du recyclage de l'eau ainsi que de la valorisation des déchets. Elle s'inscrit dans une approche d'économie circulaire. Elle appelle à une vision holistique des chaînes de valeur et à des synergies entre acteurs impliqués dans ces chaînes, au sein de territoires rassemblant acteurs ruraux, péri-urbains et urbains. Elle conduit à renouveler les usages de la biomasse à travers l'exploration de sa diversité, la conception de procédés technologiques et biologiques durables et le développement des biotechnologies jusqu'à la biologie de synthèse.

Les applications strictement destinées à l'alimentation humaine sont considérées dans l'axe 4 de ce défi.

Biotechnologies et procédés de transformation des bio-ressources

Il s'agit de développer et d'optimiser les usages alimentaires et non alimentaires de bioressources notamment par la définition et la mise en œuvre de méthodes relevant des biotechnologies et des procédés de transformation, notamment au sein de bioraffineries. Cet enjeu nécessite d'engager des recherches en biologie fondamentale, à diverses échelles d'organisation, depuis le gène jusqu'à l'organisme entier. La mise au point de technologies s'appuyant sur la génomique et la post-génomique ainsi que sur la biologie des systèmes et la biologie synthétique relève de cet axe. Il s'agit aussi de maîtriser les mécanismes de transformation physique, chimique, biologique, et leurs

combinaisons, qui confèrent des attributs aux produits alimentaires ou non alimentaires.

Les recherches dans cet axe viseront à :

- explorer la biodiversité continentale et marine pour le développement de bioressources adaptées aux nouvelles données climatiques, sociales, économiques ou démographiques par des approches de biochimie, de physico-chimie, de biologie, de génomique;
- promouvoir de nouvelles bioressources par le développement de technologies génériques s'appuyant sur la génomique et la post-génomique, ainsi que la biologie des systèmes (jusqu'à la modélisation) et *in fine* la biologie synthétique ;
- étudier les voies métaboliques de biomolécules d'intérêt, leurs régulations et optimiser ces voies et leurs niveaux de production dans des organismes modèles ou non ;
- développer les diverses voies d'ingénierie biologique pour la production de biomolécules par des systèmes microbiens, végétaux ou animaux dans des systèmes de productions ;
- développer des approches biotechnologiques et/ou chimiques afin d'optimiser l'extraction, le raffinage, le fractionnement, la fonctionnalisation pour la valorisation des biomasses, les propriétés des molécules bio-sourcées et le bouclage des cycles N, P et K.
- développer la maîtrise et la conception des procédés de transformation des ressources renouvelables.

Pour les deux derniers items, les projets devront être guidés par l'évaluation de critères ciblés de durabilité (GES, énergie, chaîne de valeur,...) à choisir selon leur pertinence dans le cadre du projet proposé.

Les projets de recherche peuvent concerner toutes les biomolécules, en particulier les nouvelles protéines alimentaires végétales ou animales (insectes), et toutes les biomolécules pour les industries agroalimentaires et non alimentaires (bioactifs pour la santé animale ou végétale, matériaux bio-sourcés, molécules plateforme...). Les champs d'investigation incluent les technologies physique, biochimique, chimique, d'enzymologie liquide ou sur matrice et les biotechnologies. Les recherches se situent depuis le gène ou la biomolécule jusqu'à l'organisme entier et relèvent de la biologie fondamentale, de la biologie synthétique jusqu'à la preuve de concept, s'appuyant notamment sur des ACV et des analyses coût-bénéfice.

Bioéconomie, économie circulaire : intégrations dans les territoires ruraux, péri-urbains et urbains

La démarche systémique impose de concevoir, au niveau des territoires, des systèmes intégrés de production agricole, forestière, halieutique et algale d'usages multiples. Ces systèmes sont caractérisés par des effets de cascade, de tri et recyclage des déchets, de transformation et de raffinage de l'ensemble des biomasses, de consommation à différentes échelles (urbaines, régionales, nationales, mondiales, Nord/Sud) ; ils visent en outre à économiser et recycler l'eau utilisée pour ces transformations. La démarche s'inscrit dans un contexte d'interdépendance mondiale des marchés des produits bio-

sourcés. Les recherches en sciences sociales sur l'intégration à diverses échelles territoriales des filières et des usages de la biomasse sont aussi fortement encouragées dans cet axe.

Les recherches – qui pourront s'appuyer sur les outils de modélisation des systèmes complexes – porteront sur :

- **l'évaluation des impacts (i) environnementaux** les plus pertinents à considérer pour le ou les changements technologiques considérés (carbone, ressources, sols, eau et biodiversité), ii) **sociaux**, iii) **économiques**, iv) sur le **développement rural ou local** (répartition de la valeur ajoutée, circuits de valorisation, ...) et v) sur la **compétitivité** ;
- **l'étude, l'ajustement entre les ressources disponibles et l'optimisation des procédés** pour des combinaisons de ressources dans des systèmes productifs à l'échelle des territoires, valorisant la diversité des sols, y compris la reconversion d'activités pour l'adaptation aux changements globaux (climatique, énergétique, rareté de l'eau, état nutritionnel) ou dans le cas de sols impropres aux finalités alimentaires ou récréatives ;
- **l'évaluation de la performance économique, environnementale et sociale de formes innovantes d'organisation et de gouvernance** des entreprises, des filières, des chaînes de valeur, combinant de manière systémique différentes ressources et différents produits ; cette évaluation s'intéressera en particulier aux scénarios de déploiement de ces filières dans des territoires (bassin de production ou de consommation), permettant d'informer les politiques publiques sur les impacts régionaux et pour des échelles de temps couvrant plusieurs décennies ; ces outils intégreront aussi les enjeux de participation des différents acteurs du territoire à l'élaboration de ces modèles et scénarios ;
- **le développement d'outils d'aide à la décision** et d'analyse pour les politiques et les stratégies des secteurs privés et publics (transferts de technologie, politiques de l'innovation, stratégies de spécialisation intelligente des régions, diversification des productions liées au plan agroécologie, etc.).

Appel international 2015/16 : Sustainable and Resilient Agriculture for food and non food systems (SURPLUS JPI FACCE)

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 [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: ERA-NET Cofund Smart Urban Futures (ENSUF), 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 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 6**), le lecteur est invité à se reporter au paragraphe « **Multidisciplinarité, transversalités et interfaces** » (en page 48) 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**.
- toutefois, les projets abordant spécifiquement des questions relatives à la ségrégation et aux inégalités, même s'ils adoptent des approches spatialisées propres à l'urbain, relèvent du **défi 8**.
- les travaux sur les batteries, les infrastructures de recharge, les piles à combustible et le stockage à bord de l'hydrogène, l'électronique de puissance basse consommation et les machines électriques à haut rendement sont traitées dans le défi, en tenant compte des cahiers des charges spécifiques aux applications transport ; relèvent du **défi 6** les projets concernant l'intégration de ces technologies dans les véhicules ;
- 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 nouveaux modes de combustion et l'utilisation de nouveaux carburants pour tout transport sont dans le **défi 6** dès lors que se pose la question de leur application/utilisation pour un système de motorisation.

COFINANCEMENTS¹⁵ POTENTIELS DES PROJETS DE CE DEFI

[voir tableau 3](#)

Dans le cadre de ce défi, certains projets pourront être cofinancés par la FRAE (Fondation de recherche pour l'Aéronautique et l'Espace).

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 prioritaires 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 au moins 5 autres orientations prioritaires (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 programmes d'actions 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.

Ce défi vise à explorer la capacité des systèmes urbains, des constructions et des transports à se transformer pour s'engager dans la voie du développement durable. Cela demande d'élaborer de nouvelles approches plus intégrées et systémiques, afin de comprendre les processus qu'ils soient physiques, environnementaux, politiques ou socio-culturels tout en s'attachant à mettre en évidence les vulnérabilités. Les espaces urbains sont en effet à l'intersection des enjeux d'habitat, de mobilité mais aussi, plus globalement, du bien vivre ensemble. Les villes, qui représentent 70% de la consommation énergétique en Europe, contribuent fortement à l'effet de serre et aux pressions sur l'environnement, tout en étant sensibles aux nuisances environnementales et aux conséquences des changements globaux. Les principaux autres challenges concernent les performances des bâtiments et des transports, l'organisation de systèmes urbains favorisant un accès fluide, efficace aux ressources et aux services, l'émergence de la société du numérique pour accompagner, développer et promouvoir

¹⁵ 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.

des usages de transports durables et gérer plus intelligemment la ville (*smart cities*), et la pérennité et l'adaptation des infrastructures et réseaux aux besoins existants et émergents.

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 (confort, qualité de l'air, bruit, sécurité...), pour les composants tels que les véhicules (terrestres, maritime et aériens), les bâtiments... et aux différentes échelles (îlot, quartier, ville, réseau de villes...), en s'intéressant aussi aux interactions entre ces critères et ces échelles ;
- développer la modélisation des phénomènes, en appui à la conception, l'aide à la décision et l'évaluation des performances ;
- participer au développement d'une offre méthodologique et technologique pour concevoir, construire, réhabiliter et adapter aux nouvelles exigences énergétiques et environnementales mais aussi d'usage le patrimoine existant et gérer plus efficacement les différentes composantes des systèmes urbains et des transports, en impliquant notamment l'utilisateur.

Axe 1 : Systèmes urbains durables

La ville étant un système complexe, il faut développer des approches intégrées multisectorielles et transdisciplinaires afin de mieux appréhender la dynamique des systèmes urbains, 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 arrière-pays, 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. Dans ce but, la **modélisation** est une voie qu'il convient de développer.

Les pratiques des citoyens se transforment progressivement, sous l'effet, notamment, d'une « environnementalisation » des représentations. D'autres facteurs contribuent à ces transformations comme les crises économiques et le développement des télé-services. Cependant, des écarts, voire des contradictions subsistent entre des représentations davantage éco-centrées et des pratiques qui demeurent souvent

intensives en 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 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 **nuisances sur l'environnement** (pollutions, bruits...), mais interrogent également les questions de prospective et d'action – bouclage des flux, symbioses urbano-agro-industrielles, circuits courts, conflits d'usage de l'espace...

Si certains des rôles joués par la **nature en ville** commencent à être mieux appréhendés, des travaux de production de connaissances nouvelles relatives 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. Le développement d'approches d'évaluation des services écosystémiques s'avère essentiel, en lien avec la question de l'usage des sols (bilan écologique, social, contribution à l'adaptation au changement climatique...).

Vulnérabilités et résilience des systèmes urbains

Cet enjeu renvoie à l'orientation SNR n° 25 – Intégration et résilience des infrastructures et des réseaux urbains. Transversales à ces deux thématiques, 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 de 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.

Axe 2 : Du bâtiment au cadre de vie bâti 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 à énergie positive et à faible impact environnemental

Les objectifs d'amélioration de l'efficacité énergétique du parc de bâtiment sont extrêmement ambitieux. À l'horizon 2020, tout bâtiment neuf devra être à énergie positive. 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...**), de confort (approches multi-physique) 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. Il s'agit aussi de concevoir des bâtiments 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 vieillissement, de perte de performance et de risque de défaillance de ce patrimoine, mais aussi de proposer des outils de monitoring, d'inspection et de modélisation ; il faut repenser les solutions de construction et d'entretien, d'inspection et de gestion, les matériaux à utiliser, les technologies de rénovation/réingénierie à bas coût et haute performance, 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 à venir, des impacts potentiels des changements climatiques et s'intéressant à l'ensemble du cycle de vie.

Axe 3 : Véhicules propres et sûrs

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. Ce développement se fera à travers des efforts de recherche prioritairement focalisés sur les **groupes motopropulseurs** à très haut rendement énergétique et faibles émissions de polluants¹⁶, 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 biocarburants¹⁷), **l'électrification et l'hybridation** des véhicules, la **recupération d'énergie et la gestion de l'énergie à bord** ainsi que des **approches plus globales** telles que **l'allègement** ou l'amélioration de **l'aérodynamique** des véhicules. Les projets de recherche pourront aller de l'amélioration des modèles de simulation et des expériences de type laboratoires pour lever les verrous scientifiques jusqu'à la réalisation de démonstrateur permettant de s'intéresser à des leviers plus technologiques, aussi bien dans le domaine du transport terrestre, maritime qu'aérien.

Sécurité, sureté, aides à la conduite, automatisation des transports, fiabilité

Parallèlement aux efforts menés pour réduire les impacts énergétiques des transports, la sécurité, la sureté et l'efficience globale ne doivent pas être oubliés : cela passe par le développement de nouveaux types de véhicules mieux adaptés à la demande, plus accessibles et ergonomiques notamment pour les personnes à mobilité réduite, par l'intégration croissante des technologies de sécurité passive et active des véhicules afin de réduire la mortalité et l'insécurité et par le développement des **aides à la conduite** et des systèmes de communication entre véhicules et avec l'infrastructure. La mise au point de **véhicules entièrement automatiques** s'inscrit dans ce contexte d'amélioration de la sécurité et de plus grande efficience. Mais le volet **fiabilité** des systèmes intégrés dans les véhicules, notamment l'électronique et les technologies de l'information et de la communication est aussi à considérer. Ces avancées ne pourront avoir un réel impact que si sont bien pris en compte les attentes et comportements des utilisateurs/conducteurs et les contraintes d'usage des véhicules.

¹⁶ 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.

¹⁷ Les procédés de fabrication des biocarburants est traitée dans le défi 2 mais leur potentiel vu d'un point de vue transports (rendement et pollution) dans le défi 6.

Axe 4 : Réseaux et services efficaces

Cet enjeu correspond à l'orientation SNR n° 25 – Intégration et résilience des infrastructures et des réseaux urbains.

Réseaux et services de transport

Au-delà des travaux axés sur les véhicules, il faut repenser globalement les systèmes de transport pour les rendre plus efficaces mais aussi plus adaptés aux besoins et aux développements simultanés des systèmes urbains, en s'appuyant sur les technologies favorisant la multi-modalité et l'interopérabilité, une exploitation optimisée des infrastructures de transport de tout genre, la **gestion** temps réel **du trafic**, avec un monitoring continu et des échanges d'information accrus, afin notamment de réduire la congestion, tant pour le transport de personnes que de marchandises et à toutes les échelles spatiales (urbain, rural, interurbain...). Le développement d'offres de **services de transports** reposant sur une bonne compréhension des dynamiques des mobilités et de la **logistique**, doit aussi concourir à cet objectif.

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, 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...) 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 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

Jusqu'à maintenant, les technologies de l'information et de la communication se sont souvent limitées à accompagner et à démultiplier l'efficacité et la productivité de services et d'organisations existantes, sans remettre en cause leur fonctionnement. Elles devraient aussi constituer des vecteurs essentiels pour le développement de services et l'organisation d'activités urbaines moins énergivores (télé-activité, télé-travail, télé-partages...). On attend notamment des solutions innovantes qui combinent technologies avec de nouveaux concepts de services (mise en œuvre, exploitation, modèles économiques, ingénierie, logistique) et d'autres activités non technologiques (modes d'information, aspects réglementaires, gouvernance, freins, effets escomptés sur les comportements...). Ces apports des technologies de l'information et de la

communication et des réseaux intelligents à la production de la ville et des services urbains devraient faire l'objet de recherches pluridisciplinaires, de même que l'impact de la ville intelligente 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 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 2015/2016 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:

- ERA-NET CHIST-ERA (www.chistera.eu) : « European Coordinated Research on Long-term Challenges in Information and Communication Sciences & Technologies ERA-Net ». Un appel transnational portant sur les deux thématiques suivantes est prévu pour publication en octobre 2015 :
 - « Security and Privacy in Internet of Things » (thématique liée à l'axe 7 du défi 7 et au défi 9),
 - « Terahertz Band for Next-Generation Mobile Communication Systems » (thématique liée à l'axe 8 du défi 7).
- ERA-NET FLAG-ERA (www.flagera.eu): « The FET Flagship ERA-NET ».
 - Les projets soumis à l'appel générique pour lesquels un partenariat est envisagé 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 certaines des thématiques des quatre Flagship Pilots (FuturICT, Guardian Angels, ITFoM/ITFoC, RoboCom) est envisagé (Axes 6 et 8).
- CRCNS : Un appel à projets en neurosciences computationnelles est prévu 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 4.

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 » (en page 48 de cette annexe) 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'information, cryptologie et 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, les propositions qui considèrent 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, peuvent être déposées dans les axes du défi 7.

COFINANCEMENTS¹⁸ POTENTIELS DES PROJETS DE CE DEFI

[voir tableau 3](#)

Dans le cadre de ce défi, certains projets pourront être cofinancés par la DGA (Direction Générale de l'Armement) ou la FRAE (Fondation de recherche pour l'Aéronautique et l'Espace).

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. 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, et 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

¹⁸ 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.

grâce à des opérateurs de réseau de communication et de calcul à hautes performances (RENATER et GENCI). La France bénéficie enfin 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 : 5ème 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 : La Révolution numérique : rapports aux savoirs et à la culture

(axe conjoint avec le défi 8, axe 7)

La Révolution numérique : rapport au savoir et à la culture

(axe conjoint avec le défi 8, axe 7)

Cet axe est commun aux défis 7 et 8. Les projets soumis dans ce cadre seront évalués par un comité mixte et équilibré, dont les experts relèveront soit des sciences humaines et sociales, soit des sciences du numérique, soit des deux secteurs à la fois. Les projets devront :

- être portés par **une équipe ou un partenariat interdisciplinaire**, réunissant tant des spécialistes du numérique que des chercheurs en SHS ;
- viser **une percée dans les sciences du numérique qui passe par une percée en SHS, et réciproquement.**

Ces deux conditions ne constituent pas des critères administratifs d'éligibilité pour être admis à concourir dans l'appel générique, elles seront appréciées à l'aune des critères de sélection mentionnés dans l'appel à projet

En conséquence, la numérisation d'un corpus littéraire, archivistique, archéologique ou sociodémographique, si exigeante soit-elle, ne suffit pas à justifier le dépôt d'un projet dans

cette action conjointe. Pas plus, symétriquement, qu'un projet centré sur les techniques de numérisation, de cryptage ou de calcul parallèle, dans lequel des données de SHS interviendraient seulement à titre d'illustration. L'action conjointe ne convient pas davantage aux projets qui mèneraient les deux types de recherche dans deux séries disjointes de tâches. De tels projets sont à déposer de plein droit soit dans le défi 7 soit dans le défi 8 et non pas dans l'axe conjoint.

Introduction

Dans le contexte de ce qu'on appelle couramment la « Révolution numérique », la thématique des rapports aux savoirs et à la culture a été identifiée comme porteuse d'enjeux de recherche à l'interface entre les défis de la société de l'information et de la communication d'une part, et des sociétés innovantes, intégrant et adaptatives d'autre part. Il s'agit de faire dialoguer les sciences humaines et sociales avec les sciences et technologies du numérique pour comprendre, anticiper, accompagner et orienter au mieux les effets de cette révolution numérique sur nos sociétés.

Cet axe aborde le bouleversement des rapports aux savoirs, symbolisé un peu vite par l'accessibilité par tous et en tous lieux à des ressources numériques (encyclopédies participatives, MOOCs, cyber-musées, etc.) mais dont les effets sont très profonds et touchent à la fois l'éducation et la formation, les pratiques de la recherche scientifique et du partage des connaissances en construction et les nouveaux rapports au patrimoine.

Education 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.

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**. L'accès du plus grand nombre à des formations de qualité pourrait aller de pair avec des méthodes adaptées aux besoins de chacun. Le potentiel de transformation des systèmes éducatifs et des systèmes de formation par les technologies numériques est donc considérable, mais il convient de l'attester par des observations contrôlées et d'en mesurer la portée et les limites, 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, ...**

Un accent sera porté sur la formation au numérique et à l'informatique, en particulier dès le plus jeune âge (apprentissage du **codage informatique**), ainsi que le développement d'une culture numérique chez les enseignants pour répondre aux besoins de personnel qualifié dans les métiers du numérique. Enfin, la prise en compte de la **dimension éthique et juridique** sera bienvenue pour les données d'apprentissage, notamment à l'école primaire, et le respect de la vie privée.

Les déposants sont invités à consulter aussi l'axe 6 du défi 8, qui traite d'éducation et de formation dans une optique SHS, y compris le modèle économique et social des MOOC.

Création et partage des savoirs

Le numérique affecte directement la **création des savoirs scientifiques** : définition des objets, formalisation, transmission. 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 spécialités 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 et sur le rôle de la simulation informatique.

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 (science ouverte, outils collaboratifs, plateformes...).

Une question importante qui se pose avec le recours aux *big data*, c'est l'importance croissante des dispositifs technologiques dans la préparation et la présentation des données. Les effets sur la compréhension des phénomènes et sur l'intuition du chercheur sont à prendre en compte afin d'aider les mécanismes cognitifs humains sans les biaiser.

Gestion du patrimoine et mode d'accès

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.

- **Gestion du patrimoine**

Les collections et les sites soulèvent ainsi de **nouveaux enjeux d'accès, de conservation, de préservation et de gestion**. 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 ?

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 infra-structure 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 audio-visuelles**, 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) sera en **libre accès** et mobilisable pour d'autres recherches. Les chercheurs intéressés par ce vaste corpus sont invités à se rapprocher de l'INA (<http://dataset.ina.fr>).

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 ?

- *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.

Cet axe est en lien avec les orientations 27 et 33 de la Stratégie Nationale de la Recherche.

Axe 2 : 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 :

- clairement être en adéquation avec le défi 7 "Société de l'information et de la communication" ;

- et ne doivent pas relever **explicitement** d'un autre axe du défi.

À 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 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 déposés sont en lien avec le numérique mais peuvent en outre être directement liés à des applications comme par exemple en biologie ou en santé.

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.

Cet axe est en lien avec les orientations 16 et 17 de la stratégie Nationale de la recherche.

Axe 3 : Sciences et technologies logicielles

Constituant essentiel des systèmes numériques, le logiciel leur donne puissance, intelligence, flexibilité, agilité 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 sûrs de fonctionnement est coûteuse, d'où l'importance 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:** 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, les systèmes embarqués et 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 l'orientation 27 de la stratégie Nationale de la Recherche.

Axe 4 : Interactions, Robotique, Contenus

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 professionnelle, de compagnie et de service, autonome et fortement interactive. À travers les recherches sur l'environnement cyber-physique et les interfaces, cet axe traite également toute la chaîne des contenus numériques dans une dynamique de convergence dans l'ensemble des industries créatives.

Au cœur d'une mutation technologique, l'homme entretient désormais un rapport amplifié aux mondes physique et numérique appelant une interaction, enrichie mais aussi facilitée avec son environnement. Cette facilitation implique aussi le développement d'une robotique professionnelle, de compagnie et de service, autonome

et fortement interactive. À travers les recherches sur l'environnement cyber-physique et les interfaces, cet axe traite également toute la chaîne des contenus numériques dans une dynamique de convergence dans l'ensemble des industries créatives.

- **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.

- 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 2 du défi 3, les environnements hostiles, ou les services d'assistance. Le robot peut prendre différentes formes adaptées à son usage : 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 2 du défi 3). Des projets innovants sont suscités sur les problématiques de l'autonomie opérationnelle, des capacités prévisionnelles 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 cognitive avec eux, des architectures cognitives et de 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.

- **Traitement des contenus :** 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 leur dimension multimédia et multilingues. 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. Les recherches fondamentales 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 font partie de cet axe.

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 mixte STIC/SHS doivent être déposés dans l'axe conjoint défi 7 / défi 8 (cf. axe 1).

L'attention des porteurs est attirée sur le besoin de positionner leur projet, le cas échéant, par rapport aux initiatives et programmes européens à venir fin 2015, en particulier du PPP SPARC, du PPP Big Data ainsi qu'avec les thèmes ICT-Content et ICT-Robotics and autonomous systems du programme de travail Horizon 2020.

Cet axe est en lien étroit avec l'orientation 29 de la stratégie Nationale de la recherche.

Axe 5 : Données, Connaissances, Données massives (Big Data)

Cet axe s'organise en deux thèmes : la définition des processus faisant émerger la connaissance à partir de données et, dans le contexte des Big Data, l'ensemble des problématiques liées au passage à l'échelle. Les propositions attendues contribueront au développement de la communauté de la science des données (*Data Science*), impliquant informaticiens et statisticiens, en proposant méthodes, techniques et algorithmes permettant de représenter, stocker, analyser les données et en extraire des connaissances à valeur ajoutée.

- **Des données aux connaissances :** Sont attendues dans ce thème des propositions de recherche portant sur la définition des processus 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. 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.

- **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. Les enjeux principaux (ou 3 V) concernent : Volume et passage à l'échelle, Variété des sources et hétérogénéité des formats, Vitesse des flux de 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 leur proposer des contributions innovantes en logiciel libre. Les travaux de fouille de données pourront proposer des contributions innovantes aux principales bibliothèques open-source. 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.

Cet axe est en lien étroit avec l'orientation 28 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 et de traitement 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 (personnel/global, fixe/mobile, IP/transport, réseau intra/inter centres de données) 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 éléments fusionnent les technologies de la communication et de l'informatique et sont distribués d'une part au niveau des centres de données et points de présence opérateur actuels et, d'autre part, au niveau de passerelles entre le monde réel et numérique, souvent embarqués dans des objets connectés.

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 massive, de fiabilité, d'auto-organisation pour répondre de manière autonome à de nouveaux besoins).

Ces objectifs posent trois grandes catégories de verrous technologiques à la communauté de recherche:

- Des problématiques de **passage à l'échelle** sur des dimensions multiples. Les besoins en débit connaissent une hausse ininterrompue, tant dans les réseaux d'accès fixes et mobiles que dans les réseaux métropolitains et de cœur. Les prévisions font état de plus de 70 milliards d'objets connectés à horizon 2020, même si ces chiffres peuvent être discutés, en tout état de cause il est admis aujourd'hui que de nouveaux paradigmes de communication sont nécessaires. Les données à traiter seront de plus en plus volumineuses et hétérogènes, parfois avec des contraintes de temps sévères. Les systèmes devront intégrer dynamiquement des équipements et dispositifs de plus en plus distribués et souvent non-managés. Il convient de faire face à toutes ces demandes en maintenant la consommation énergétique à des niveaux acceptables économiquement et sur le plan environnemental.

- Une **modification profonde de l'architecture et du mode opératoire** des infrastructures. La convergence et l'agilité passent par la virtualisation des diverses fonctions (télécommunication, calcul, stockage, distribution de contenu, applicatives, etc.), par une unification des modes de contrôles informatique et télécom, par une programmabilité, une automatisation et une ouverture accrues des réseaux et des moyens matériels de calcul. Des problématiques d'optimisation d'architectures, de compromis entre approches centralisées et distribuées des données, du calcul et du

contrôle, d'optimisation du placement des ressources et des fonctions, d'optimisation du déploiement et de l'orchestration des services de bout-en-bout, sont des sujets clefs où des réponses sont attendues.

- Certaines applications utilisant ces infrastructures, touchant par exemple la santé, les transports, ou manipulant des données souveraines, peuvent atteindre un haut niveau de criticité. Il est donc essentiel de conférer aux infrastructures des caractéristiques solides en termes de **fiabilité, de résilience aux pannes, de sécurité et de moyens de protection des informations privées**. Ces aspects revêtent une acuité et une complexité particulières du fait que ces infrastructures seront partagées, utilisées et gérées par des opérateurs multiples.

L'attention des porteurs est attirée sur le besoin de positionner leur projet, le cas échéant, par rapport aux initiatives et projets européens, en particulier ceux adressant la plateforme technologique européenne *Networld 2020* et le PPP « *5G infrastructures* », le PPP HPC ainsi que le thème *Cloud Computing* du programme de travail Horizon 2020.

Cet axe est en lien étroit avec les orientations 26, 27 et 28 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 ou encore la résilience des systèmes, permettre l'émergence de systèmes sûrs d'exploitation des grandes masses de données, objets connectés, ou la Collaboration Homme-Machine (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 de réelles améliorations de performances, soit des ruptures par rapport aux technologies existantes. Les domaines ciblés sont regroupés en quatre 4 thèmes:

- **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/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 les matériaux élaborés en vue de l'intégration dans des composants et dispositifs, ou encore en vue d'études fondamentales réalisées dans des objets nanométriques. 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 5 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 front d'onde, les domaines millimétriques et THz, la plasmonique et la nanophotonique, l'électronique et optoélectronique organique/flexible, l'information quantique. Il couvre les voies alternatives comme les composants 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 du dispositif ou du composant : intégration 3D, intégration hétérogène, architectures alternatives (bio-inspirées, neuromorphiques...). Ils adresseront 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 5 du défi 3 (si les objectifs de la recherche sont propriétés physiques chimiques, biologiques des nano-détecteurs physiques,...).

- **Conception - Simulation - Caractérisation - Instrumentation** : ce thème concerne les projets abordant les problématiques liées aux approches numériques (simulation et/ou conception des composants, matériaux, procédés, systèmes complexes) et/ou méthodologiques génériques (conception, test, métrologie). L'étude de la fiabilité, de la caractérisation avancée des matériaux ou des performances de nanodispositifs / composants élémentaires relèvent également de ce thème.

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 aux enjeux des sciences et technologies de l'information et de la communication. La simulation numérique, la modélisation et la théorie peuvent 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 » sont invités à présenter les liens potentiels avec ces initiatives.

Cet axe est en lien avec les orientations 27 et 28 de la stratégie Nationale de la recherche.

DEFI 8 – Sociétés innovantes, intégrantes et adaptatives

COLLABORATIONS EUROPEENNES ET INTERNATIONALES

Les thématiques 2015/2016 priorisées pour un support à l'international 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>.

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 8**), le lecteur est invité à se reporter au paragraphe « **Multidisciplinarité, transversalités et interfaces** » (en page 48) dans lequel sont traités les domaines suivants : **Données massives (BIG DATA), Robotique, Capteurs, Biologie, Bioéconomie-Biotechnologies**.

Les autres interfaces du Défi 8 concernent les thématiques suivantes :

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) la question des techniques de protection (comme la détection des signaux faibles de radicalisation).

COFINANCEMENTS¹⁹ POTENTIELS DES PROJETS DE CE DEFI

[voir tableau 3](#)

Dans le cadre de ce défi, certains projets pourront être cofinancés par le Ministère de la Culture et de la Communication ou de la CNSA (Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie)

¹⁹ 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

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 s'adresse à l'ensemble des humanités et des sciences sociales, invitées à pratiquer le plus possible une approche transdisciplinaire : **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**.

La Stratégie nationale de recherche (SNR) a confié 4 orientations au défi 8 :

- Orientation n° 30 : étude des cultures et les 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.

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.

En écho aux **recommandations de la SNR et de l'Alliance ATHENA, complétées par le comité de pilotage scientifique du défi 8**, cette édition 2016 a été entièrement refondue. De nouvelles thématiques ont été introduites, susceptibles d'intéresser de nouvelles communautés de recherche. Le défi 8 est ainsi organisé en 8 axes :

- Axe 1. Innovation sociale et rapport au risque
- Axe 2. Inégalités, discriminations, 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*).

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, simulations, 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 documentées en France par le 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'elle porte un **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) ? Et cette question majeure : 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, 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 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 ou organisationnelles. La création artistique est abordée plus loin, à l'axe 5.

Innovation sociale, innovation politique, démocratie participative, droit d'expérimentation

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. Pourquoi paraît-elle plus légitime dans la sphère de l'environnement que dans celle de l'urbanisme ? Comment résout-elle la question de la représentation et des porte-paroles, face aux élus locaux ? Quelle place nos démocraties accordent-elles au **référendum** et autres formes de consultation que s'efforce de promouvoir la Commission nationale du débat public ? Mouvements sociaux, politiques, religieux

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...) sans oublier les **mouvements religieux et humanitaires** ou, inversement, xénophobes. On étudiera leur essor et leur mode d'organisation, 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^e siècle, réduction de la mortalité infantile, allongement de la vie, **extension du principe d'égalité** (droits de l'enfant, droits reproductifs, *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. 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 sur laquelle il n'existe aucune synthèse.

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, parce qu'ils exploitent des biais cognitifs (comme le fait qu'on souffre plus de la perte d'un bien qu'on ne ressent de plaisir à le posséder). Se situant à la croisée de la **psychologie des biais cognitifs** et de l'**économie comportementale**, ce modèle s'applique à tout domaine où l'on espère influencer les choix individuels : **santé, environnement, épargne, consommation, vote, action humanitaire**. Expériences et évaluations sont attendues à ce sujet, sans perdre de vue le lien qui relie les *nudges* aux autres techniques « engageantes ».

La persuasion en douce soulève des **questions d'ordre politique et éthique**. Où passe la frontière entre persuasion et manipulation ? Quel rôle laisse-t-on ainsi à la responsabilité individuelle ? Le libre choix est-il possible en l'absence de consentement éclairé ? Peut-on corriger les biais cognitifs sans en introduire de nouveaux ? Une action publique qui entend rallier les citoyens à une innovation d'intérêt général peut-elle, en bonne démocratie, renoncer à légiférer ou à pratiquer la pédagogie ?

Axe 2 : Inégalités, discriminations, intégration, radicalisation

Inégalités socio-économiques, inégalités des nations, innovation et inégalité, inégalités de santé

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 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**. Questions à relier aux débats sur les **principes de justice**, y compris la question de la justice spatiale.

On déposera ici les projets traitant des **inégalités de santé** dans une optique géographique et sociale (accès aux soins, relation médecin-patient, couverture

assurantielle, *care*) [mais les autres projets de **Santé publique** seront déposés dans l'axe 8, commun avec le défi 4].

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 phénomènes y ont droit : 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**). 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, recherche de sécurité ou d'émancipation... On examinera sur le terrain la nature et l'ampleur des **migrations environnementales ou climatiques**.

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.

Hormis les étudiants, la France accueille peu de **migrants qualifiés**. À qui incombe-t-il de recruter les migrants économiques : à l'État ou aux employeurs ? Et 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 » censées 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 du *brain drain*, l'intensité des **retours** ou des **ré migrations** vers d'autre 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.

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.

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 sexuelle, 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 pour les barrières à l'entrée, 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 : appel à des projets interdisciplinaires

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 : des hommes et des femmes ont été assassinés pour leurs idées, leur fonction ou leur religion. Or il est apparu que les immigrés ou les enfants d'immigré figuraient à la fois parmi les assassins, les victimes et les sauveurs, ce qui interroge toute la société.

Les recherches françaises sur la radicalisation violente restent peu visibles. Il est urgent de les développer. **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 **parallèles anciens ou récents** avec d'autres vagues d'attentats pour des causes religieuses ou politiques dans les pays européens 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).

Les chercheurs sont invités à consulter les **travaux étrangers** sur la radicalisation violente et le djihadisme [*les techniques de protection étant réservées au défi 9, Liberté et sécurité*]. Ils veilleront à **éclairer l'action publique** sur les programmes de prévention, de déradicalisation et de protection, y compris le signalement par l'entourage. 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.

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, évaluations) 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 — les femmes et les hommes ne faisant pas l'objet des mêmes attentes. 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 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 contrer 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 ?

Axe 4 : Éducation, capacités cognitives, socialisation et formation tout au long de la vie

Capacités cognitives aux divers âges de la vie

L'emploi à vie dans une même filière n'est plus à l'ordre du jour. 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 et des exigences.

Sont attendus ici les modèles et expériences de la **psychologie cognitive**, des **neurosciences cognitives**, de la **psychologie des émotions** ou de la **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 s'attache à l'étude des fonctions cognitives chez 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 de maigres résultats 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 des **méthodes pédagogiques adaptées à la diversité des publics** (âge, expériences, 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, qui changent radicalement la transmission des savoirs et des connaissances et peuvent aller jusqu'à pallier des pathologies ou des handicaps physiques ou mentaux.

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) ; **choix des familles** (clivage public/privé, carte scolaire, langues sélectives, « palmarès » des établissements...).

La recherche aura tout intérêt à croiser les disciplines pour **reprendre à neuf ces interrogations**. Quelle place pour l'initiative individuelle dans le système scolaire ? Peut-on réduire l'échec scolaire en valorisant **toutes les formes d'intelligence et de compétences** ? 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 ? Les « incitations douces » sur la base du volontariat (*nudges*) sont-elles applicables au monde de l'École ?

Lutter contre l'échec scolaire par la scolarisation précoce et l'innovation pédagogique

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.

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 en friche. Dans le cas de la France, un fossé sépare les **universités** (elles-mêmes hétérogènes) du système des **grandes écoles** ou des **grands établissements**, l'Université faisant office de filet social dans un contexte de chômage massif des jeunes. L'enseignement supérieur connaît des **difficultés de recrutement** (chute des effectifs dans certaines filières, décrochage important, montée des étudiants internationaux); des **problèmes d'organisation** (effacement des Facultés au profit des présidences, coût de l'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). 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.

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, géographie, linguistique, études littéraires, philosophie, anthropologie, sociologie, droit, économie, science politique, sciences cognitives, ainsi que des disciplines comme l'histoire de l'art, la musicologie, l'archivistique, l'architecture, le design, l'étude du fait religieux.

L'émergence des cultures et leurs manifestations (matérielles, écrites, orales 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.

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.

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, essor 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 ? Le retour en force des langues longtemps dominées est exceptionnel (catalan, basque, lituanien...). Si les recherches sur les **langues en péril** restent nécessaires (90 % d'entre elles devant disparaître avant la fin du siècle), il ne suffit pas de les décrire avant qu'elles ne s'éteignent, il faut réfléchir aussi aux contextes sociaux et politiques qui leur sont favorables ou défavorables.

Création, œuvres et créateurs

On approchera les processus de création en étudiant la **genèse** des œuvres (artistiques, littéraires, musicales, théâtrales, cinématographiques, télévisuelles, vidéoludiques), leur **réception** et leur **interprétation**. La recherche fera une place de choix aux **œuvres** et aux **auteurs**, à leurs trajectoires comme à leurs réseaux. On pourra à cette fin établir de **nouveaux corpus**, dans une approche monographique ou prosopographique. Loin d'être épuisée, **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 neurosciences.

D'autres dimensions peuvent être abordées : l'étude des **techniques** (outils et supports) et de leurs transformations, la synergie entre création artistique et innovation technique, le **renouvellement** des pratiques, les formes d'expression marginales, la **place de l'art** face aux institutions académiques et au marché, ainsi que **l'économie et le droit de la création** (soutien public et privé, industries culturelles, droits d'auteur, etc.). Les interprètes jouant un rôle décisif dans ces processus, 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

L'étude des processus de patrimonialisation et de valorisation permettra de cerner les **enjeux politiques et sociaux du patrimoine**, les revendications identitaires dont il est l'objet et le rôle des acteurs publics, privés ou parapublics. On se demandera ce qui fait patrimoine, qu'il soit matériel ou immatériel (sites, paysages, coutumes, œuvres, figures). On évaluera le rayonnement du patrimoine à l'étranger et son apport à l'économie du pays. Dans cette perspective, l'attention pourra se porter sur **le patrimoine des musées, des organisations et des entreprises, l'histoire des musées et de leurs publics**, leur contribution au tourisme et à la promotion des territoires.

Le patrimoine et sa préservation se prêtent à des **projets avec partenaire privé** qui allient **SHS et science des matériaux**. On pourra étudier ainsi la transformation du patrimoine urbain, industriel, paysager ou religieux, tant sa mise en valeur que sa « dépatrimonialisation ». L'étude des **politiques culturelles** (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.

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 laissaient 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 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.

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 (plutôt des adultes que des étudiants). Le coût de lancement d'un MOOC aux États-Unis dépasse les moyens d'une université française. Des recherches s'imposent sur les expériences de MOOC lancées en Europe et à l'étranger, leur **modèle économique** et leur aptitude à atteindre les **publics-cibles**.

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 à l'oubli** 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 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.**

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 ;
- 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.

Axe 7. La Révolution numérique : rapport au savoir et à la culture

La Révolution numérique : rapport au savoir et à la culture

(axe conjoint avec le défi 7, axe 1)

Cet axe est commun aux défis 7 et 8. Les projets soumis dans ce cadre seront évalués par un comité mixte et équilibré, dont les experts relèveront soit des sciences humaines et sociales, soit des sciences du numérique, soit des deux secteurs à la fois. Les projets devront :

- être portés par **une équipe ou un partenariat interdisciplinaire**, réunissant tant des spécialistes du numérique que des chercheurs en SHS ;
- viser **une percée dans les sciences du numérique qui passe par une percée en SHS, et réciproquement**.

Ces deux conditions ne constituent pas des critères administratifs d'éligibilité pour être admis à concourir dans l'appel générique, elles seront appréciées à l'aune des critères de sélection mentionnés dans l'appel à projet

En conséquence, la numérisation d'un corpus littéraire, archivistique, archéologique ou sociodémographique, si exigeante soit-elle, ne suffit pas à justifier le dépôt d'un projet dans cette action conjointe. Pas plus, symétriquement, qu'un projet centré sur les techniques de numérisation, de cryptage ou de calcul parallèle, dans lequel des données de SHS interviendraient seulement à titre d'illustration. L'action conjointe ne convient pas davantage aux projets qui mèneraient les deux types de recherche dans deux séries disjointes de tâches. De tels projets sont à déposer de plein droit soit dans le défi 7 soit dans le défi 8 et non pas dans l'axe conjoint.

Introduction

Dans le contexte de ce qu'on appelle couramment la « Révolution numérique », la thématique des rapports aux savoirs et à la culture a été identifiée comme porteuse d'enjeux de recherche à l'interface entre les défis de la société de l'information et de la communication d'une part, et des sociétés innovantes, intégrant et adaptatives d'autre part. Il s'agit de faire dialoguer les sciences humaines et sociales avec les sciences et technologies du numérique pour comprendre, anticiper, accompagner et orienter au mieux les effets de cette révolution numérique sur nos sociétés.

Cet axe aborde le bouleversement des rapports aux savoirs, symbolisé un peu vite par l'accessibilité par tous et en tous lieux à des ressources numériques (encyclopédies participatives, MOOCs, cyber-musées, etc.) mais dont les effets sont très profonds et touchent à la fois l'éducation et la formation, les pratiques de la recherche scientifique et du partage des connaissances en construction et les nouveaux rapports au patrimoine.

Education 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.

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**. L'accès du plus grand nombre à des formations de qualité pourrait aller de pair avec des méthodes adaptées aux besoins de chacun. Le potentiel de transformation des systèmes éducatifs et des systèmes de formation par les technologies numériques est donc considérable, mais il convient de l'attester par des observations contrôlées et d'en mesurer la portée et les limites, 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, ...**

Un accent sera porté sur la formation au numérique et à l'informatique, en particulier dès le plus jeune âge (apprentissage du **codage informatique**), ainsi que le développement d'une culture numérique chez les enseignants pour répondre aux besoins de personnel qualifié dans les métiers du numérique. Enfin, la prise en compte de la **dimension éthique et juridique** sera bienvenue pour les données d'apprentissage, notamment à l'école primaire, et le respect de la vie privée.

Les déposants sont invités à consulter aussi l'axe 6 du défi 8, qui traite d'éducation et de formation dans une optique SHS, y compris le modèle économique et social des MOOC.

Création et partage des savoirs

Le numérique affecte directement la **création des savoirs scientifiques** : définition des objets, formalisation, transmission. 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 spécialités 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.

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 (science ouverte, outils collaboratifs, plateformes...).

Gestion du patrimoine et mode d'accès

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.

Gestion du patrimoine

Les collections et les sites soulèvent ainsi de **nouveaux enjeux d'accès, de conservation, de préservation et de gestion**. 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 ?

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 infra-structure 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 audio-visuelles**, 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 (<http://dataset.ina.fr>).

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 ?

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 8. Santé publique

(axe conjoint avec le défi 4)

Inégalités de santé : chaînes causales, politiques publiques, bases de données

Les recherches sur la 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. Pour des raisons d'espace, le texte qui suit ne se retrouve pas tel quel dans le défi 4 mais sous une forme adaptée et condensée.

La recherche en santé publique s'intéresse aux inégalités de santé (morbidité et mortalité) et aux **chaînes causales** qui les relient aux inégalités socio-économiques, environnementales ou de genre. Elle doit aussi évaluer l'efficacité et l'équité des **politiques publiques** et des **systèmes de santé et d'assurance** dans les interventions susceptibles de réduire les inégalités de santé et les facteurs de vulnérabilité.

Ces objectifs impliquent une **approche interdisciplinaire** alliant les sciences humaines et sociales aux sciences biologiques ou médicales. Sans exclure des études qualitatives en amont ou en aval, les chercheurs sont encouragés à exploiter les **bases de données** et les **cohortes** existantes, qu'elles ciblent la population générale ou des pathologies spécifiques.

Les thèmes couverts sont vastes : vieillissement, multi-morbidité, santé mentale, addictions, handicaps, restriction de l'activité sociale, mais aussi les liens environnement/santé et la diffusion des innovations biomédicales. Une question centrale est le bien-être des personnes âgées et des personnes dépendantes ou atteintes de pathologies lourdes, ainsi que celui des aidants (famille et professionnels). L'analyse des débats publics sur ces questions peut également nourrir des projets de recherche.

[En revanche, les incidences de la situation d'emploi et des conditions de travail sur la santé sont à soumettre dans l'axe Travail du défi 8.]

Principes de justice et contraintes socioéconomiques ; dimension éthique de la santé publique

La recherche en santé publique ne peut ignorer les **contraintes socio-économiques et spatiales** qui pèsent sur l'accès aux soins et mettent au défi les **principes de justice** : offre inégale des territoires, capacité variable des personnes à mobiliser les réseaux et les systèmes d'information, médecines alternatives, couverture et partage des coûts (assurances, mutuelles, régimes spéciaux, CMU, AME). Selon quels critères identifier les **patients prioritaires** : rareté ou fréquence des maladies, chances inégales de survie, urgence ou file d'attente ? Sont à résoudre aussi les **dilemmes au seuil de la vie ou en fin de vie**.

Tout au long de ces recherches, l'étude des **perceptions** et des **représentations** est essentielle, comme en témoignent le refus croissant de la vaccination, les questions débattues de la sur-prescription et de l'observance, la revendication de décisions partagées entre le médecin et le « patient expert », les doutes sur le « service médical rendu » de médicaments très usités, etc. Ces questions appellent une analyse objective des **débats et controverses** sur les questions de santé publique. On évaluera la capacité des politiques publiques à mettre en place des dispositifs de veille et d'alerte sur des sujets de santé publique et à diffuser l'information auprès des populations. On s'interrogera sur les raisons du décalage fréquent entre les campagnes de santé publique et l'écho qu'elles rencontrent auprès du public.

DEFI 9 – Liberté et sécurité de l'Europe, de ses citoyens et de ses résidents

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 est particulièrement concerné par les actions suivantes: **Appel franco-allemand** : Thème retenu « Urban Security ». **Appel ERA-NET CHIST-ERA** : Thème retenu "Security and Privacy in Internet of Things"

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 9), le lecteur est invité à se reporter au paragraphe « **Multidisciplinarité, transversalités et interfaces** » (en page 48) 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 : les techniques de détection et de lutte contre la radicalisation violente relèvent du défi 9. La radicalisation violente replacée dans la question plus générale de l'intégration sociale et des trajectoires individuelles de radicalisation relève du défi 8.

La **gestion de crise**, qu'elle 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 dans le sens restreint du bioterrorisme (incluant les systèmes de détection spécifiques). 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**.

COFINANCEMENTS²⁰ POTENTIELS DES PROJETS DE CE DEFI

[voir tableau 3](#)

Dans le cadre de ce défi, certains projets pourront être cofinancés par la DGA (Direction Générale de l'Armement), la FRAE (Fondation de recherche pour l'Aéronautique et l'Espace) 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 et résidents européens reposent 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 à la gestion des conséquences d'une crise, d'un accident, d'un incident ou d'une attaque, en passant par les dispositifs de surveillance, de prévention et de protection. Le champ du défi recouvre, sans s'y limiter, l'ensemble des recherches (de toutes disciplines et pluridisciplinaires) pouvant contribuer aux missions régaliennes de sécurité et de protection de l'Etat ainsi que la protection des infrastructures et opérateurs publics et privés indispensables au bon fonctionnement de la nation ; il recouvre aussi des recherches pour des enjeux non-régaliens de sécurité concernant des personnes physiques ou morales telles que des collectifs ou des entreprises.

L'ensemble des problématiques de sécurité 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. Il faut donc prendre en compte la circulation toujours plus dense des personnes, des flux (marchandises, énergie, eau, ...), des capitaux et des informations pour assurer la sécurité de tous et à tous les niveaux.

²⁰ 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.

La recherche sur la sécurité ne peut pas être menée indépendamment de la problématique des risques dans un contexte où la sécurité est de plus en plus associée à la perception et à la gestion des risques, et aux responsabilités sociales et humaines. Le défi est concerné par **les enjeux et les conséquences** pour les organismes en charge de la sécurité, et par les conséquences sur les personnes impliquées, de **tous les types de risques**, naturels ou d'origine humaine et, parmi ces derniers, ceux qui ont une origine intentionnelle et les autres.²¹ Les analyses proposées ne doivent pas être fondées sur une vision purement techniciste et/ou organisationnelle du risque mais doivent aussi tenir compte de la culture du risque propre à chaque organisation impliquée, de l'implication des citoyens dans les processus de sécurité, et de la nécessaire protection des droits et libertés.

Ce défi affronte donc la gestion des crises de toute origine (naturelle, technologique ou humaine) et dans toutes ses dimensions (humaine, technique, organisationnelle, ...). 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'admissibilité de la preuve. Il porte aussi sur la protection des infrastructures vitales et des réseaux ainsi que sur la surveillance des espaces maritimes, terrestres et aériens. Toutes ces problématiques de liberté et de sécurité doivent être considérées aussi bien dans le monde physique et social que dans le monde numérique (cybersécurité), où existent aussi des problématiques et enjeux de protection des systèmes d'information, des données, et des usagers d'internet. 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 complexe (par exemple, des développements en cryptologie et en virologie et leur intégration dans des solutions sécurisées respectueuses de la vie privée). 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 juridiques et éthiques**.

Tous les types de recherche peuvent contribuer à relever ce défi : des **recherches fondamentales ou très amont** sont aussi nécessaires pour contribuer à la constitution d'un socle des connaissances sur lequel baser des politiques publiques ou construire de futurs projets ambitieux. Dans tous les cas, que la finalité soit technologique ou pas, la recherche et l'innovation doivent souvent réunir, au sein d'une **démarche intégrée**, des domaines scientifiques et techniques peu habitués à travailler ensemble : les sciences de la nature et de l'environnement, les sciences du numérique, l'ingénierie et les sciences humaines et sociales (analyses des comportements individuels et collectifs, droit public, analyses des politiques publiques, éthique, géographie, ...). À titre d'exemple, la liste des technologies clefs 2020 identifiées par la Direction générale des entreprises illustre la diversité des objets techniques, en retenant pour le domaine de la sécurité : les robots et drones autonomes, la valorisation intelligente des mégadonnées (« big data »), les systèmes embarqués et distribués sécurisés et sûrs, l'analyse comportementale, les communications sécurisées, et l'authentification forte. Si certaines briques pour ces technologies relèvent du défi 7, leur spécialisation pour répondre aux besoins de sécurité et leur intégration au sein de systèmes de sécurité (y compris pour ses volets humains et organisationnels) relèvent bien du défi 9, de même que les impacts sociétaux de ces systèmes. Pour tous les projets où cela est pertinent, l'implication d'utilisateurs

²¹ Il est rappelé que chacun des défis sociétaux est concerné par la caractérisation des risques qui lui sont spécifiques et la mise en œuvre de démarches propres et sûres prenant en compte les intérêts des personnes et groupes concernés.

concernés, prescripteurs ou opérateurs²², est encouragée, ainsi que la prise en compte des besoins exprimés par la filière française des industries de sécurité et d'autres filières vitales (notamment énergétique, traitement des eaux, transport, ...).

Ce défi est structuré en 5 axes qui peuvent se rencontrer sur certaines thématiques.

1. Recherches fondamentales dans les domaines intéressant la sécurité
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 le cyber-terrorisme
5. Protection des infrastructures et des réseaux d'importance vitale, surveillance des espaces souverains.

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.

L'axe 2 s'attache aux recherches autour des crises, de leur prévention au retour à une situation normale. Le mot « crise » est entendu ici au sens strict de l'occurrence d'un événement disruptif de grande ampleur, d'origine naturelle, technologique ou humaine. Les sens plus diffus (« crise des années 1930 », « crise civilisationnelle ») sont hors champ.

Les axes 3 et 4 concernent la sécurité des personnes (physiques et morales), des groupes et des sociétés dans leur ensemble. Ils proposent des accentuations, de façon symétrique, sur la sécurité dans l'espace physique pour l'axe 3, et dans le cyberspace pour l'axe 4.

L'axe 5 est consacré plus spécifiquement à la protection physique et numérique des infrastructures et des réseaux d'importance vitale. Il couvre également la surveillance des espaces souverains.

Les applications principales de la recherche dans ce défi sont définies en fonction des utilisateurs finaux de la recherche et concernent l'ensemble des axes du défi hors l'axe socle (axe1) :

- 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 2016 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.

²² 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.

Prescripteur : autorité édictant des règles, normes, orientations relatives à la sécurité.

Axe 1. Recherches fondamentales en lien avec le défi

Pour les projets déposés dans cet axe, on attend 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 a priori sous réserve que cette condition soit vérifiée. Les sciences humaines et sociales sont fortement encouragées. La recherche interdisciplinaire est naturellement attendue, étant donné le caractère complexe des problématiques pouvant relever de ce défi.

Axe 2. Risques, gestion de crise quelle que soit son origine, résilience des systèmes

L'enjeu de cet axe est de proposer des approches, méthodes et outils pour d'une part mieux comprendre les situations à risque, et d'autre part anticiper, prévenir et gérer les crises et leurs conséquences. On s'intéressera en priorité aux crises de grande ampleur en termes d'impact sur la société, que ce soit par leurs effets immédiats ou par leurs conséquences à long terme sur les personnes ou sur les organisations politiques et sociales. Cependant, des crises plus locales pourront être considérées dans la mesure où leur étude peut permettre un usage pertinent des résultats au-delà de la situation considérée.

Connaissance et anticipation des risques et des menaces

On s'intéresse ici à des systèmes techniques ou socio-techniques qui, s'ils sont perturbés, sont susceptibles de générer une crise qu'il s'agit d'éviter ou dont il faut limiter l'ampleur. L'enjeu est l'intégration des questions de sécurité à tous les stades de la vie des systèmes, dès leur conception jusqu'à leur démantèlement, et dans toutes les dimensions (techniques, humaines, organisationnelles, juridiques...) en tenant compte des cadres applicables (national, européen ou international).

NB : L'analyse détaillée des menaces criminelles ou terroristes relève des axes 3 et 4 pour les domaines physique et numérique respectivement. La caractérisation des risques environnementaux, biologiques, industriels et sanitaires est traitée dans les défis concernés.

On s'intéresse ici aux méthodologies, aux modes d'organisation et aux outils d'aide à la décision, y compris basés sur des modélisations et sur l'analyse des mégadonnées (signaux faibles, prise en compte de facteurs invisibles ou de phénomènes négligés, ...). Un effort important sera porté sur les facteurs humains que ce soit comme éléments de prévention des risques ou comme facteurs aggravants. On pourra faire appel par exemple à des analyses de la psychologie sociale et des sciences du comportement.

Des études méthodologiques et des outils qui permettraient d'évaluer l'impact juridique et économique sous l'angle des coûts des défaillances évitées et/ou des gains d'efficacité apportés (directs ou indirects) de la mise en place de solutions de sécurité pourront être proposés.

On pourra prendre en compte les différentes modélisations des crises, l'utilisation des mégadonnées pour la décision (*Policy analytics*), l'intégration d'indicateurs rénovés et

en particulier de facteurs humains et sociaux dans les processus. On pourra s'intéresser aussi aux processus juridiques d'élaboration des normes.

Des approches pour la garantie de fonctionnement sûr des systèmes interconnectés sont également encouragées. L'objectif sera d'éviter que l'introduction d'équipements, dispositifs ou pratiques génère des risques majeurs par leurs interactions avec l'environnement technique ou sociotechnique dans lequel ils sont insérés.

Approche intégrée de la gestion de crise

Lorsqu'une crise est déclarée, il s'agit 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 d'alerte jusqu'à la résolution (retour à la normale).

On s'intéressera en particulier aux systèmes de partage d'information et d'aide à la décision, tant pour la gestion de la crise en temps réel que pour l'enregistrement des données qui serviront à l'analyse ex post et aux éventuelles enquêtes. Un accent pourra être porté sur la modélisation des évolutions probables –par exemple les effets « domino »– et la prise en compte des capacités de réaction des acteurs. Pour que la gestion de crise soit efficace, il faudra donc 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 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, la diffusion et la transparence de l'information, l'organisation et les processus collaboratifs de secours, d'évacuation ou d'intervention.

Résilience des systèmes, retour à la normale et analyse ex post

On s'intéresse ici à la gestion de la fin de crise, de l'après-crise et des conséquences. Il s'agit de traiter les problèmes moins urgents ou critiques dont les effets sont prévisibles à plus ou moins long terme.

À relativement court terme, des enjeux logistiques peuvent se poser, 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 ex post (de crises résolues et de crises évitées), ainsi qu'aux *disaster studies*, et à leur mise en œuvre pour prévenir l'occurrence d'autres crises ou tout au moins atténuer un certain nombre d'effets.

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 *systems complexes interconnectés*. Des outils tels que la théorie des réseaux, l'analyse des processus décentralisés peuvent être mobilisés.

Axe 3. Sécurité des personnes et des collectifs ; lutte contre le crime, le terrorisme et la radicalisation violente

Cet axe est dédié à la lutte contre tout ce qui peut porter atteinte à la sécurité physique des personnes, des biens et des organisations. La sécurité dans l'espace numérique (cyberespace) sera traitée prioritairement dans l'axe 4, ce qui n'empêche pas l'intégration d'un volet cybersécurité (technologique et/ou juridique) dans les projets déposés dans cet axe.

Les thèmes d'intérêt concernent :

- les conditions de garantie de la liberté et de la sécurité des personnes physiques et morales et de la sécurité des sociétés (sociétés sûres),
- l'équipement des forces de sécurité et des primo-intervenants.

Liberté et sécurité des personnes, protection des droits individuels

Cette thématique recouvre tout ce qui concerne la préservation de la sécurité et des droits et libertés fondamentales des personnes face à des risques ne relevant pas de malveillances, que ces risques soient induits par des fragilités ou des négligences.

Elle recouvre également le secours aux personnes, 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.

Cette thématique inclut la prise en compte des individus comme acteurs de leur propre protection ou de celle d'autrui et l'amélioration de la sécurité des populations en zones urbaines. La sécurité des personnes pourra aussi être appréhendée sous l'angle des modalités de l'organisation de la protection par les communautés et les sociétés elles-mêmes, de la participation citoyenne (débat public) à l'organisation et aux modalités de la sécurité, de l'acceptabilité sociale de ces modalités, ainsi que des problématiques de transparence et de simplification de l'action publique.

Lutte contre les processus de radicalisation violente

NB : La radicalisation violente replacée dans la question plus générale de l'intégration sociale relève du défi 8.

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 et culturels favorisant les trajectoires de radicalisation, l'analyse des discours et argumentaires, les stratégies et politiques de prévention et de déradicalisation : ressorts de la radicalisation (vulnérabilité), procédures (recrutement en ligne), conditions du passage à l'acte. 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, sans oublier le respect des droits et libertés fondamentales (dont la vie privée et en évitant les stigmatisations).

Tous les types de radicalisation menant à des actions violentes dans notre société sont à prendre en compte. On ne se limitera pas aux questions liées aux extrémismes religieux ; les radicalisations politiques ou les situations de désespoir pouvant mener à des actes radicaux, notamment dans le domaine de la vie professionnelle, sont aussi à prendre en compte. Par exemple : actes de sabotage de sites sensibles, suicide sur le lieu de travail entraînant des accidents graves, ...

On encouragera les recherches destinées à une meilleure prévention des comportements potentiellement dangereux, ou une meilleure protection des personnes; pour accroître la capacité des acteurs à repérer les vulnérabilités encore inconnues, les facteurs de risque non identifiés, les signaux faibles, les risques émergents ; pour développer les outils de détection d'événements rares ou de signaux émergents dans un flux de données.

Lutte contre la criminalité et contre le terrorisme

On s'intéresse ici à tout ce qui concerne la lutte contre les activités terroristes (incluant l'utilisation d'armes NRBC-E) et la grande criminalité (dont les moyens peuvent être transnationaux), aux problématiques liées à la « petite » criminalité, à la délinquance, à la contrefaçon, mais également la recherche, l'admissibilité et la recevabilité de la preuve lors d'enquêtes (police scientifique et technique).

Les recherches doivent permettre d'évaluer les menaces et d'analyser leurs impacts (macro-économiques, matériels, juridiques, ...). Le volet de prévention et d'identification des risques et des menaces couvre également les nouvelles techniques de surveillance et d'alerte. 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), tout en protégeant les droits et libertés fondamentales, dont le droit au respect de la vie privée, lors de la collecte d'informations (anonymisation ou pseudonymisation des informations recueillies, protection contre la corrélation).

Etant 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 l'ordre public et notamment sur l'organisation et le fonctionnement des forces de l'ordre (équipements, protection, préparation et organisation). Ils appellent aussi des recherches sur les politiques publiques relatives à la surveillance et à la protection, et sur leurs conséquences législatives. On s'intéressera aussi aux dispositifs qui permettent l'identification des auteurs et leur poursuite dans le respect des normes et sans porter atteinte aux droits et aux libertés fondamentales, ainsi qu'aux réparations des dommages aux personnes et matériels.

Sûreté et sécurité des systèmes techniques et sociotechniques

Même lorsqu'on n'anticipe pas de risques de crises, la prévention des risques au sein d'un système technique ou sociotechnique peut nécessiter une approche globale du fonctionnement croisant plusieurs approches. 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.

On s'intéressera ainsi au développement de techniques rigoureuses d'identification et de caractérisation des risques, et d'évaluation de leurs conséquences, en appui des politiques publiques.

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 à la sécurité dans le cyberspace, c'est-à-dire aux risques, menaces et vulnérabilités liés à la dépendance aux technologies numériques de nos sociétés très interconnectées. On retrouvera donc dans cet axe les recherches en cryptologie, en biométrie, en authentification, en virologie et en sécurité des systèmes d'information, et les recherches sur les cadres juridiques afférant. L'accent porté ici sur les enjeux numériques n'exclut pas un volet de sécurité physique ou de développement matériel dans les projets soumis dans cet axe.

Protection des dispositifs et systèmes d'information

Il s'agit de proposer des approches innovantes, techniques et juridiques, afin de couvrir les besoins en protection des systèmes d'information et de tous les dispositifs par lesquels transitent des informations sensibles. Ces propositions viseront à assurer la protection des citoyens, des institutions, des infrastructures, des réseaux et des patrimoines matériels et immatériels, dans le respect des droits individuels et des libertés fondamentales, notamment le respect de la vie privée. Les objets de recherche considérés pourront aller du composant 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-démocratie (vote électronique, démarches administratives, dispositifs personnels tels que la carte vitale ou l'identité numérique, ...). On n'oubliera pas les technologies de sécurité pour les composants et systèmes de l'internet des objets ou pour la sécurisation des *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.

Parce qu'une part importante de la SSI dépend de ses utilisateurs, les projets pourront concerner des actions visant à leur **sensibilisation**, et à 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 et des équipements

NB: La protection, y compris la cyber-protection, des infrastructures et des réseaux physiques d'importance vitale est traitée dans l'axe 5.

La part croissante des technologies numériques dans le fonctionnement des systèmes, équipements, infrastructures et réseaux physiques (transport, énergie, ...) 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 des dispositifs d'optimisation ayant pour objectif, par exemple, la transition énergétique (compteurs intelligents) ou l'économie circulaire (objets connectés). L'enjeu est donc de maîtriser le compromis, notamment financier mais aussi en termes de conditions d'utilisation, entre un fonctionnement complètement sécurisé conforme aux règles juridiques applicables et un fonctionnement complètement optimisé.

On s'intéressera donc à la caractérisation et 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 «security by design » et de « privacy by design », 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.

La nature « cyber » du risque ou de la menace ne doit pas faire oublier le rôle des individus et des organisations. Si des erreurs, négligences ou malveillances sont des facteurs de risque qu'il convient de prendre en compte, le respect de procédures bien comprises, la vigilance et l'initiative sont des garde-fous qu'il conviendra de prendre en compte dans une approche de système sociotechnique.

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 aux institutions et autorités européennes et nationales, aux entreprises, mais également aux personnes. Il s'agit de proposer des études et des solutions pour lutter contre la montée en puissance des infractions et attaques contre les systèmes d'information et de communication, ou utilisant ceux-ci pour créer ou démultiplier des activités criminelles plus traditionnelles.

Les recherches devront permettre d'évaluer les menaces et d'analyser leurs impacts (macro-économiques, matériels, juridiques...). Elles doivent également traiter des méthodes, moyens et outils permettant de lutter contre les activités criminelles ou terroristes liées aux technologies de l'information. 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 lignes, ...), les règles de concertation et d'information juridique des personnes, tout en respectant les droits et des libertés individuelles. On pourra également s'intéresser aux outils et méthodes d'investigation (« forensic »), et à la détection des menaces et risques. La virologie informatique et la lutte contre les malware sont aussi couvertes par cette thématique.

Lutte contre les violences et la radicalisation dans le cyberspace

L'anonymat permis par le web encourage parfois des comportements discutables qui, sans relever du terrorisme ni de la criminalité, restent des manifestations de violence inacceptables. On peut citer par exemple les avalanches organisées de commentaires portant atteinte à la dignité humaine sur des blogs ou des réseaux sociaux, dont les effets sur les victimes peuvent être profonds et durables. Sans chercher à limiter la liberté d'expression, on peut s'intéresser aux moyens de lutter contre ces comportements qui peuvent être le fait de groupuscules n'agissant que dans le cyberspace.

Etant 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. On peut aussi envisager des contre-mesures informatiques pour neutraliser les moyens des attaquants en restant dans les limites de la légalité, et proposer des systèmes juridiques de protection.

Protection de la vie privée et des autres droits et libertés fondamentales dans le cyberspace

Certains aspects de la protection des citoyens vont de pair avec de nouvelles formes d'intrusion dans la vie privée. Par ailleurs, et plus largement, le fonctionnement de l'environnement numérique repose sur des infrastructures informationnelles complexes que des acteurs privés ont développées pour leurs besoins propres et dans lesquels les données, en particuliers celles concernant des individus (les données personnelles) jouent le rôle de particules élémentaires. Les pratiques de suivi et de ciblage des individus sont donc généralisées dans le monde numérique. Même si leur objectif reste « sans danger » de prime abord (marketing, publicité ciblée, ...), ces pratiques semblent participer d'une généralisation de formes plus ou moins douces de surveillance des comportements et habitudes des individus. Le fait qu'elles permettent le développement de biens et de services extraordinairement innovants, qui satisfont à des demandes tant individuelles que collectives ne doit pas conduire à oublier le respect des droits et libertés des personnes (par exemple le droit à l'autodétermination informationnelle). Sans construction de mécanismes de transparence, de contrôle et de respect des droits, l'environnement numérique court le risque d'une perte de confiance des utilisateurs.

La recherche doit participer à la construction d'un cadre de confiance dans les services qui permette aux entreprises (privées comme publiques) et aux organisations d'innover et d'offrir des produits et services qui répondent aux demandes des consommateurs et aux besoins publics. Ce cadre doit aussi permettre aux services régaliens de remplir leurs missions dans le cadre de la loi, tout en permettant aussi aux citoyens d'exercer un contrôle public sur ces activités et sans évoluer pour autant vers une société de surveillance.

En particulier, on encouragera des recherches sur les moyens de faire en sorte que l'utilisateur, qu'il soit consommateur ou fournisseur de services et de contenus, reste au cœur du système et 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, ...).

Pour atteindre ces objectifs, il sera nécessaire de soutenir une nouvelle génération de recherches hybrides ou pragmatiques, combinant les savoirs technologiques et les savoirs sociaux et pratiques (sociologiques, juridiques, politiques, ...). La compatibilité avec les contextes juridiques nationaux et européens de protection des données à caractère personnel (y compris les règles relatives à la protection de la vie privée par conception, ou « Privacy by Design ») devra être démontrée.

De plus la liberté suppose la capacité de décider, et donc le droit à l'information, voire à la formation, des citoyens. Elle implique la protection des personnes en situation de vulnérabilité et donc l'édiction et l'application de normes sur des formes minimales de sécurité humaine dans le cyberspace.

Axe 5. Protection des infrastructures et des réseaux d'importance vitale et des réseaux, surveillance des espaces souverains

NB : La sûreté de fonctionnement des systèmes complexes interconnectés est traitée dans l'axe 3 ; la cyber-protection en général est traitée dans l'axe 4.

Protection des infrastructures d'importance vitale et des réseaux,

Cette thématique concerne surtout l'étude de la protection contre les vulnérabilités pour améliorer la sécurité 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 cascade (effet domino). Cette thématique concerne également les recherches sur les installations sensibles et les risques combinés naturels et technologiques (« natech »), ainsi que la protection des zones à régime restrictif, en particulier pour la sûreté aéroportuaire (outils permettant d'améliorer le suivi et la traçabilité des mouvements des personnels au sein des différentes zones, dans le respect des règles juridiques applicables).

L'objectif est ici d'anticiper les menaces et de proposer des recherches liées à la prévention des situations de risque 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 risque ou de menace : détection d'individus mal intentionnés, protection périmétrique ; protection contre les menaces NRBC-E (compréhension, évaluation, détection à distance, identification, protection physique et organisationnelle, décontamination) ; développement de méthodologies de conception d'infrastructures sécurisées, résistant à des agressions de tout type, reposant sur l'utilisation de modèles physiques prédictifs (modèles de simulation des effets, de résistance des structures, de pannes, de défaillances, de sabotages, d'attaques exogènes ou endogènes) ; cybersécurité (notamment dès la conception) des infrastructures et des réseaux critiques connectés/intelligents et concourant à généraliser une démarche systématique de

«Security by Design» en incluant les personnes comme facteurs de risques et comme acteurs de la prévention.

Ces différentes approches peuvent faire appel à des technologies telles que des matériaux innovants (par exemple autodécontaminants), des capteurs (notamment pour la vidéoprotection, mais pas uniquement) intégrés, intelligents et respectueux des libertés, et des moyens de modélisation, mais aussi de supervision et de contrôle (physique et numérique), et des systèmes d'intégration de type superviseurs. Au niveau système, la définition d'architectures innovantes pour de véritables ERP de sécurité, permettant une virtualisation des fonctions de sécurité physique et une approche unifiée des politiques de sécurité logique et physique pourra être étudiée, en particulier en y impliquant des opérateurs de sécurité.

Surveillance des espaces maritimes, terrestres et aériens

Cette thématique concerne l'étude des menaces, ainsi que la gestion de la sécurité des flux humains, matériels (chaîne logistique) et immatériels, dans les espaces maritimes, terrestres et aériens et via les interconnexions entre ces différents espaces ; ainsi que les outils permettant d'améliorer le suivi et la traçabilité des mouvements des personnels au sein des différentes zones, 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 (capteurs, corrélation d'événements, moyens d'intervention...) et/ou relevant des sciences humaines et sociales (droit, sciences politiques...). Une attention particulière sera portée aux évolutions géopolitiques et réglementaires nationales, européennes et internationales.