



Remise de l'étude *TECHNOLOGIES CLES 2015*

Eric BESSON

Ministre chargé de l'Industrie, de l'Energie et
de l'Economie numérique

Mardi 15 mars 2011

DOSSIER DE PRESSE

www.economie.gouv.fr

Contact presse :

Nicolas BOUDOT/Clotilde LARROSE : 01 53 18 45 13

Sommaire



• Faits saillants de l'étude <i>Technologies clés 2015</i>	2
• Préface de M. Eric BESSON, Ministre chargé de l'industrie, de l'énergie et de l'économie numérique	5
• Avant-propos de M. Denis RANQUE, Président de Technicolor, Président du Comité stratégique de l'étude <i>Technologies clés 2015</i>	7
• Composition du Comité stratégique	9
• Grille de lecture d'une fiche "technologie clé"	11
• Glossaire des principales notions utilisées par l'étude <i>Technologies clés 2015</i>	12
• Méthodologie de l'étude <i>Technologies clés 2015</i>	14
• Collection de graphiques de positionnement stratégique	16
• Exemples de quelques fiches <i>Technologies clés 2015</i> :	17
TC N°17 Technologies 3D	
TC N°70 Systèmes d'enveloppe du bâtiment	
TC N°78 Ingénierie du système immunitaire	
• Notice biographique de M. Denis RANQUE	18

FAITS SAILLANTS ISSUS DE L'ETUDE *TECHNOLOGIES CLES 2015*

La France mène de façon régulière des réflexions de prospective technologique pour orienter les politiques industrielles et d'innovation au bénéfice de la compétitivité des entreprises. En particulier, le Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie réalise tous les cinq ans une étude prospective dont l'objet est d'identifier, en les reliant aux grands enjeux économiques et sociétaux et au potentiel des marchés concernés, les principales technologies stratégiques pour l'industrie française à l'horizon de cinq à dix ans.

4^{ème} édition de l'étude, ***Technologies clés 2015*** a été réalisée entre janvier et octobre 2010, à l'issue d'une large concertation réunissant experts privés et publics et acteurs institutionnels. Elle s'adresse aux décideurs publics et privés souhaitant disposer d'avis d'experts pour les guider dans leurs choix d'investissement ou dans leurs partenariats, mais aussi aux chefs d'entreprise désireux de diversifier leurs activités ou de lancer de nouvelles offres.

L'étude *Technologies clés 2015* recense **85 technologies innovantes, réparties en 7 secteurs : chimie, matériaux et procédés ; technologies de l'information et de la communication ; environnement ; énergie ; transports ; bâtiment ; santé, agriculture et agroalimentaire.**

Quatre principaux enseignements ressortent de l'étude *Technologies-clés 2015*.

1. A côté des technologies de l'information et de la communication et des technologies du vivant, dont l'importance demeure, les technologies de l'énergie et de l'environnement occupent désormais une place croissante.

La précédente étude, *Technologies clés 2010*, mettait en exergue le caractère crucial des technologies de l'information et de la communication et des technologies du vivant. **Ces technologies restent d'importance majeure à l'horizon 2015.**

Les **technologies de l'information et de la communication** connaissent un bouillonnement considérable, autour des enjeux de l'ubiquité et des multiples services associés, eux-mêmes très innovants. Les marchés concernés sont très importants, y compris dans les pays en voie de développement, dans lesquels le déploiement a été plus rapide qu'anticipé (2 milliards d'internautes et 5 milliards de téléphones portables dans le monde ; investissements des pays émergents dans les TIC aujourd'hui plus importants que ceux des pays développés). L'étude *Technologies clés 2015* confirme l'importance de la nanoélectronique, du logiciel

embarqué, des technologies 3D, du *cloud computing*, ainsi que la place croissante de la robotique et le potentiel des technologies de la réalité augmentée.

Les **technologies du vivant** continuent d'occuper une place de premier plan. L'étude *Technologies clés 2015* confirme l'importance de technologies telles que l'ingénierie cellulaire et tissulaire, l'ingénierie du système immunitaire ou l'imagerie du vivant. Par ailleurs, l'enjeu du maintien à domicile, en particulier dans le contexte du vieillissement de la population, fournit des opportunités pour développer des produits qui seront associés à des services à haute valeur ajoutée (détections de situations anormales, suivis et soins personnalisés...).

L'élément nouveau est lié à l'importance croissante des technologies de l'énergie, ainsi qu'à celle des technologies de l'environnement, des transports et du bâtiment. Cette importance est liée à la rareté des ressources non renouvelables, dans le contexte de leur renchérissement, ainsi qu'à l'enjeu du réchauffement climatique.

L'étude *Technologies clés 2015* recense des technologies portant aussi bien sur les modes de production et d'approvisionnement (pétrole, nucléaire) que sur l'amélioration des usages et la réalisation d'économies de ressources (économies d'énergie dans le bâtiment, usages performants des TIC pour réduire les consommations, réseaux électriques intelligents, énergies renouvelables comme l'éolien en mer ou le photovoltaïque de nouvelle génération...). Elle montre de façon très claire que la France a de multiples atouts à valoriser dans ces domaines. Ces enjeux sont pleinement pris en compte par le programme d'investissements d'avenir qui permettra, par exemple, de financer des projets ambitieux pour développer les applications du véhicule électrique ou hybride et les transports intelligents, ou encore pour renforcer l'autonomie des systèmes de stockage de l'énergie.

2. La France dispose d'un réel potentiel dans les technologies clés recensées, qu'il lui revient d'exploiter pour saisir les opportunités de marché.

Tous secteurs confondus, la France se situe aujourd'hui dans le peloton pour 2/3 des technologies clés, et se positionne comme leader ou co-leader pour 1/5 d'entre elles.

Dans chacun des secteurs des technologies de environnement, de l'information et de la communication et de la chimie, des matériaux et des procédés, les acteurs français se situent en position de leader ou co-leader pour ¼ au moins des technologies clés. Dans les autres secteurs, les acteurs français se situent dans le peloton pour 70% des technologies clés globalement.

3. L'importance des « technologies d'avenir » ne doit pas masquer le rôle essentiel des « technologies diffusantes » pour la capacité d'innovation et la compétitivité des entreprises.

30% des technologies clés appartiennent à la catégorie des **technologies d'avenir**, par exemple : la simulation moléculaire, la robotique, les carburants de synthèse issus de la biomasse, les piles à combustible, l'ingénierie génomique, l'ingénierie des systèmes immunitaires... Projetées à un horizon de 5 à 10 ans, elles possèdent un potentiel important pour la compétitivité française.

20% des technologies clés répertoriées par l'étude appartiennent à la catégorie des **technologies diffusantes** : fabrication rapide, numérisation de contenu, logiciel embarqué, technologies de gestion des ressources en eau, éco-conception, valorisation énergétique... Les technologies diffusantes sont celles dont l'appropriation par les entreprises peut permettre d'accroître leur compétitivité, en particulier par les leviers de la productivité et de la capacité d'innovation.

L'autre moitié des technologies clés relèvent simultanément de ces deux catégories : elles ont à la fois la maturité des technologies diffusantes, tout en recélant un potentiel important pour des développements nouveaux, au plan technologique comme au plan des applications et marchés concernés.

4. L'innovation technologique naît de plus en plus souvent aux interfaces de domaines très différents et la mobilisation simultanée de technologies relevant de champs variés est de plus en plus fréquente.

L'étude *Technologies clés 2015* s'emploie à donner la vue la plus large et la plus transversale possible des avancées technologiques dans les différents secteurs et à mettre en lumière les liens et interdépendances pouvant exister entre différentes technologies clés.

Il en ressort que la transversalité, la pluridisciplinarité et les démarches d'innovation ouverte sont de plus en plus nécessaires dans le développement des technologies clés et la mise au point de leurs applications. Il en résulte aussi pour les **cursus de formation initiale et continue** un double impératif, d'excellence dans leur spécialité et d'ouverture pluridisciplinaire pour développer la capacité à travailler en équipes d'origines et de préoccupations variées.

PREFACE DE M. ERIC BESSON, MINISTRE CHARGE DE L'INDUSTRIE, DE L'ENERGIE ET DE L'ECONOMIE NUMERIQUE

Technologies clés 2015 : une prospective et un éclairage pour les décisions

Dans un monde où les technologies évoluent de plus en plus vite, et où le choix parmi des alternatives technologiques peut s'avérer décisif, il est important de nourrir et structurer une réflexion nationale sur les orientations les plus prometteuses et créatrices de valeur et d'emplois. C'est ainsi que depuis 1995, le ministère chargé de l'industrie réalise tous les cinq ans une étude destinée à identifier et caractériser les technologies « clés » qui contribuent au développement économique de la France sur un horizon moyen terme de 5 à 10 ans.

L'étude « Technologies Clés 2015 » que nous publions aujourd'hui en constitue la 4^{ème} édition. Elle a mobilisé, sous la supervision d'un comité stratégique présidé par Denis Ranque, président du Cercle de l'Industrie, plus de 250 experts que je tiens à remercier pour leur contribution, et a pris en compte les résultats de plusieurs travaux, comme notamment l'exercice de prospective « France 2025 » conduit sous l'égide du Centre d'analyse stratégique, ou encore la Stratégie Nationale de Recherche et d'Innovation.

Cette étude, menée à intervalles réguliers, est ainsi devenue une référence dans la « boîte à outils » des politiques publiques nationales en faveur de l'innovation et de la compétitivité des entreprises. Elle remplit plusieurs missions:

- En premier, elle constitue un formidable **instrument de sensibilisation au développement technologique**, et de valorisation des filières scientifiques et techniques. En mettant à l'honneur l'innovation technologique, elle souligne le rôle essentiel de l'industrie dans la construction de notre avenir.
- Ensuite, elle permet **d'évaluer la capacité de notre tissu industriel à investir le champ des opportunités** générées par les 85 technologies clés en 2015, qu'il s'agisse des technologies diffusantes susceptibles de générer des gains de productivité, ou des technologies d'avenir, ouvrant la voie au développement de nouveaux marchés. Cette analyse stratégique des forces et des faiblesses de la France dans plusieurs domaines technologiques, a été complétée cette année par la formulation de recommandations susceptibles de favoriser leur déploiement. Une attention particulière a aussi été portée à la dimension sociale des différentes technologies ainsi qu'aux services qui leurs sont associés.

- Enfin, elle constitue un **outil structurant d'aide à la décision pour les entreprises comme pour les pouvoirs publics**. Les entreprises souhaitant élaborer leur stratégie de R&D ou engager une démarche d'innovation pourront trouver dans cet ouvrage des éclairages utiles sur les applications et les enjeux technologiques, ainsi que sur les principaux acteurs et centres de compétences vers lesquels se tourner. Il en va de même pour l'Etat, les collectivités territoriales et les principales structures au service de l'innovation et la compétitivité, comme par exemple OSEO ou l'agence nationale de la recherche, qui pourront s'appuyer sur cette étude pour définir l'orientation de leur politique de soutien aux projets d'entreprise ou l'organisation d'actions collectives en direction des acteurs économiques.

La diffusion en matière d'innovation et de technologie étant tout aussi importante que les progrès technologiques eux-mêmes, les résultats de l'étude « Technologies Clés 2015 » seront diffusés le plus largement possible auprès des chefs d'entreprise et des décideurs en région, à travers le réseau territorial des DIRECCTE ou par le biais d'Internet.

Je souhaite que le lecteur de l'étude, chef d'entreprise, ingénieur, chercheur, membre d'un pôle de compétitivité ou d'une grande filière industrielle, puisse y trouver les informations qui contribueront à éclairer sa compréhension des enjeux ou ses choix, à mieux orienter son action et à identifier ses partenaires. Et que ce travail contribuera ainsi à la nécessaire amélioration du potentiel industriel de notre pays, et par là, à sa prospérité et à ses emplois.

Eric BESSON

Ministre de l'Industrie, de l'Energie et de l'Economie numérique

AVANT-PROPOS DE M. DENIS RANQUE, PRESIDENT DE TECHNICOLOR, PRESIDENT DU COMITE STRATEGIQUE DE L'ETUDE TECHNOLOGIES CLES 2015

Des technologies clés, pourquoi faire ? L'objectif fondamental de ce travail de prospective technologique consiste, après avoir positionné la France dans son environnement international, à procurer des gains d'efficacité dans le monde de l'entreprise comme dans la gestion publique. Il est voisin dans son esprit d'autres exercices menés concurremment par de grands pays industrialisés.

L'étude sur les technologies clés à horizon 2015 est un document attendu : pour mémoire, l'étude précédente, qui visait l'horizon 2010, a donné lieu à environ un million de pages lues sur Internet.

Luc Rousseau, Directeur Général de la Compétitivité de l'Industrie et des Services m'a proposé de prendre la présidence du comité stratégique de l'étude en me demandant de veiller à la bonne orientation des dimensions scientifique, technique et industrielle de l'exercice, et de m'assurer de la collégialité du travail à accomplir.

Pour cela j'ai réuni, dans ce comité, un certain nombre de personnalités qui toutes ensemble permettaient de dégager une vision partagée des enjeux pour notre pays.

Les échanges réguliers avec les acteurs opérationnels de l'étude ont permis de définir parmi sept secteurs les 85 technologies clés qui devront faire l'objet d'une attention soutenue de la part des chefs d'entreprises, des cadres, des décideurs publics, car leur maîtrise permettra de mieux relever les défis qui se posent à notre société et de donner à nos entreprises de meilleurs avantages compétitifs.

Que dit-elle de neuf par rapport aux exercices précédents ? Si les trois quarts environ des technologies déjà repérées en 2005 comme cruciales restent présents, leurs contenus détaillés, leurs marchés de débouchés, leur champ concurrentiel, la quantification de leurs importances relatives, ont évolué. D'autre part, la présente étude s'est attachée à fournir des clés aux chefs d'entreprises à la recherche de nouveaux vecteurs pour innover comme aux décideurs publics qui vont devoir arbitrer avec des budgets contraints. Enfin, une analyse sur les technologies diffusantes, importantes pour l'économie, a été conduite.

Ce sont environ 250 experts qui ont été consultés pour collecter les informations permettant un diagnostic sur le contexte et les enjeux des différents secteurs, de relever les grandes tendances d'évolution qui leurs sont associées, d'identifier les évolutions technologiques majeures et les acteurs de la R&D qui les conduisent. De plus les feuilles de route

stratégiques des pôles de compétitivité à vocation mondiale ont été intégrées dans les analyses.

Je tiens à les remercier tous pour leur précieuse contribution,

Cet exercice a été conduit pour déterminer sur chacune des technologies les principales forces et faiblesses, atouts et menaces des compétences françaises.

Les développements d'innovations technologiques doivent répondre simultanément à deux types d'attentes sociétales ; d'une part le besoin de progrès, de création de valeur, d'emplois, de bien être, de sécurité ; d'autre part, la prise en compte des risques, réels ou perçus, inhérents à toute innovation. L'étude a donc aussi mentionné, pour chacune des technologies, les facteurs qui pouvaient en freiner le déploiement.

Enfin, en vue d'augmenter la création de valeur sur le territoire national, les différents aspects liés à l'identification et au développement de nouveaux types de services concourant à la compétitivité, et à l'amélioration de notre balance commerciale ont été examinés sous l'angle des opportunités offertes par les différentes technologies et marchés.

Les différentes monographies et fiches technologies clés constituant le document final s'accompagnent de propositions de recommandations formulées par les différents groupe de travail et validées par le comité stratégique. Ces recommandations proposent aux lecteurs, à différents niveaux de mise en œuvre (investissements, partenariats, formation, réglementation, normalisation...), des pistes pour créer un environnement favorable au déploiement de ces technologies.

L'étude *Technologies clés 2015* sera rapidement utilisée puisqu'elle fait partie, au même titre que la stratégie nationale de recherche et d'innovation et la stratégie nationale sur l'énergie, et en cohérence avec ces dernières, des documents de référence qui vont permettre de guider les choix à retenir dans le cadre des investissements d'avenir notamment en ce qui concerne les instituts de recherche technologique et les instituts thématiques d'excellence en matière d'énergie décarbonées.

Je forme le vœu que les résultats de Technologies clés 2015 se déclinent en de multiples actions en faveur du développement de nos industries, et du succès de nos chercheurs, ingénieurs et techniciens, et qu'ainsi ils contribuent à offrir à notre pays les meilleures conditions de son développement dans la compétition mondiale.

Denis Ranque

Président du comité stratégique

COMPOSITION DU COMITE STRATEGIQUE

Denis RANQUE	Président de Technicolor - Président du comité stratégique
Olivier APPERT	Institut Français du Pétrole - Enregies Nouvelles
Michel ATHIMON	Alstom Group
Solange BORIE	BIPE
Jean-Philippe BOURGOIN	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Thierry CHAMBOLLE	Académie des Technologies
Vincent CHARLET	Association Nationale de la Recherche et de la Technologie
Pierre-Franck CHEVET	Direction Générale de l'Energie et du Climat - Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement - Ministère de l'Industrie, de l'Energie et de l'Economie Numérique
Kevin COGO	Alstom-Group
Philippe de LACLOS	Centre Technique des Industries Mécaniques
Jean-Pierre DEVAUX	Direction Générale de l'Armement - Ministère de la Défense
Adeline FABRE	Direction Générale de l'Energie et du Climat - Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement - Ministère de l'Industrie, de l'Energie et de l'Economie Numérique
Gabriele FIONI	Direction Générale pour la Recherche et l'Innovation - Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Jacques GRASSI	Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale
Franck HUIBAN	EADS - European Aeronautic Defence and Space company
Catherine LANGLAIS	Saint-Gobain
Richard LAVERGNE	Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement
Patrick LLERENA	Bureau d'Economie Théorique et Appliquée - Université de Strasbourg
Christophe MIDLER	Ecole Polytechnique
Jean-Claude PETIT	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

Robert PLANA	Direction Générale pour la Recherche et l'Innovation - Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Grégoire POSTEL-VINAY	Direction Générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services - Ministère de l'Industrie, de l'Energie et de l'Economie Numérique
Luc ROUSSEAU	Direction Générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services - Ministère de l'Industrie, de l'Energie et de l'Economie Numérique
Nicolas SERRIE	Alstom-Group
Ronan STEPHAN	Direction Générale pour la Recherche et l'Innovation - Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Dominique VERNAY	Pôle de Compétitivité System@tic

GRILLE DE LECTURE D'UNE FICHE *TECHNOLOGIE CLE*

Une collection de fiches technologies clés, chaque fiche ayant la même structure :

Caractère diffusant
ou d'avenir de la technologie



Définitions

L'ingénierie génomique repose sur des disciplines fondamentales abordant les problèmes de base de l'organisation, de la stabilité et de la variation du matériel génétique, de la réplication et de la réparation de l'ADN, ainsi que de la régulation de l'expression et de l'évolution des génomes et enfin la génomique des populations. L'étude de la régulation de l'expression des gènes et des contrôles épigénétiques, omniprésents dans le monde du vivant, représente un enjeu important pour comprendre les fonctions moléculaires de la physiologie cellulaire, la relation génotype-phénotype et les liens entre gènes, environnement et santé.

L'ingénierie génomique trouve de multiples applications, fait appel à des technologies de vectorisation et requiert la présence d'outils puissants d'acquisition et de traitement des données. Elle doit également pouvoir bénéficier du développement des nouvelles techniques d'imagerie.

Indicateurs sur la diffusion
et la maturité de la technologie

Degré de diffusion dans l'absolu

- ☐ Faible diffusion
- ☒ Diffusion croissante
- ☐ Généralisation

Degré de diffusion en France

- ☒ Faible diffusion
- ☐ Diffusion croissante
- ☐ Généralisation

77. Ingénierie génomique

Description

Le génome peut être manipulé afin de faire pénétrer un ou plusieurs gènes d'intérêt dans les cellules ou les tissus d'un organisme vivant. Le gène peut être introduit selon deux méthodes : *in vivo* et *ex vivo*. Dans la méthode *in vivo*, le gène est directement introduit. Dans la méthode *ex vivo*, les cellules ciblées sont d'abord prélevées puis modifiées génétiquement par l'introduction du gène avant d'être ré-administrées au sein de l'organisme.

De nouvelles recherches sont aujourd'hui développées et reposent, en plus de l'ADN, sur des petits ARN interférents (ARNi). Cette technique de ciblage cellulaire des ARNi permet le blocage des ARN messagers (ARNm) par les ARNi et ainsi la correction du dysfonctionnement d'une protéine.

La transgénèse correspond à la modification du génome d'un organisme par génie génétique. Elle peut être réalisée au niveau de micro-organismes, de cellules de plantes ou d'animaux et résulte en un organisme génétiquement modifié.

Le transfert de gènes et la vectorisation sont clés dans la maîtrise de l'ingénierie génomique. Les gènes sont introduits au moyen de vecteurs viraux – vecteurs rétroviraux, adénoviraux ou issus de virus associés aux adénovirus (AAV) par exemple – ou non viraux – plasmides ou vecteurs lipidiques par exemple.

Des verrous technologiques subsistent. Ainsi, malgré les récentes avancées scientifiques, l'insertion du gène n'est pas encore complètement maîtrisée ; pour cela, une meilleure connaissance des voies d'insertion des vecteurs et de la localisation dans le génome du gène introduit est indispensable. Le transfert de gènes doit également être assuré de manière sûre et efficace et garantir la stabilité de l'expression du gène introduit. Par ailleurs, la transgénèse était réalisée jusqu'à présent de manière aléatoire ; l'enjeu est de cibler des modifications très précises. Les nouvelles générations de séquenceurs constituent des outils précieux pour cela.

Applications

L'ingénierie génomique trouve de nombreuses applications en agronomie et agroalimentaire. L'enjeu est de répondre aux besoins en termes d'agriculture durable, en développant des variétés requérant moins d'eau et de pesticides, et davantage résistants aux conditions de culture. Il s'agit d'organismes génétiquement modifiés (OGM). La superficie mondiale des cultures génétiquement modifiées est de 134 millions d'hectares en 2009 et devrait croître à 200 millions d'hectares d'ici à 2015 (sur 40 pays) [38].

Applications
de la technologie
et éclairages sur les marchés
correspondants

Sans aller jusqu'aux OGM, l'ingénierie génomique permet également de sélectionner des variétés animales ou végétales présentant des caractéristiques agronomiques d'intérêt. Elle permet également de combiner dans une même souche de bactéries ou de levures les gènes permettant de produire les enzymes capables de transformer la cellulose en éthanol, pour la production de bio-carburants à partir des restes des cultures.

En santé, les pathologies concernées par l'ingénierie génomique sont nombreuses. Les avancées en ingénierie génomique permettent notamment le développement de la thérapie génique. En juin 2010, 1 644 essais cliniques sont en cours dans le monde. La grande majorité de ces essais est en phase I (60,5 %) ; seuls 3,5 % sont en phase III [36]. Le marché mondial de la thérapie génique est estimé à 484 M\$ en 2015 [37]. En avril 2010, aucun produit de thérapie génique n'a encore été approuvé par la Food and Drug Administration (FDA).

En modifiant le génome de certaines espèces animales, il est également possible de produire des biothérapies (par exemple à partir de lapins génétiquement modifiés). Enfin, l'ingénierie génomique est porteuse de services à très haute valeur ajoutée, notamment au travers du séquençage du génome basé sur les nouvelles générations de séquenceurs, mais aussi de services de caractérisation de l'impact et de contrôle qualité de la chirurgie génomique (à l'impact des sociétés de service de type immunomonitoring).

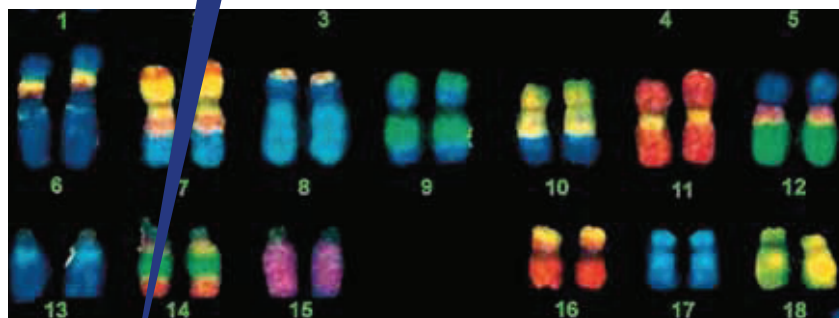
Enjeux et impacts

Les enjeux sont tout d'abord médicaux. Le spectre des maladies concernées par la thérapie génique est très large et la thérapie génique favorise le développement de nouveaux traitements médicaux et en particulier de solutions pour certaines maladies incurables à l'heure actuelle (telles que des maladies orphelines). En revanche, si les essais sur les animaux sont porteurs d'espoir, le passage de l'animal à l'homme demande des financements importants et une organisation adaptée.

Il faut également noter des enjeux de durabilité, soit par l'obtention de variétés adaptées aux conditions climatiques et nécessitant moins d'intrants, soit l'obtention de produits autrement qu'à partir de pétrole.

Enfin, les questions éthiques et sociales sont très importantes. Le Comité consultatif national d'éthique (CCNE) s'est exprimé à plusieurs reprises sur la thérapie génique et préconise de limiter les recherches aux seules cellules somatiques et d'exclure les cellules germinales. La société française est également très réfractaire à l'idée de consommer des produits issus d'OGM.

Enjeux et impacts
attendus de la technologie

Les principaux acteurs français
et étrangers (R&D, intégrateurs,
industriels, utilisateurs,
structures relaisLiens avec d'autres
technologies clés

1	2	3
20	28	41
76	84	

Liens vers les autres
technologies clés reliées

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D** : Génethon, Inserm (LTG, UICG Nantes), Institut Pasteur Université Paris Descartes (Département de biothérapie), Transgene
- **Industriels** : Cayla, Collectis, Clean Cells, Genopoeitic, Genosafe, In-Cell-Art, PrimeBiotech
- **Utilisateurs** : Hôpital Necker, Sanofi-Aventis, Limagrain
- **Structures relais** : AFM, Alsace BioValley, Lyonbiopôle, Medicen

Principaux acteurs étrangers

- Avigen, Cell Genesys, Introgen Therapeutics, Genvec, Genzyme Corporation, Pioneer HiBred International, Targeted Genetics Corp, Urogen Pharmaceuticals Inc., Vical (Etats-Unis), Gene Signal (Suisse), AnGes MG (Japon), Oxford BioMedica (Royaume-Uni), Shenzhen SiBiono GeneTech Co., Ltd (China)

est en retard, tant sur la production de biocarburants que sur le recours aux OGM. Ce retard est en grande partie dû aux véritables difficultés d'acceptabilité sociétale.

Analyse AFOM

Atouts

Compétences présentes (centres de recherche de pointe); des industriels de niveau international; force de l'AFM.

Faiblesses

Règlementation; faibles investissements; dimensions sociales et éthique; peu de centres de production de vecteurs significatifs.

Opportunités

Large spectre d'applications; résultats positifs de certains essais cliniques.

Menaces

Forte concurrence internationale, notamment des États-Unis; éthique.

Conditions
de développement
ou de diffusion
et recommandations
aux pouvoirs publics

Position relative de la France

La France possède une bonne position en recherche avec la présence de plusieurs centres de recherche de pointe en génétique et génomique. En 1999, la France a d'ailleurs été le premier pays à tenter de soigner des bébés privés de défenses immunitaires, dits « bébés-bulles » grâce à la thérapie génique. Des entreprises telles que Transgene ou Collectis se distinguent à un niveau international.

Au niveau des essais cliniques, les États-Unis sont le pays leader et réalisent 62,9 % des essais cliniques en thérapie génique dans le monde. La France, avec 44 essais cliniques en cours – soit 2,7 % – se situe en cinquième position, derrière le Royaume-Uni (11,9 %), l'Allemagne (4,8 %) et la Suisse (2,9 %) [36]. Concernant les applications environnementales et agroalimentaires, la France

Recommandations

- Poursuivre les réflexions réglementaires et éthiques.
- Soutenir la mise en place de centres de production de vecteurs de deuxième génération, tout en favorisant la mutualisation de la demande (engager pour cela un grand programme avec des industriels impliqués).
- Soutenir le développement d'infrastructures type P3, avec des salles blanches et un confinement de grade industriel, accessibles aux PME.
- Soutenir les développements en bio-informatique et la mise en place de formations permettant de posséder le potentiel humain (en bioinformatique et en bioproduction). Adéquation avec les investissements d'avenir.

Maturité (échelle TRL)

Émergence (TRL : 1-4)
Développement (TRL : 5-7)
Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

Leader ou Co-Leader
Dans le peloton
En retard

Potentiel d'acteurs en France

Faible
Moyen
Fort

GLOSSAIRE DES PRINCIPALES NOTIONS UTILISEES PAR L'ETUDE TECHNOLOGIES CLES 2015

Analyse AFOM

Analyse « Atouts-Faiblesses-Opportunités-Menaces » reposant à la fois sur un diagnostic interne (atouts, faiblesses) et sur un diagnostic externe (opportunités et menaces présentes dans l'environnement).

Attrait du marché

Importance des marchés potentiels, mesurée par la taille de ces marchés et leurs taux de croissance prévisionnels.

Position de la France

Elle est exprimée sur une échelle à trois niveaux (Leader ou Co-leader / Dans le peloton / En retard) qu'on retrouve sur le graphique récapitulatif en tête de chaque monographie sectorielle, et qui correspond :

- pour les technologies d'avenir, au niveau de compétitivité technologique de nos leaders nationaux (entreprises et/ou laboratoires) ;
- pour les technologies diffusantes, au niveau de diffusion/utilisation de la technologie dans le tissu industriel.

Potentiel d'acteurs en France

Le potentiel d'acteurs en France indique si notre pays dispose, pour une technologie-clé donnée, d'une masse critique de compétences académiques et/ou industrielles relativement à nos concurrents. Cette masse critique est très dépendante des technologies concernées. Dans certains cas, quelques dizaines de chercheurs et des PME dynamiques permettent d'afficher un potentiel fort, dans d'autres cas, des ressources bien plus nombreuses sont nécessaires pour être compétitif.

Technologies clés

Technologies caractérisées par des indicateurs permettant de mesurer :

- leurs « attraits », c'est-à-dire le potentiel d'application de ces technologies clés dans les marchés de demain (horizon 5-10 ans)
- les « atouts » du territoire France : présence et performance des entreprises (grands groupes, PME), des laboratoires de recherche, des écosystèmes d'innovation....

Technologies d'avenir

Technologies émergentes, présentant un fort potentiel de développement. Leur maturité sur le marché est anticipée à un horizon plus lointain que les technologies diffusantes (TRL plus faible). Le plus souvent, elles sont portées par des grands groupes ou des PME intensives en R&D, et reposent sur des collaborations poussées avec la recherche publique. *Exemple : ingénierie cellulaire et tissulaire.*

Technologies diffusantes

Technologies utilisées par au moins un secteur industriel, et ayant vocation à être intégrées par d'autres secteurs. Elles sont souvent d'un indice de maturité élevé. *Exemple : logiciel embarqué.*

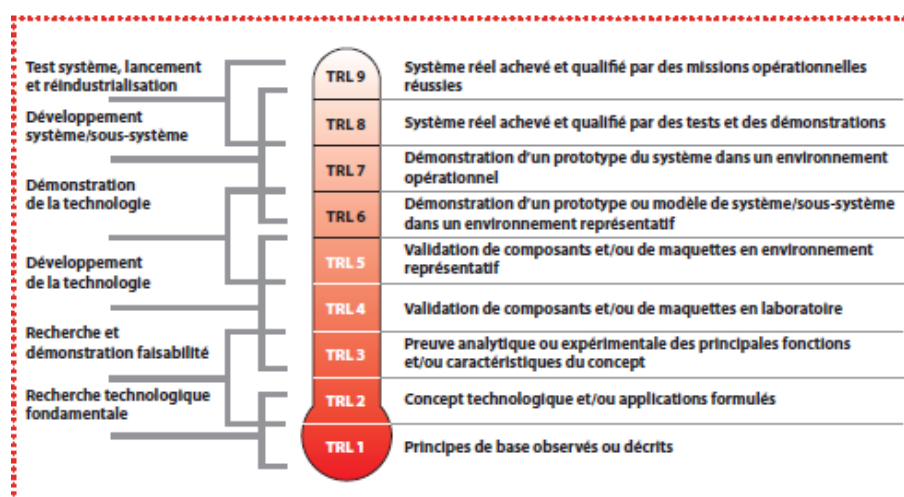
Time To Market

Temps d'accès au marché. Pour une technologie, il s'agit du moment où celle-ci est ou sera disponible pour un usage industriel. L'accès au marché est indiqué sur une échelle de temps, variable selon les secteurs : ainsi, l'échelle de temps est plus courte dans le secteur des technologies de l'information et de la communication (court terme = 0-2 ans ; moyen terme = 2-4 ans ; long terme = 4-6 ans) que dans le secteur de l'énergie (court terme = 0-5ans ; moyen terme = 5-10 ans ; long terme = 10-15 ans).

TRL (Technology readiness level)

Echelle d'évaluation du degré de maturité atteint par une technologie. Imaginée par la Nasa pour gérer le risque technologique de ses programmes, elle comporte 9 niveaux.

Le TRL indique si une technologie est émergente (TRL : 1-4), en développement (TRL : 5-7) ou en phase de maturité (TRL : 8-9).



METHODOLOGIE DE L'ETUDE *TECHNOLOGIES CLES 2015*

L'étude a été menée de janvier à octobre 2010, par un consortium d'experts et consultants, sous l'égide d'un comité stratégique, présidé par Denis Ranque, Président du Cercle de l'Industrie, Président de Technicolor. Ce comité composé de personnalités de l'industrie, de la recherche et de représentants de plusieurs ministères s'est réuni à trois reprises pour s'assurer de la bonne progression des quatre phases de l'étude.

Une première phase de cadrage destinée à délimiter le cadre de l'étude, concevoir et développer les outils et méthodes à mettre en œuvre a été réalisée à partir d'une série d'entretiens avec les responsables sectoriels de la DGCIS. Un premier panorama de l'industrie française, tous secteurs d'activité confondus, a permis d'identifier les enjeux et les thématiques prioritaires en vue de constituer une première liste de technologies à "surveiller".

Lors d'une deuxième phase, un travail documentaire complémentaire s'appuyant sur une analyse bibliographique et une série d'entretiens avec des experts reconnus des sciences, des technologies et du développement des entreprises a permis de préciser les technologies "candidates", *i.e.* susceptibles d'être retenues *in fine* comme technologies clés.

Dans la troisième phase de l'étude et sur la base des technologies candidates, 7 groupes de travail sectoriels, animés par les consultants, et composés des responsables sectoriels de la DGCIS et d'experts de l'industrie ou de la recherche académique se sont réunis pour sélectionner les technologies clés (diffusantes et d'avenir) et les soumettre à l'appréciation du comité stratégique.

La quatrième phase a permis de formuler des recommandations (*ces recommandations sont exprimées par les experts consultés et les consultants qui ont animé les travaux*) et de finaliser le document livrable. Chacune des sept monographies et chaque fiche technologie clé ont été enrichies des données collectées à partir de la bibliographie et des informations relevées dans les différents entretiens.

L'étude couvre tous les secteurs économiques (hors banques et assurances, sauf pour certains aspects liés aux TIC, en particulier). Pour guider la lecture par les utilisateurs de l'étude, une structuration par grands secteurs « technico-économiques » a été opérée :

- Chimie - matériaux - procédés
- TIC (Technologies de l'information et de la communication)
- Environnement
- Energie
- Transports
- Bâtiment
- Santé, agriculture et agroalimentaire

Chacun de ces secteurs est présenté selon la même structure, à savoir une monographie de quelques pages développant une réflexion stratégique sur le secteur considéré et qui précise :

- Le contexte et les enjeux ;
- Les grandes tendances d'évolution du secteur, et les produits et services qui s'appliquent à eux ;
- Les tendances technologiques, qui sous-tendent ces produits et services ;
- Une analyse de la position de la France ;
- Des recommandations de portée générale, pour favoriser la diffusion des technologies diffusantes et le développement des technologies d'avenir.

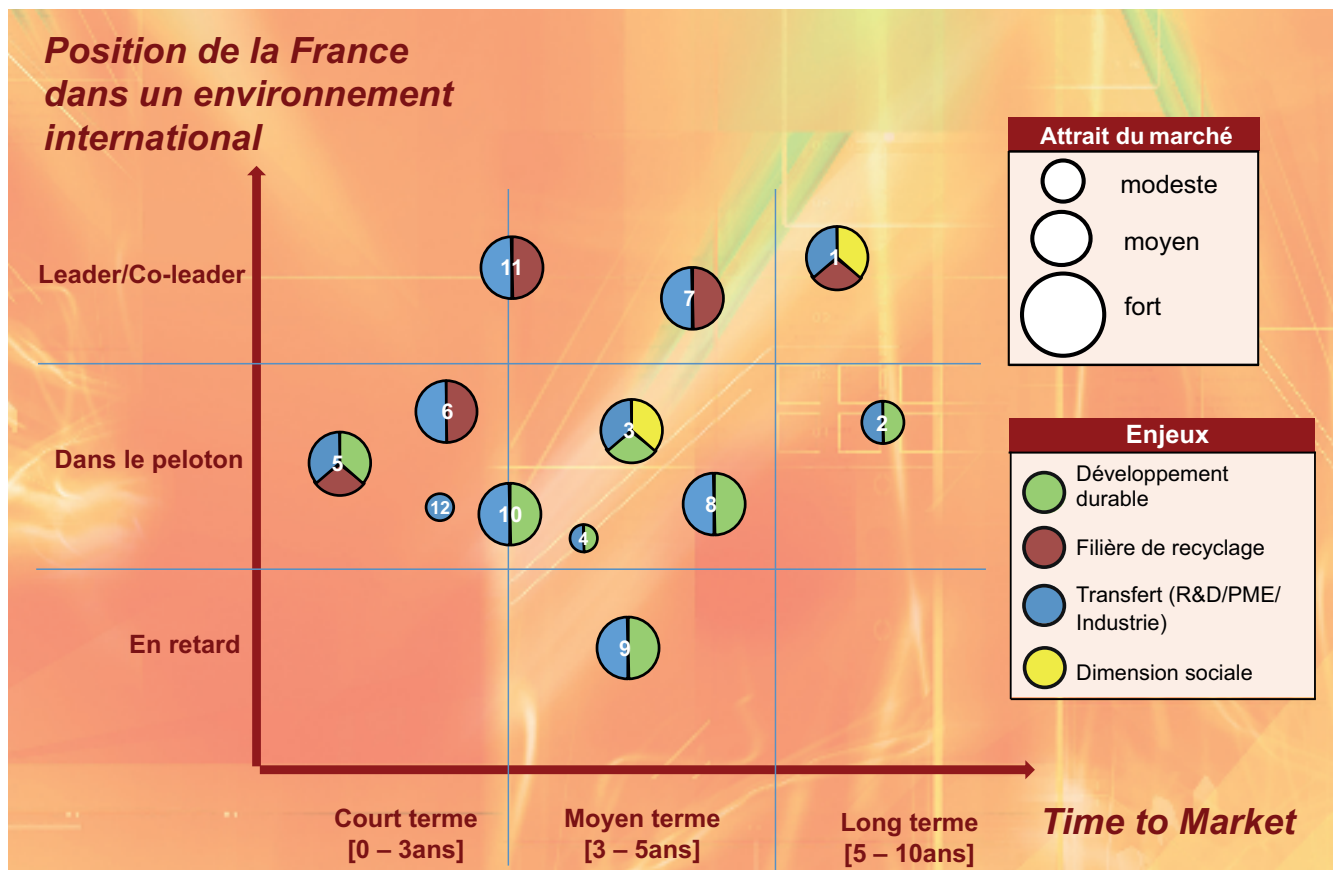
COLLECTION DE GRAPHIQUES DE POSITIONNEMENT STRATEGIQUE

Chimie - Matériaux - Procédés



Chimie - Matériaux - Procédés

1. Nanomatériaux
2. Simulation moléculaire
3. Biotechnologies blanches
4. Microstructuration
5. Catalyse
6. Dépôt de couche mince
7. Matériaux fonctionnels, intelligents et de performance
8. Capteurs
9. Procédés membranaires
10. Fabrication rapide
11. Élaboration de composites - Assemblages multimatériaux
12. Contrôle non destructif

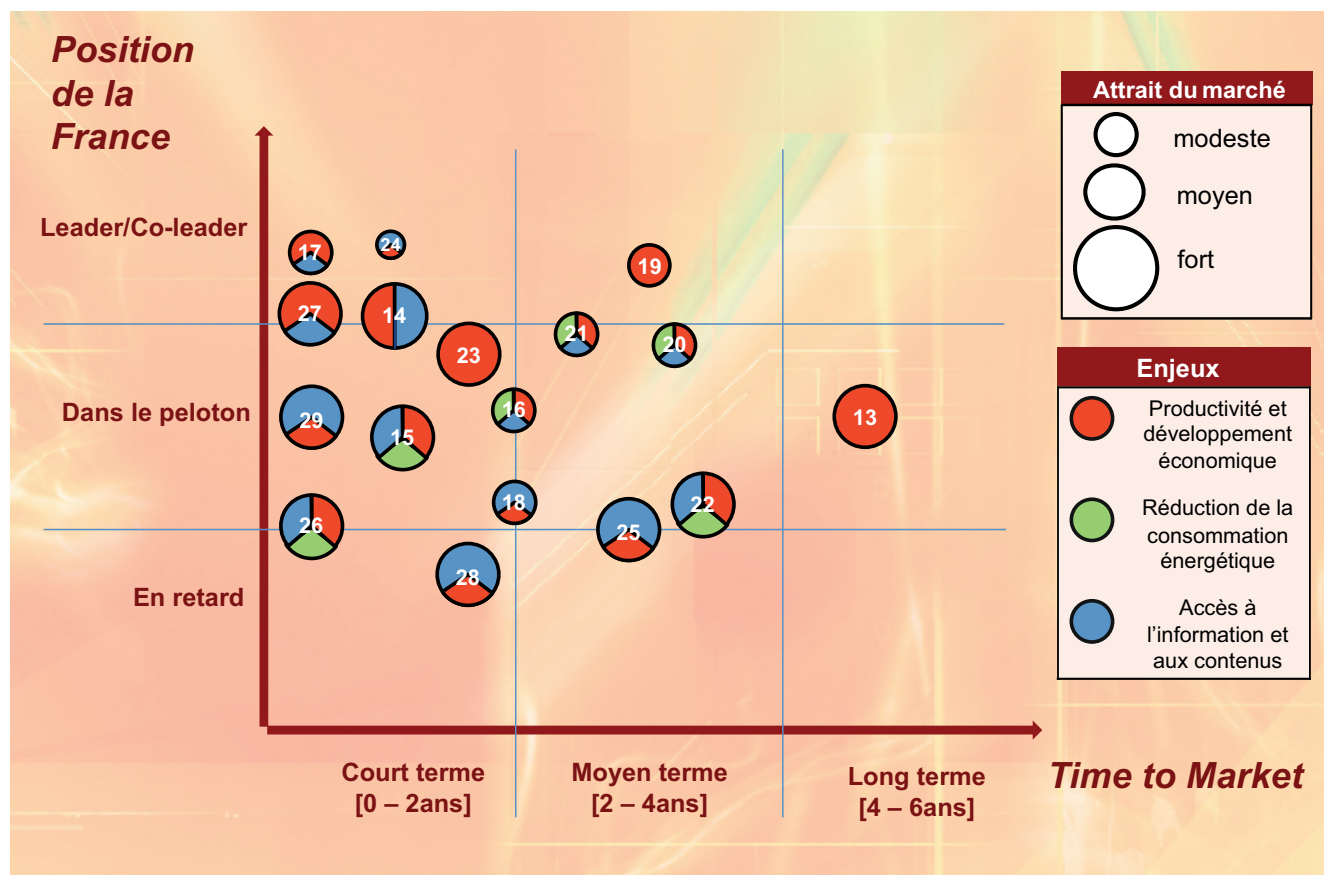


Technologies de l'information et de la communication

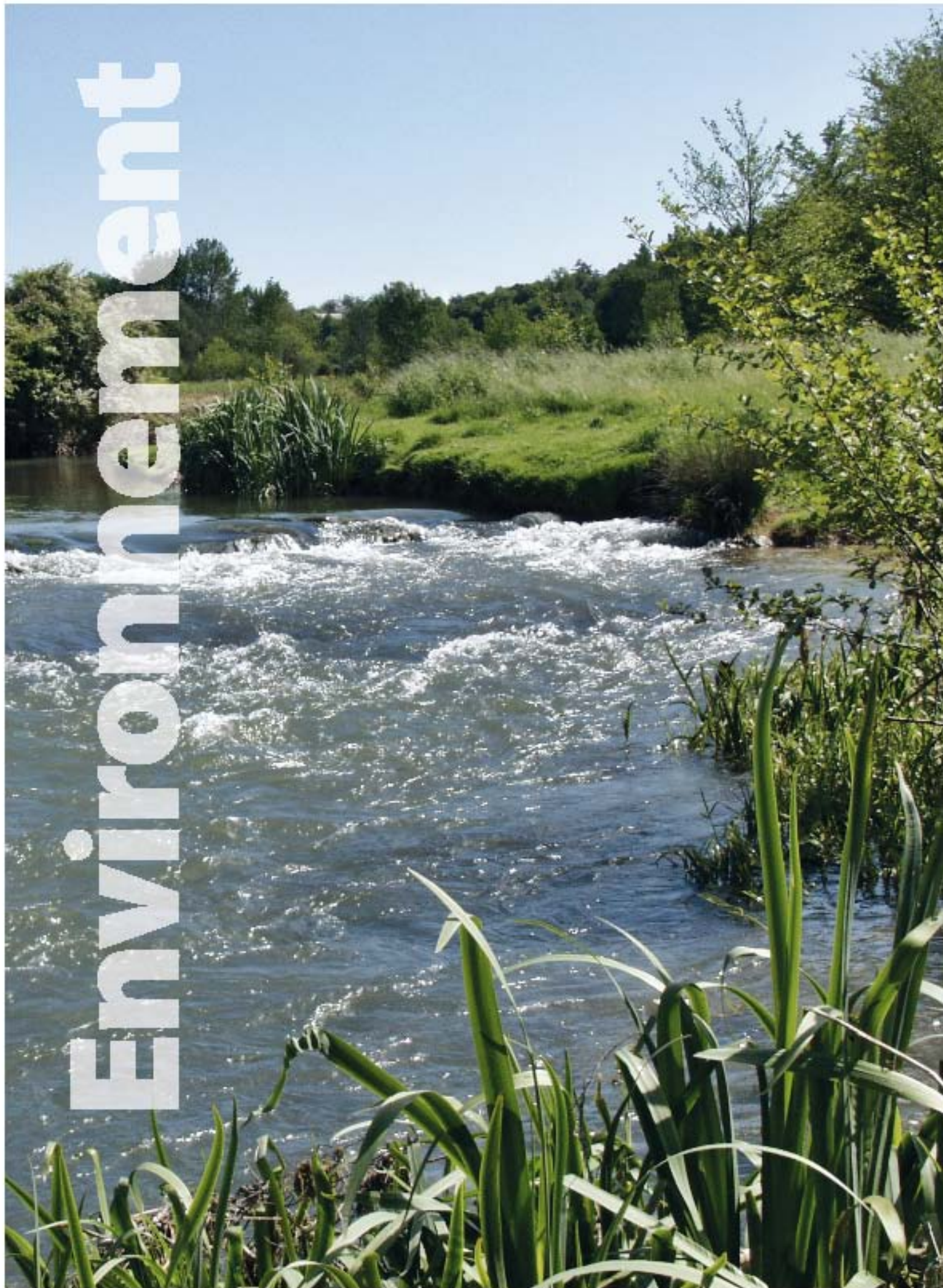
Technologies de l'information et de la communication

13. Robotique
14. Technologies réseaux sans fil
15. Réseaux haut débit optiques
16. Objets communicants
17. Technologies 3D
18. Interfaces homme-machine
19. Ingénierie de systèmes complexes et systèmes de systèmes
20. Calcul intensif
21. Progressive/Intelligent Manufacturing
22. Optoélectronique

23. Nanoélectronique
24. Technologies de numérisation de contenus
25. Sécurité holistique
26. Virtualisation et informatique en nuages
27. Logiciel embarqué et processeurs associés
28. Valorisation et intelligence des données
29. Portail, collaboration et communications unifiées

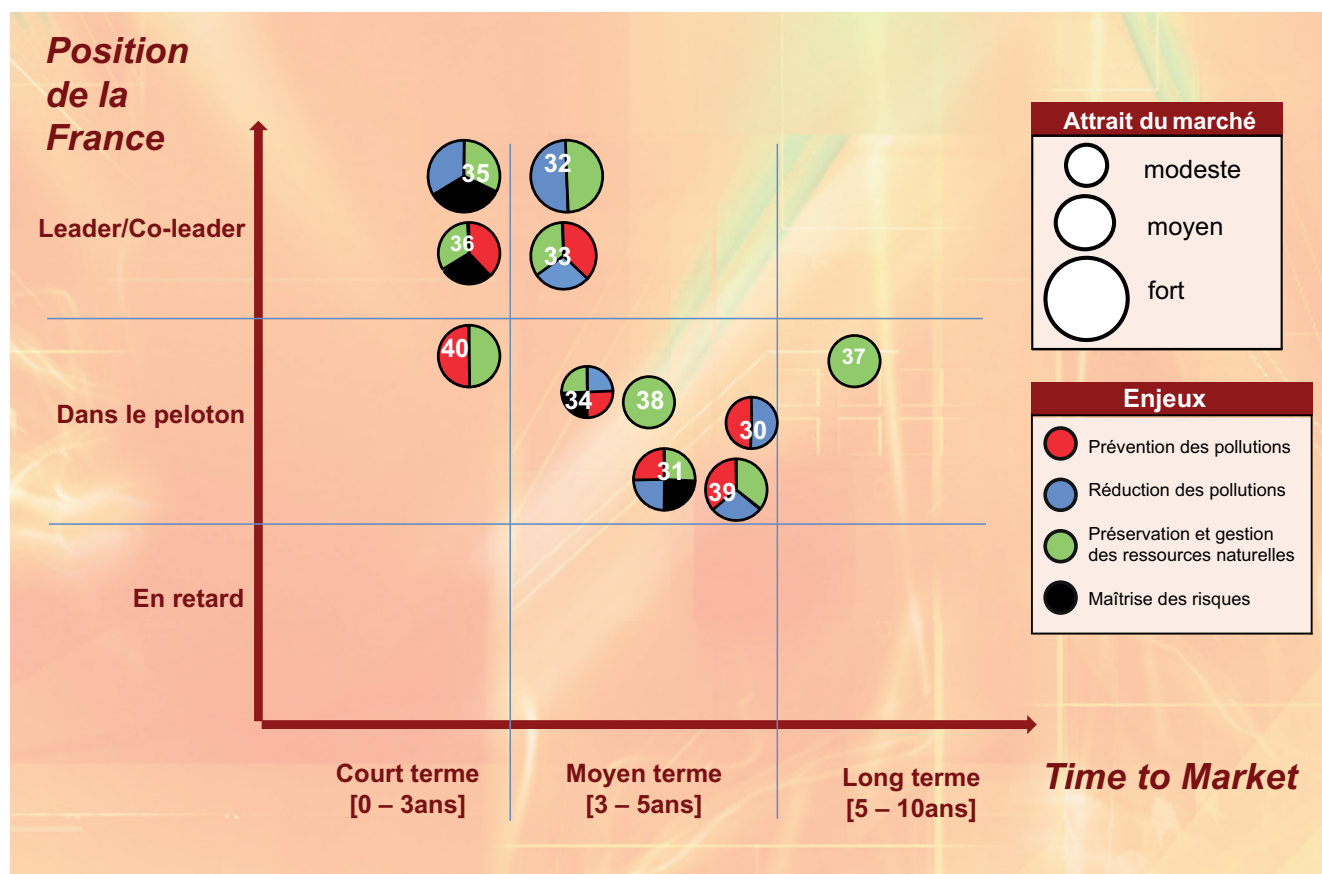


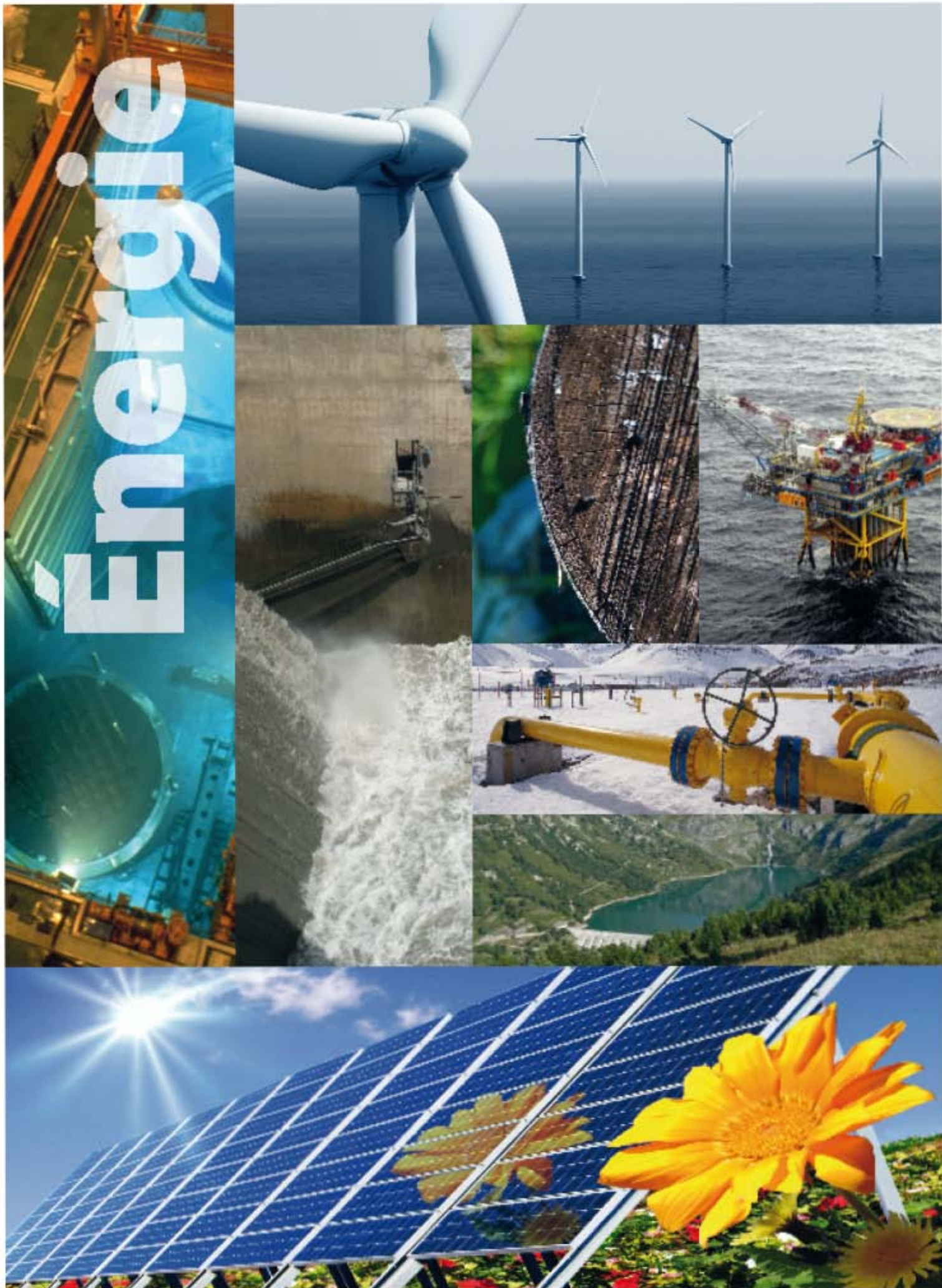
Environnement



Environnement

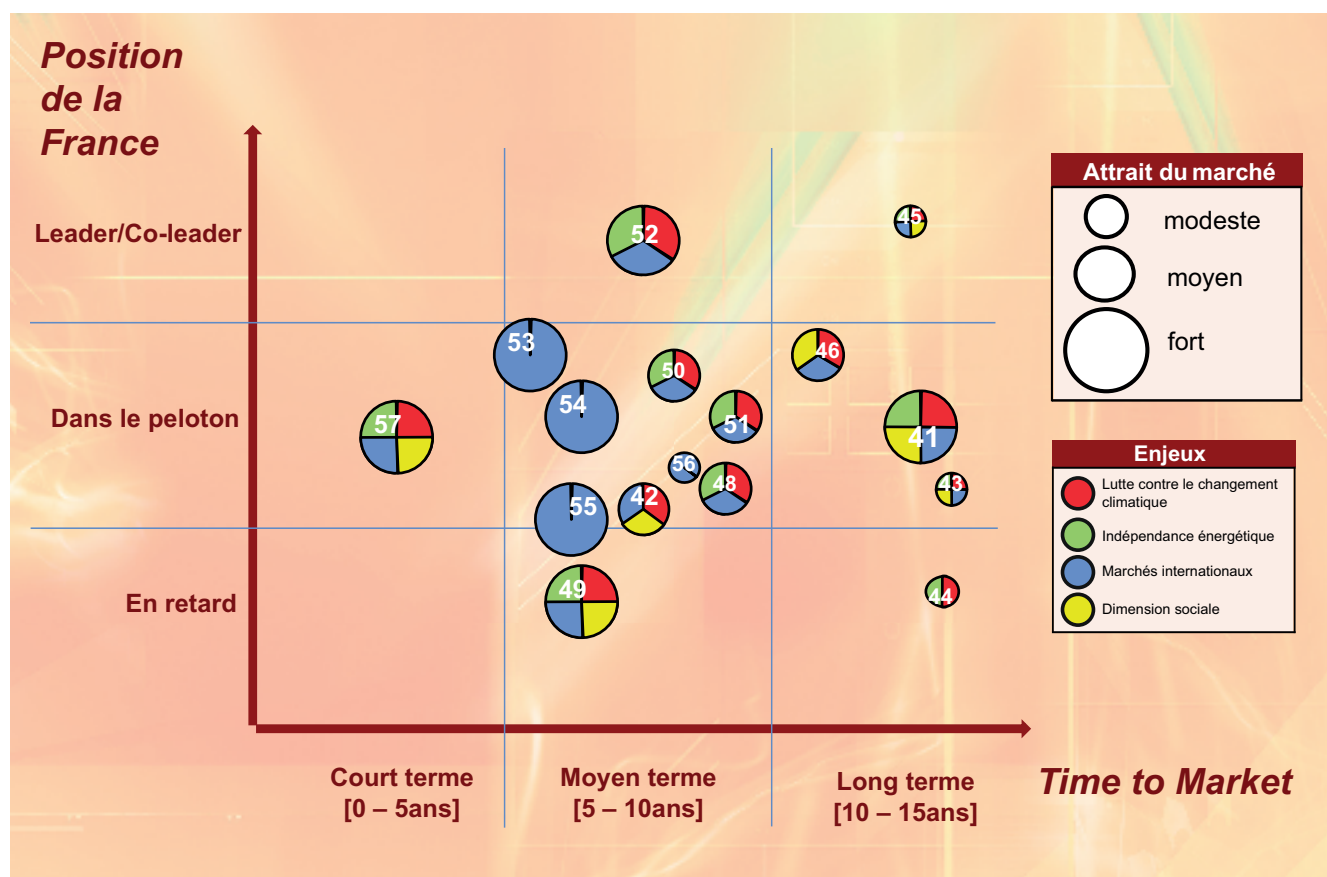
- 30. Technologies pour la captation maîtrisée et le traitement des sédiments pollués
- 31. Capteurs pour l'acquisition de données
- 32. Technologies pour le dessalement de l'eau à faible charge énergétique
- 33. Technologies pour le traitement des polluants émergents de l'eau
- 34. Technologies pour le traitement de l'air
- 35. Technologies pour la dépollution *in situ* des sols et des sites pollués
- 36. Technologies pour la gestion des ressources en eau
- 37. Technologies pour le recyclage des matériaux rares et leur valorisation
- 38. Technologies de tri automatique des déchets
- 39. Valorisation matière des déchets organiques
- 40. Éco-conception





Énergie

- | | |
|--|---|
| 41. Carburants de synthèse issus de la biomasse | 52. Réseaux électriques intelligents |
| 42. Solaire thermodynamique | 53. Technologies d'exploration et de production d'hydrocarbures |
| 43. Énergies marines | 54. Technologies de raffinage des hydrocarbures |
| 44. Piles à combustible | 55. Technologies pour l'exploration, l'extraction et les traitements des ressources minérales |
| 45. Technologies de l'hydrogène | 56. Carburants de synthèse issus de ressources fossiles |
| 46. Captage, stockage et valorisation du CO ₂ | 57. Biomasse et déchets : valorisation énergétique |
| 47. Énergie nucléaire* | |
| 48. Solaire photovoltaïque | |
| 49. Énergie éolienne en mer | |
| 50. Géothermie | |
| 51. Stockage stationnaire d'électricité | |



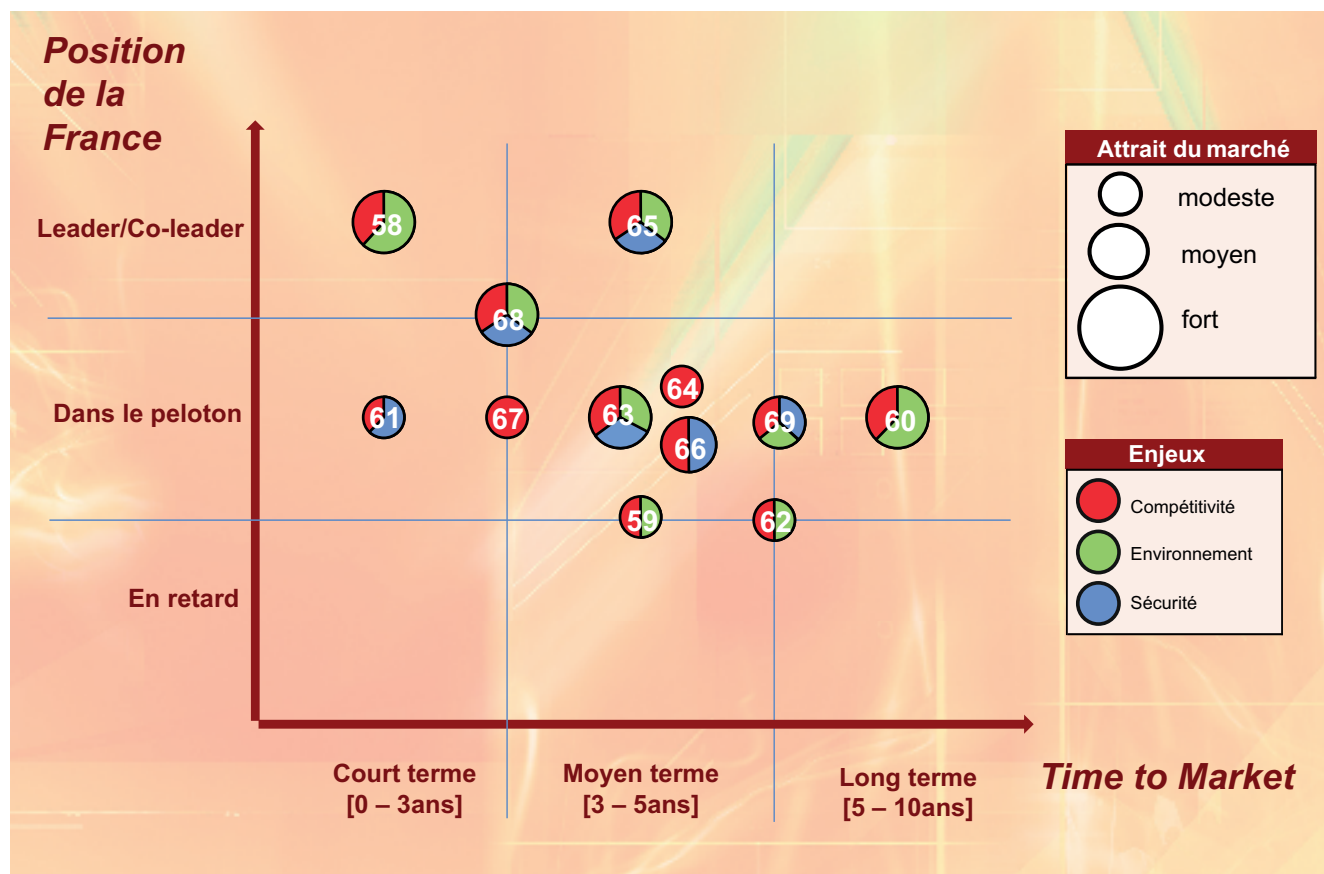
(*) Considérant les caractéristiques en termes d'accès au marché qui peut être très court, dans le cas de la maintenance par exemple ou très long terme pour les aspects technologiques, le type de graphique ci-dessus n'est pas adapté à la représentation de la technologie clé « Énergie nucléaire ».

Transports



Transports

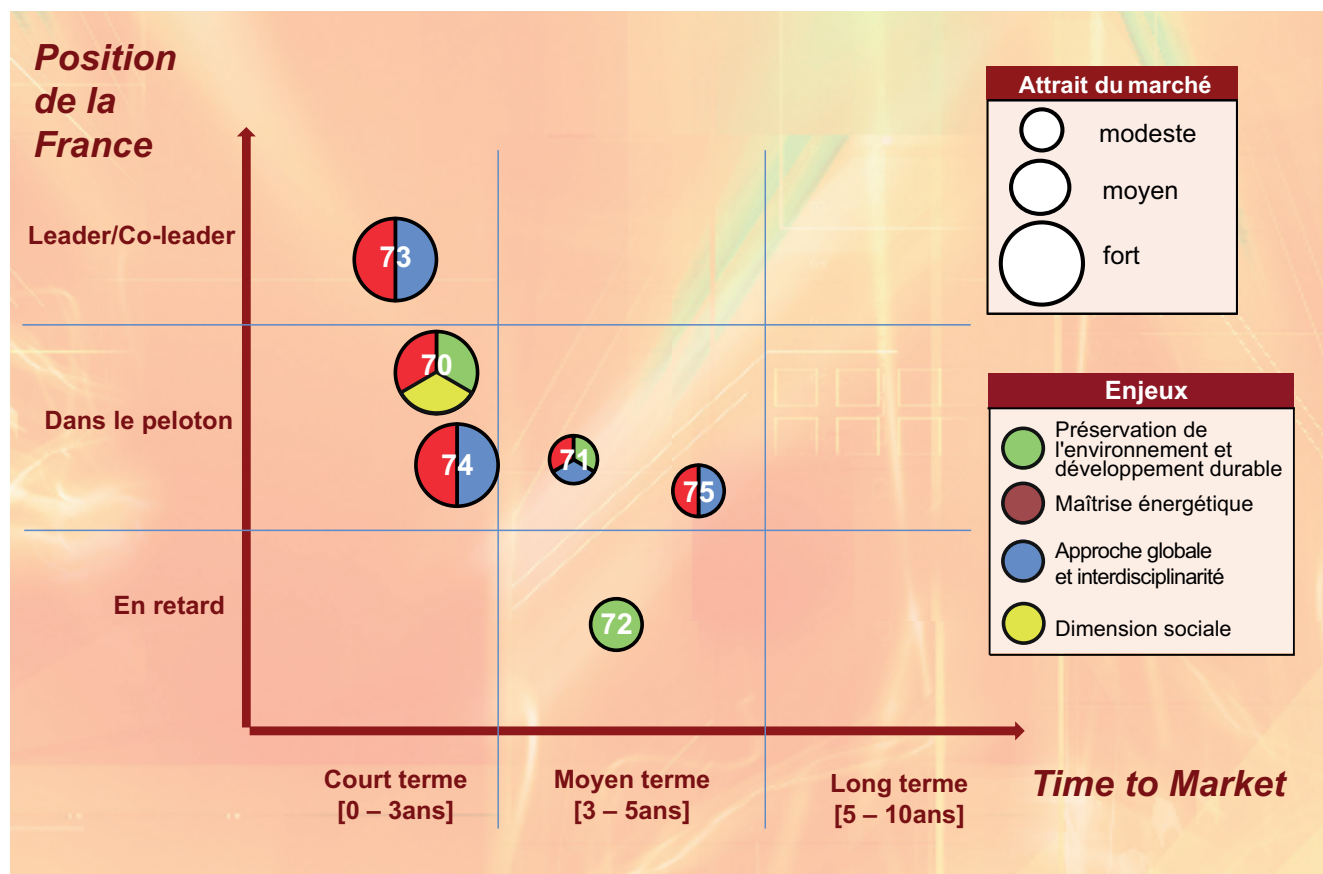
- 58. Moteurs à combustion interne
- 59. Moteurs électrique
- 60. Nouvelles technologies de turbomachine
- 61. Interaction homme-machine, ergonomie
- 62. Optimisation de la chaîne logistique
- 63. Technologies de stockage et de gestion à bord de l'énergie électrique
- 64. Électronique de puissance
- 65. Mécatronique
- 66. Communications et données
- 67. Démarche d'optimisation de l'ingénierie et de la production
- 68. Matériaux et technologie d'assemblage pour l'allègement
- 69. Outils et méthode de conception et de validation

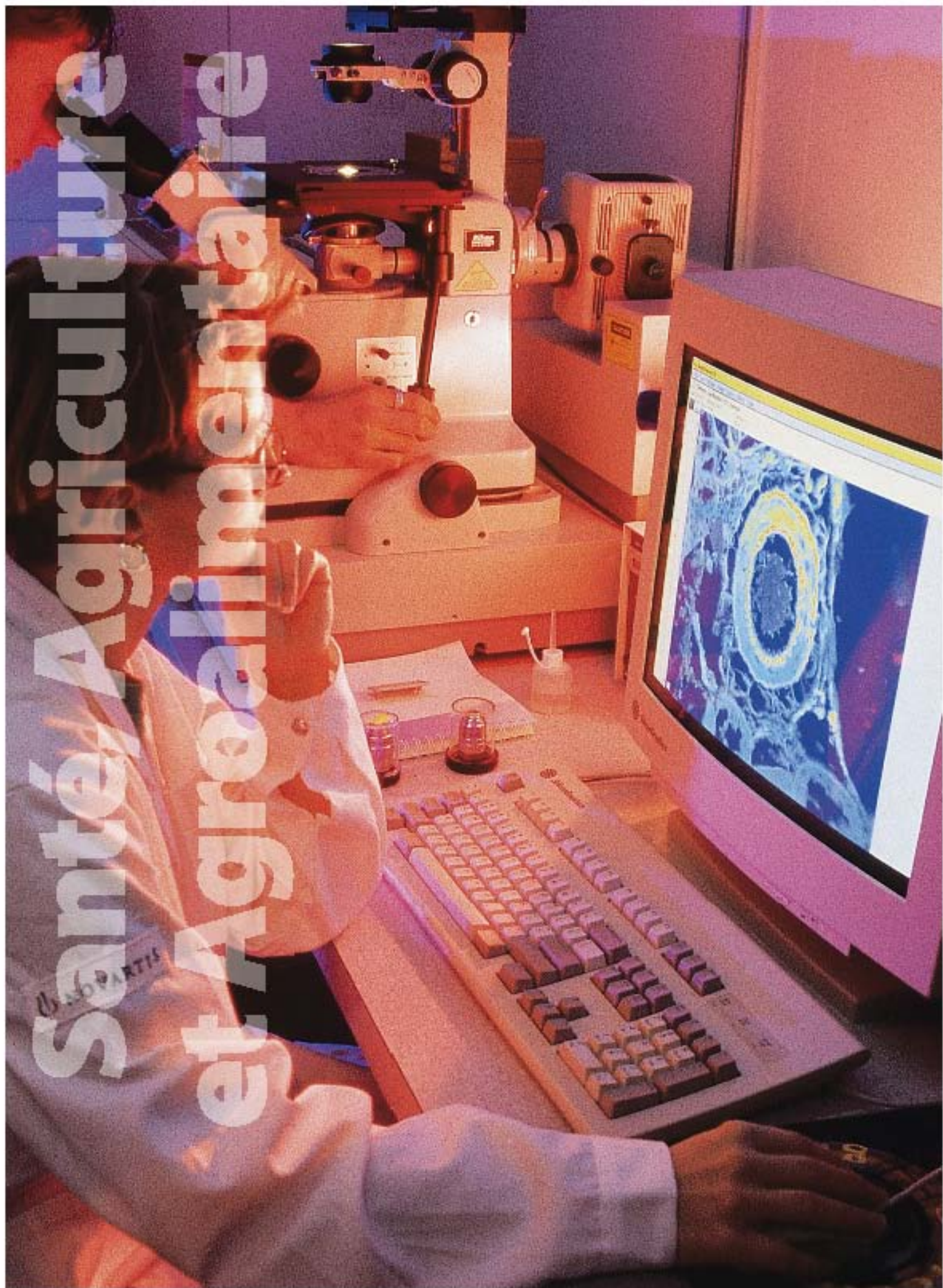




Bâtiment

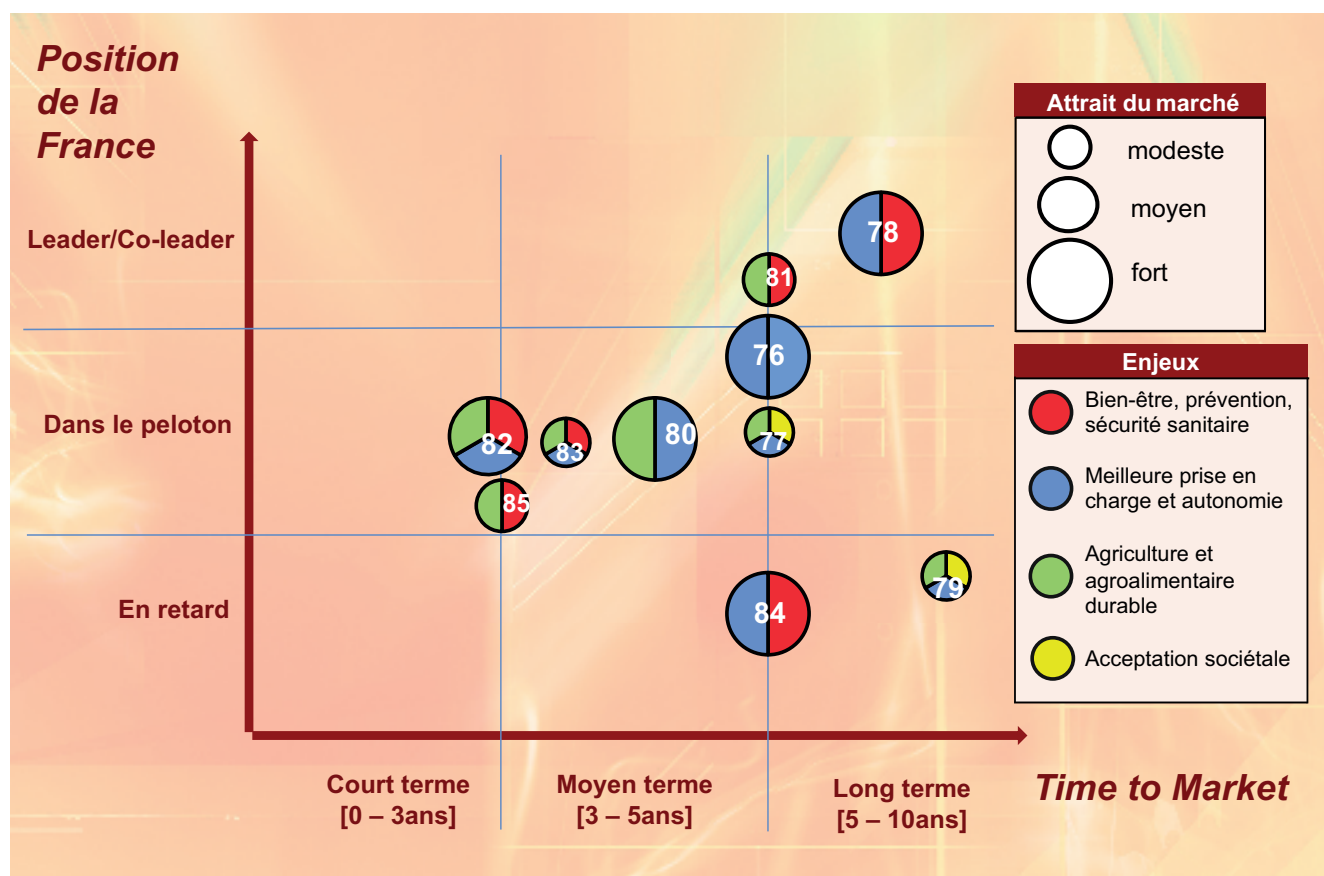
- 70. Systèmes d'enveloppe du bâtiment
- 71. Systèmes constructifs
- 72. Matériaux biosourcés, composites et recyclés
- 73. Maquette numérique
- 74. Comptage intelligent
- 75. Technologies d'intégration et de mutualisation des ENR dans le bâtiment





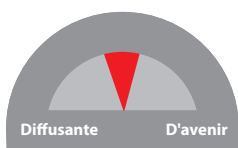
Santé, Agriculture et Agroalimentaire

- 76. Ingénierie cellulaire et tissulaire
- 77. Ingénierie génomique
- 78. Ingénierie du système immunitaire
- 79. Technologies pour la biologie de synthèse*
- 80. Systèmes bio-embarqués
- 81. Technologies pour la maîtrise des écosystèmes microbiens
- 82. Capteurs pour le suivi en temps réel
- 83. Technologies de diagnostic rapide
- 84. Technologies pour l'imagerie du vivant
- 85. Technologies douces d'assainissement



(*) TC 79 : il s'agit de prévision à cinq ans ; les prévisions sont plus importantes à 10-15 ans.

EXEMPLES DE QUELQUES FICHES *TECHNOLOGIES CLES 2015*



17. Technologies 3D



Description

Les technologies 3D regroupent ici deux grands ensembles de technologies distinctes :

- la vidéo 3D relief, permettant d'offrir aux utilisateurs une immersion visuelle stéréoscopique : grâce à la projection d'images 3D et au port de lunettes spécifiques (sauf dans le cas d'écrans autostéréoscopiques), l'utilisateur est immergé dans l'image ;
- la réalité virtuelle, domaine scientifique et technique ayant pour objectif de simuler, dans un monde entièrement virtuel, le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou plusieurs utilisateurs en immersion pseudo-naturelle.

Avec l'arrivée de la 3D, la chaîne technique audiovisuelle doit s'adapter. Le principal point en suspens reste le format d'image retenu en l'absence de standard dans l'industrie. De plus, pour apprécier la 3D, le consommateur final doit s'équiper d'un nouvel écran (téléviseur-moniteur) compatible.

Les problématiques majeures de la réalité virtuelle sont quant à elles à la fois liées à la création du monde virtuel et à l'interfaçage entre le sujet et le monde virtuel :
 • il faut modéliser et traiter informatiquement un monde virtuel évoluant en temps réel. Or les modèles peuvent être simplement descriptifs, au comportement déterministe, ou autonomes ce qui induit des temps de calcul généralement très importants ;

- dans les cas de la réalité virtuelle, les technologies 3D sont généralement propriétaires et faiblement interopérables ;
- la 3D sur le web doit encore faire face à la complexité technico-économique de la création de contenus 3D dans un environnement temps réel ;
- la complexité de la 3D est accrue sur mobile, du fait des processeurs plus lents sans carte graphique, mais la situation devrait progressivement s'améliorer avec l'accroissement des performances des terminaux ;
- enfin, le coût des équipements reste encore relativement élevé même si les coûts ont quelque peu baissé, notamment grâce à l'industrie du jeu vidéo qui a permis de réduire les coûts de cartes graphiques.

D'un point de vue connexe, la réalité virtuelle peut être associée à la réalité argumentée. Cette technique permet de financer des informations mesurées, évaluées sur des objets modélisés.

Applications

L'industrie du jeu vidéo a permis de démocratiser la réalité virtuelle auprès du grand public.

Le succès des films d'animation en 3D, ainsi que la sortie prochaine de consoles de jeu vidéo 3D comme la Nintendo 3DS permet au grand public de se familiariser progressivement avec la 3D relief.

Mais au-delà de l'univers des loisirs, la 3D et la réalité virtuelle, sous leurs formes les plus simples comme les plus sophistiquées, deviennent progressivement des outils de travail parmi d'autres dans les entreprises :

- modélisation, prototypage virtuel, maquette numérique (industrie, architecture, urbanisme) ;
- simulation des processus de production, permettant de visualiser les activités, les contraintes et les risques ;
- formation professionnelle par le biais des *serious games* ;
- formation par simulateur (conduite de véhicules, aéronautique, médecine) ;
- téléprésence et visiophonie ;
- visualisation scientifique (visualisation du système nerveux central en 3D par exemple).

Après le son, l'image et la vidéo, le Web s'enrichit également de représentations totales ou partielles (objets) en 3D temps réel.

S'il n'existe pas de chiffres précis, le potentiel de la réalité virtuelle se chiffre d'après les spécialistes en milliards de dollars. À lui seul, le secteur des jeux vidéo a généré près de 51 Md€ dans le monde en 2009 selon l'Idate.

Les marchés du *serious game* et de la réalité augmentée sur mobile devraient connaître une croissance significative à moyen terme, avec respectivement 10,2 Md€

Degré de diffusion dans l'absolu



Faible diffusion



Diffusion croissante



Généralisation

Degré de diffusion en France



Faible diffusion



Diffusion croissante



Généralisation

en 2015 (1,5 Md€ dans le monde en 2010) et 732 M\$ dans le monde en 2014 (2 M\$ d'après JuniperResearch en 2010).

Enfin, concernant la vidéo 3D relief, iSuppli prévoit que 4,2 millions de TV 3D devraient être commercialisées en 2010 dans le monde.

Enjeux et impacts

Si l'ensemble de la chaîne technique dans le cinéma 3D semble répondre aux problématiques posées par la 3D, au vu de l'accroissement du nombre de films produits et de l'équipement des salles, l'horizon de la télévision 3D semble moins clair. Les contenus sont rares, les modèles économiques non établis et le niveau d'équipement des ménages en équipements terminaux compatibles est faible.

Quant aux enjeux liés à la diffusion de la réalité virtuelle, ceux-ci sont multiples :

- amélioration de la sécurité au travail et diminution des risques ;
- diminution des coûts de production grâce à la faculté d'anticiper dès la phase de conception des produits les difficultés liées aux cas complexes d'assemblage ;
- augmentation de l'attrait et de l'efficacité des formations par rapport aux méthodes traditionnelles ;
- thérapies comportementales de personnes malades (traitement des phobies, anxiétés, dépression) ;
- tourisme, visualisation de représentations 3D de territoires urbains de grandes dimensions (Google Earth, Ville en 3D de PagesJaunes, etc.).

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D publique** : Clarte, INT-Artemis, Irisa, CEA-List, Centre Européen de Réalité Virtuelle (CERV), Centre de Réalité Virtuelle de la Méditerranée (CRVM), IGN, Inria-Lab, INRS, Ircam, LIMSI, LRI, CSTB, etc.
- **R&D privée, réalité augmentée, réalité virtuelle** : Dassault Systèmes, Technicolor, Orange Labs, EADS, Thales, CS Communication & Systèmes, Ubisoft, SC2X, MASA Group, Immersion, Archivideo, Alioscopy, TechViz, Virtual I.T., Vertice, Haption, XD Productions, Optis, Simtean, Lumiscaphe, Genesis, Darkworks, TriOviz, Total Immersion, présence de petits acteurs comme Int13, Presselite, Niji, AFRV, APRV (Clermont- Ferrand), SELL, SNJV, SPFA, pôles de compétitivité (Images et Réseaux, Systematic, Imaginove, Cap Digital, EMC2 et Advancity), etc.

Position de la France

La France bénéficie de la présence de plusieurs acteurs majeurs :

- Dassault Systèmes, leader mondial des solutions 3D et de gestion du cycle de vie des produits ;
- Thales, expert reconnu pour ses simulateurs de vols, ses systèmes d'entraînement et de formation et ses outils de modélisation ;
- Technicolor, qui se positionne sur le cinéma 3D, notamment en post-production.

La recherche française est au plus haut niveau, aux côtés des Américains, des Allemands ou encore des Japonais.

Relativement répandue au sein des grandes entreprises (Peugeot PSA Citroën, EDF, SNCF, etc.), la réalité virtuelle est toutefois encore peu utilisée par les PME.

Les *serious games* sont de plus en plus pris en compte dans le milieu professionnel, et principalement chez les PME encore peu sensibilisées à ces outils.

Analyse AFOM

Atouts

De grands leaders français, un tissu de PME particulièrement dynamique, une recherche française visible au niveau international et qui bénéficie de liens avec les entreprises.

Faiblesses

Coût encore élevé des solutions de réalité virtuelle ; faible diffusion au sein des PME ; manque d'équipement des ménages en terminaux 3D.

Opportunités

Réalité augmentée sur mobile ; 3D relief pour le cinéma et l'industrie du jeu vidéo.

Menaces

Pas de standard sur la vidéo 3D ; industrie grande consommatrice de calcul engendrant des coûts importants ; risque d'augmentation de la fracture numérique (hausse significative des débits).

Recommandations

Favoriser l'émergence d'un standard unique afin de ne pas renouveler la guerre de format HD et permettre à toute la chaîne de valeur de se structurer.

Mutualiser les infrastructures afin de baisser les coûts. Soutenir des appels à projets communs comme celui d'Oséo et du CNC destiné aux PME du multimédia et de l'audiovisuel.




Liens avec d'autres technologies clés

18




24

29

Maturité (échelle TRL)

	Émergence (TRL : 1-4)
	Développement (TRL : 5-7)
	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

	Leader ou Co-Leader
	Dans le peloton
	En retard

Potentiel d'acteurs en France

	Faible
	Moyen
	Fort



70. Systèmes d'enveloppe du bâtiment



Description

L'enveloppe du bâtiment constitue l'interface avec l'extérieur. Elle englobe les murs, les planchers, les ouvrants, ainsi que la toiture et joue un rôle majeur dans la performance énergétique du bâtiment. À travers des paramètres tels que l'isolation, l'étanchéité à l'eau et à l'air, la gestion des apports solaires ou encore l'inertie, les systèmes d'enveloppe du bâtiment permettent une meilleure efficacité énergétique.

À titre d'exemples, les façades actives, les murs solaires, le vitrage sous vide, les toitures rafraîchissantes, etc. permettent une réduction des besoins énergétiques. L'isolation thermique par l'extérieur (ITE) apporte également une économie d'énergie en créant une enveloppe globale protectrice autour de la construction permettant de traiter les déperditions de chaleur au niveau des façades et des ponts thermiques.

Aux aspects énergétiques s'ajoutent les fonctionnalités nouvelles qu'ils peuvent intégrer. Les façades peuvent devenir intelligentes en s'adaptant à l'environnement extérieur, afin d'offrir davantage de confort à leurs occupants (isolation, confort d'été ou acoustique par exemple). Ainsi, les façades autonettoyantes ou les vitrages électrochromes sont autant d'exemples de développements possibles conduisant à une réduction des pertes énergétiques.

Applications

Les systèmes d'enveloppe concernent de manière prioritaire l'ensemble des nouveaux bâtiments du secteur résidentiel (individuel ou collectif) et du secteur tertiaire dans un contexte où le Plan Bâtiment Grenelle prévoit que tous les nouveaux bâtiments soient à « basse consommation » (BBC) d'ici à 2012 et à « énergie positive » (Bepos) d'ici à 2020 [11].

Ils concernent également la réhabilitation des bâtiments anciens, le parc existant représentant 29,7 millions de logements [11].

Enjeux et impacts

L'évolution réglementaire du Grenelle de l'environnement et les défis énergétiques actuels poussent au développement de nouveaux systèmes d'enveloppe. C'est en effet grâce à la rénovation des bâtis existants que la France réussira à atteindre ses objectifs et cette réhabilitation passe par les systèmes d'enveloppes.

Le principal impact attendu est de nature environnementale. Les nouveaux systèmes d'enveloppe doivent permettre de réduire la consommation énergétique de 38 % et les émissions de gaz à effet de serre de 50 % d'ici à 2020 [11]. Ces objectifs varient selon la zone climatique ou le type de locaux concernés (logement, école, bureaux, etc.).

L'impact économique espéré est également non négligeable : le coût de la facture énergétique devrait ainsi s'en trouver réduit.

La mise en place de systèmes d'enveloppe performants nécessite cependant une formation spécifique des professionnels, notamment pour l'intégration de nouveaux matériaux et de nouvelles technologies. L'Ademe œuvre ainsi avec les centres de formation et de conseil à adapter le tissu actuel de formation.

Si l'optimisation du bâtiment et de son enveloppe doit prendre en compte plusieurs critères, le prix des nouvelles constructions est également à considérer car il constitue potentiellement un frein en termes d'acceptabilité : le surcoût d'un bâtiment BBC est estimé à 10 % par rapport à celui d'une construction traditionnelle.

Degré de diffusion dans l'absolu

- ☐ Faible diffusion
- ☒ Diffusion croissante
- ☐ Généralisation

Degré de diffusion en France

- ☐ Faible diffusion
- ☒ Diffusion croissante
- ☐ Généralisation

Acteurs

Principaux acteurs français

- **Structures relais** : Advancity, Cerib, Cerma, CSTB, Derbi, FCBA, Fédération Française du Bâtiment, Pôle Fibres Grand Est, Xylofutur
- **Intégrateurs** : Arcelor, Bouygues Construction, Imerys, Lafarge, Materis, Roofing, Saint-Gobain, Vinci Construction
- Concerne aussi bien les fabricants d'isolants que les fabricants d'éléments de construction (briques, éléments de parois, etc.) et de menuiserie

Principaux acteurs étrangers

- Nippon Steel, Posco (Corée), JFE (Japon), Boosteel (Chine), Nucor, Riva, Tata-Corus, Thyssen Krupp, US Steel

Position de la France

La France est très bien positionnée avec la présence d'acteurs internationaux, notamment dans la fabrication de vitrages ou de produits pour la façade et la toiture. De nombreuses opportunités existent donc pour créer des filières sur des technologies innovantes (certains citent l'isolation en couche mince).

Analyse AFOM

Atouts

Fortes compétences d'acteurs français à dimension internationale.

Faiblesses

Fragmentation du tissu d'entreprises ; manque de formation spécifique sur les systèmes d'enveloppe ; manque d'offres en prestation globale.

Opportunités

Position de leader à prendre, notamment sur les systèmes d'isolation en couche mince ; opportunité de créer un « intégrateur » de taille internationale.

Menaces

Surcoût engendré par les constructions BBC.

Recommandations

Afin de répondre aux objectifs du Grenelle de l'environnement pour l'existant, des technologies doivent être développées de sorte à être intégrées au bâti. Or, l'installation d'équipements n'est pertinente que dans la mesure où

l'isolation est performante, les installateurs devant s'assurer en premier lieu de ce prérequis. Il est donc crucial de développer une offre adaptée et de structurer un réseau d'entreprises capable de proposer une offre globale, par exemple par le biais d'appels à projets régionaux, chaque artisan devant avoir conscience de l'importance de l'isolation par l'extérieur et des systèmes d'enveloppe adaptés.

Des leviers économiques et financiers doivent être mis en place pour assurer la pérennité économique de la rénovation. Concentrer les dispositifs incitatifs (TVA réduite, subventions, etc.) sur les systèmes d'enveloppe les plus performants peut être un levier, en particulier pour le tertiaire où la pénétration peut être plus facile.

De plus, même si les systèmes d'enveloppe sont diffusants, de nouveaux matériaux minces et plus performants restent encore à développer. Il faut donc encourager les investissements dans la filière et renforcer l'accessibilité aux dispositifs d'appui à l'innovation. Le renfort des solutions de transferts vers le tissu de TPE-PME est clé. Concernant la formation, l'enjeu prioritaire est d'adapter les cycles existants aux besoins des professionnels. Dans un deuxième temps, de nouveaux cycles de formations peuvent être développés, tels que des formations sur le montage des nouveaux isolants par exemple.

Avec la présence de leaders mondiaux du secteur du bâtiment, la France est très bien positionnée pour faire émerger un grand acteur des systèmes d'enveloppe et des matériaux innovants. Une riche stratégie de coopération et de partenariat entre les entreprises et les pôles de compétitivité notamment doit être encouragée : engager un grand programme commun et encourager la création de plateformes démonstratrices, capables d'assurer la passerelle entre le monde de l'innovation et le tissu d'entreprises.

Par ailleurs, les systèmes d'enveloppe doivent être envisagés sous l'angle du couple équipements – systèmes passifs. Aujourd'hui, peu d'acteurs sont positionnés sur de tels équipements, alors qu'il existe un potentiel fort de développement. Cette filière doit donc être soutenue par le biais d'appels à projets spécifiques, permettant de soutenir une démarche partenariale forte, ou encore par le biais de la promotion de labels pour les systèmes d'enveloppe à haute efficacité.

Enfin, la mise en place d'une réglementation précise sur les systèmes d'enveloppe performants permettrait de favoriser le développement de nouvelles technologies, ainsi que leur intégration aux autres technologies clés : orientation des crédits d'impôts aux systèmes d'enveloppe les plus performants, subvention supplémentaire pour l'atteinte de performances spécifiques, etc.

Liens avec d'autres technologies clés

7

11

40

72

74

75

Maturité (échelle TRL)

	Émergence (TRL : 1-4)
	Développement (TRL : 5-7)
	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

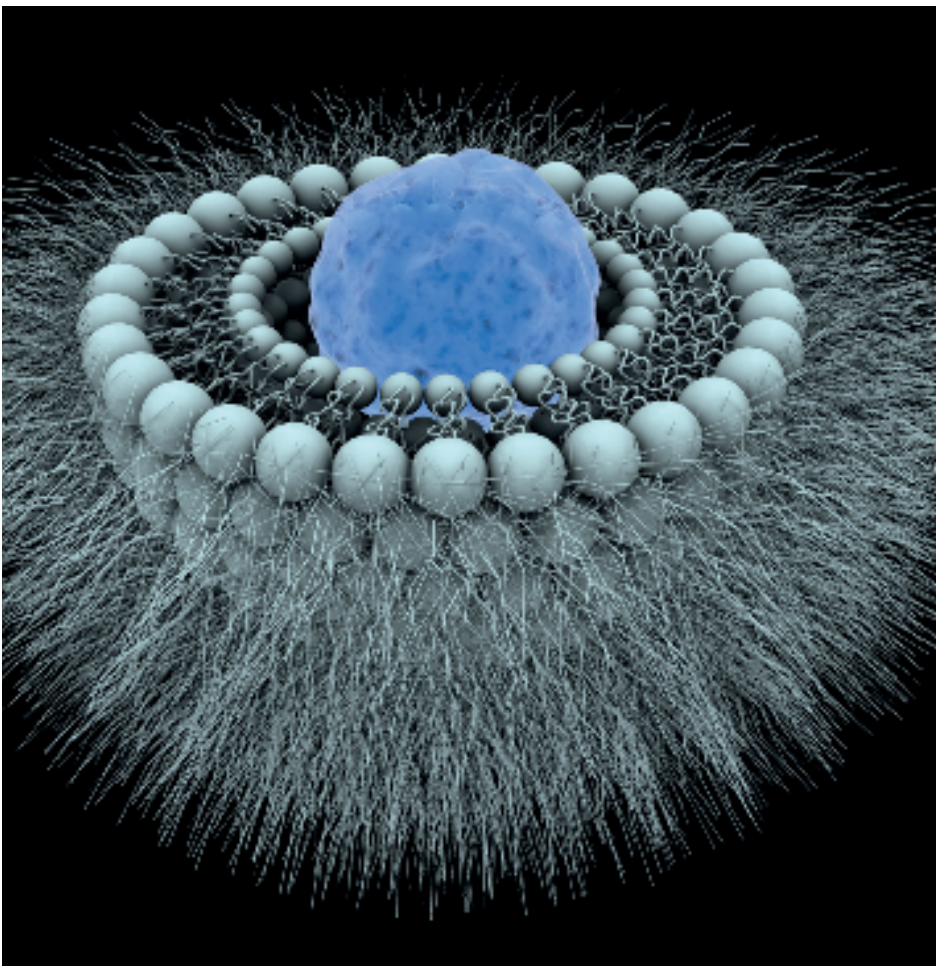
	Leader ou Co-Leader
	Dans le peloton
	En retard

Potentiel d'acteurs en France

	Faible
	Moyen
	Fort



78. Ingénierie du système immunitaire



Description

Le système immunitaire est un système de défense naturel de l'organisme composé d'un réseau complexe de cellules, d'organes et molécules. Il existe deux systèmes immunitaires qui coopèrent l'un avec l'autre : l'immunité « innée » et l'immunité « acquise ».

L'ingénierie du système immunitaire a pour but de comprendre le système immunitaire dans le but de mieux le manipuler. L'objectif principal est de modifier et d'optimiser tous les composants du système immunitaire tels que cellules ou molécules. Il peut par exemple s'agir de trouver de nouveaux anticorps ou de modifier les anticorps existants afin de les rendre plus spécifiques. En vaccinologie, l'immunologie moléculaire et cellulaire permet de concevoir des vaccins sur des bases plus rationnelles et moléculaires.

De nouvelles méthodes d'ingénierie d'éléments du système immunitaire sont aujourd'hui développées, basées notamment sur les cellules dendritiques et les TCR (*T Cell Receptor*). Les cellules dendritiques jouent un rôle fonda-

mental dans l'orientation de la réponse immunitaire et sont reconnues pour être de très bonnes cellules présentatrices d'antigènes. Dans le cas de la recherche de traitement contre le cancer par exemple, le but est d'utiliser cette capacité en associant une cellule dendritique à un antigène d'intérêt d'une tumeur. L'antigène est ensuite présenté à un lymphocyte qui, via le TCR, va reconnaître l'antigène et détruire la tumeur.

La maîtrise de la réponse immunitaire est loin d'être totale, ce qui explique en partie que les thérapies développées aujourd'hui soient le plus souvent personnalisées à chaque cas, et donc extrêmement coûteuses (comme dans le cas des thérapies cellulaires autologues). Il est également nécessaire de mettre en place des approches systématiques, regroupant des analyses à grande échelle du génome, du transcriptome, du protéome et du métabolome et les criblages fonctionnels des cellules du système immunitaire. Le développement de modèles animaux est également nécessaire (murins et grands animaux).

Applications

L'ingénierie du système immunitaire trouve évidemment des applications en santé humaine mais aussi animale, pour développer des stratégies thérapeutiques ou de prévention. L'immunothérapie, les vaccins thérapeutiques et la thérapie cellulaire représentent des champs d'applications majeurs de l'ingénierie du système immunitaire. Celle-ci permet également de définir des stratégies de protection en cas de menaces bioterroristes.

La compréhension du système immunitaire et la capacité à le manipuler touchent par ailleurs un large spectre de pathologies dont : les maladies auto-immunes, les cancers, les maladies infectieuses (Sida, hépatites B et C), les allergies, le diabète etc. L'immunothérapie cancéreuse constitue par exemple une nouvelle approche potentielle pour le traitement du cancer. Le marché des vaccins croît de 15 à 25 % par an et est estimé à 20 Md€ en 2015 alors qu'il est de 10 Md€ en 2010 [39]. Le marché français de l'industrie de santé animale représente le premier marché européen avec 835 M€ de chiffres d'affaires en France et 1,4 Md€ à l'exportation [6].

Il s'agit d'un champ de recherche porteur, y compris sur le plan de la biologie fondamentale. L'ingénierie du système immunitaire contribue également à l'amélioration des connaissances sur les allergies, à la découverte de biomarqueurs et au développement de produits d'alimentation santé.

Au global, ce domaine est porteur d'activités de service, communes au développement de tout principe / molécule active et spécifiques au domaine des protéines et anticorps.

Degré de diffusion dans l'absolu	
	Faible diffusion
	Diffusion croissante
	Généralisation

Degré de diffusion en France	
	Faible diffusion
	Diffusion croissante
	Généralisation

Enjeux et impacts

L'ingénierie du système immunitaire est essentielle dans le développement de nouveaux traitements pour certaines pathologies. Elle joue également un rôle majeur en santé publique, notamment dans la prévention du risque sanitaire lors d'épidémies ou de pandémies. 75 % des maladies émergentes chez l'homme étant d'origine animale (selon l'Organisation mondiale de la santé animale), les médicaments vétérinaires visant à prévenir les maladies infectieuses ou parasitaires contribuent à la sécurité sanitaire. Ils contribuent également à la compétitivité de l'élevage (la fièvre aphteuse a coûté au Royaume-Uni 12 Md€), et à la sécurisation de la filière agroalimentaire. Par ailleurs, les aspects réglementaires et éthiques ne sont pas à négliger puisque l'ingénierie du système immunitaire implique en partie l'utilisation de cellules souches. Enfin, les temps de développement de nouvelles thérapies sont très longs – ils peuvent atteindre 10 à 15 ans pour de nouveaux vaccins par exemple – ce qui peut dissuader les potentiels investisseurs d'injecter les capitaux nécessaires au développement de tels produits.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D** : CNRS (GICC), Inra, Inserm (U768, U783), Institut Curie, Institut Pasteur Université Pierre et Marie Curie
- **Industriels** : Biocytex, Biomérieux, Ceva, Erytech, Génoprotect, IDM, Imaxio, Innate Pharma, Merial, Monoclonal Antibodies Therapeutics, Neovacs, P.A.R.I.S., Pierre Fabre, Proteogenix, Sanofi-Aventis, Stallergenes, Transgene, Virbac, Vitoquinol, Vivalis
- **Structures relais** : Alsace BioValley, Lyonbiopôle, Medicen, Réseau Français pour la Santé Animale (RFSa), représentants des filières animales

Principaux acteurs étrangers

- Abbott, Acambis, Amgen, Bavarian Nordic, Baxter, Genzyme, GlaxoSmithKline, Johnson & Johnson, Medigene, Merck, Novartis, Novavax, Pfizer, Roche, Solvay, Wyeth, Xenova

Position relative de la France

La France est en bonne position dans le domaine de l'ingénierie du système immunitaire. Elle possède de réelles forces académiques, notamment avec la présence de l'Institut Pasteur dont les départements, en grande partie, s'intéressent au système immunitaire.

Par ailleurs, la France est très bien positionnée dans le domaine de la vaccinologie. L'écosystème français est particulièrement riche, regroupant des forces croissantes à la fois académiques et industrielles. Ainsi, 253 publications françaises relatives au domaine ont été publiées en 2008 [40] et les industriels français Sanofi-Aventis, Biomérieux et Merial font partie des leaders mondiaux. La France se distingue également par la présence de PME innovantes telles que Neovacs.

La France est le leader du marché des vaccins pour l'homme en Europe, et des raisons historiques et économiques ont fait de la France le deuxième marché de santé animale au monde. Au-delà des vaccins, la France est le premier pays en matière de recherche et de fabrication de médicaments et de réactifs pour les animaux en Europe.

Analyse AFOM

Atouts

Compétences académiques ; des leaders industriels ; des plateformes technologiques.

Faiblesses

Manque de coordination dans la communauté scientifique.

Opportunités

De nombreuses pathologies sans traitement actuellement ; des problématiques de santé publique au cœur des préoccupations (pandémie, etc.).

Menaces

Éthique, acceptabilité ; gestion des crises et impact sur la confiance des consommateurs.

Recommandations

- Faciliter l'interdisciplinarité et la mutualisation des connaissances, par exemple en soutenant la création d'un institut spécialisé en immunologie, à l'instar de l'Institut du cerveau et de la moëlle épinière.
- Encourager la démarche de médecine translationnelle.
- Instaurer ou renforcer des registres nationaux labellisés permettant de recueillir les données essentielles associées aux pathologies concernées.
- Soutenir les recherches économiques et sociales sur les problématiques de santé publique et de gestion des crises.

Liens avec d'autres technologies clés

2

76

77

Maturité (échelle TRL)

	Émergence (TRL : 1-4)
	Développement (TRL : 5-7)
	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

	Leader ou Co-Leader
	Dans le peloton
	En retard

Potentiel d'acteurs en France

	Faible
	Moyen
	Fort

NOTICE BIOGRAPHIQUE DE M. DENIS RANQUE

Denis Ranque, né en 1952, est ancien élève de l'Ecole Polytechnique et de l'Ecole des Mines.

Il commence sa carrière au Ministère de l'industrie, où il tient plusieurs postes dans le secteur de l'énergie, avant de rejoindre le Groupe Thomson en 1983 en qualité de Directeur du Plan.



L'année suivante, il est muté à la Division Tubes Électroniques, d'abord comme directeur de l'activité « Espace », puis, à partir de 1986, comme directeur du département Tubes Hyperfréquences. Deux ans plus tard, cette division devient la filiale « Thomson Tubes électroniques » dont il est nommé directeur général en 1989.

En avril 1992, il est nommé Président et directeur général de Thomson Sintra « Activités sous-marines ». Quatre ans plus tard, il devient directeur général de Thomson Marconi Sonar, la Joint Venture des systèmes sonar codétenue par THOMSON-CSF et GEC-MARCONI.

En janvier 1998, Denis Ranque est nommé Président-Directeur Général du Groupe THOMSON-CSF, qui prend en 2000 le nom de THALES. Il le quitte en 2009, du fait d'un changement d'actionnaire.

Il est maintenant Président directeur général de TECHNICOLOR, et il est également administrateur de plusieurs compagnies internationales dont le siège est en France : SAINT-GOBAIN, CGG Veritas et CMA-CGM.

Depuis octobre 2001, il est également Président de Mines-ParisTech, du Cercle de l'Industrie, une association qui réunit les plus importants groupes industriels français, et depuis janvier 2010 de l'Association Nationale de la Recherche et de la Technologie, une organisation à but non lucratif chargée de stimuler la coopération entre les laboratoires publics et privés.

En 1999, Denis Ranque a été fait chevalier de l'Ordre de la Légion d'Honneur, et en 2008, promu Officier de ce même ordre. Il est également Officier de l'Ordre National du Mérite.

En outre, Denis Ranque a été nommé Commander of the Order of the British Empire (CBE), à titre honoraire, en juillet 2004 et Chevalier de l'Ordre du Mérite de la République Fédérale d'Allemagne en septembre 2010.

Denis Ranque est marié et père de 5 enfants.

Conseils d'administration :

- Technicolor (Président)
- Saint Gobain (Administrateur)
- CMA-CGM (Administrateur)
- CGG Veritas (Administrateur)
- Ecole Nationale des Mines de Paris (Président)
- Cercle de l'Industrie (Président)
- Association Nationale Recherche Technologie (Président)
- Fondation ParisTech (Président)
- CNRS (Administrateur)