

16. Objets communicants

Description

Le concept d'objets communicants fait essentiellement intervenir des technologies de communication, telles que le RFID (*Radio Frequency Identification*), incluant notamment le NFC (*Near Field Communications*), les communications dites de courte portée (Bluetooth, ZigBee, UWB, etc.) et les technologies mobiles (cellulaires mais également satellites).

Pour l'heure, cette technologie très jeune (phase de lancement) est en forte croissance.

Les principaux leviers de croissance résident dans :

- les retours d'expérience réussis (satisfaction du consommateur via les économies réalisées) ;
- la régulation au sein des différents marchés verticaux favorisant l'automatisation ou incitant à plus de suivi ;
- le niveau de maturité des technologies utilisées (technologies peu coûteuses).

Néanmoins, il existe encore de nombreux points de blocage :

- investissement initial et coûts d'installation élevés ;
- améliorations techniques nécessaires sur le *roaming* (ou itinérance internationale) pour le M2M par exemple ou les interférences sur le RFID ;
- chaîne de valeur très fragmentée avec une myriade d'acteurs (souvent PME voire TPE), pouvant mener à une identification plus complexe des fournisseurs et donc à une intégration technique plus difficile ;
- performances techniques pures autour de la sécurité des données (au niveau de l'accès), de la qualité de service (*end-to-end*), de la standardisation (favorise la massification).

Applications

Cette technologie est utilisée dans plusieurs marchés verticaux à travers diverses applications :

- automobile/transport (télématique, gestion de flotte, logistique, etc.) ;
- énergie (télérelève de compteurs, smart grid, etc.) ;
- sécurité (télésurveillance, alertes, etc.) ;
- industrie (logistique, traçabilité, etc.) ;
- commerce de détail (paiement mobile, logistique, terminaux de paiement, etc.) ;
- électronique grand public (avertisseurs de radars, livre électronique, navigateurs GPS connectés, etc.) ;
- santé (e-santé).

L'objectif principal de ce type de technologie est de réduire les coûts opérationnels via l'automatisation, la réduction des déplacements et la réduction des erreurs. Les entreprises utilisatrices espèrent donc un retour sur investissement (ROI) rapide. Néanmoins, à plus long terme, certaines d'entre elles comptent générer des revenus significatifs

supplémentaires grâce à cette technologie en proposant de nouveaux services (service client, maintenance préventive, facturation à l'usage, etc.).

L'intégration de la technologie dans les processus ne se fait pas de façon automatique. Elle requiert le plus souvent une éducation-formation pour maîtriser les capacités du M2M ou du RFID et en profiter. Un certain temps d'adaptation est parfois nécessaire quant à la mise en œuvre de la technologie (problèmes lors de l'installation, taux d'erreurs plus importants que prévus). Ceci a donc un impact sur les processus en interne mais également sur le système d'information lui-même. Celui-ci doit intégrer de nouvelles données (engendrant donc de nouveaux coûts) et voit l'établissement de nouveaux modèles économiques avec un impact sur le service client. Par ailleurs, la réduction de coûts engendrée par la mise en place de la technologie est aussi une réduction de coûts en termes de ressources humaines.

Selon l'Idate, le marché total (matériel, connectivité, et services) du M2M devrait atteindre 14 Md€ en 2010 et 32 Md€ au niveau mondial en 2014. Selon le cabinet IDTechEx, le marché du RFID s'élevait à 5 Md\$ en 2008 avec 2,16 milliards de tags. Les projections font état d'un marché évalué à 17 Md\$ en 2013.

Enjeux et impacts

La technologie répond aux enjeux sociétaux suivants :

- développement durable grâce aux applications de télérelève et *smart grid* permettant un meilleur contrôle des consommations énergétiques ;
- sécurité des biens, des personnes (physique ou alimentaire) et du territoire, grâce à un suivi à distance ;
- vieillissement de la population, avec des solutions d'e-santé permettant le maintien à domicile tout en maîtrisant les coûts.

Il s'agit d'une technologie diffusante car elle s'appuie sur des technologies matures, et elle se déploie dans le temps de manière croissante et durable.

Plusieurs effets positifs sont attendus notamment en termes de :

- productivité (plus d'automatisation) ;
- consommation énergétique (réduction des transports humains facilitée par les communications entre objets-machines, suivi de la consommation en temps réel permettant d'adapter les usages) ;
- fiabilité des produits et des processus (meilleure logistique, signalisation des pannes, etc.).

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

- **R&D publique** : laboratoire LRIT, CEA-LIST, CEA-Leti LIG, Irit, LAAS, LIP6, RFTLab, Inria, Irisa, etc.
- **R&D privée** : France Telecom, SFR, Bouygues Telecom, Gemalto, Oberthur Technologies, Kerlink, SagemCom, Erco Gener, Violet, Tagsys, ASK, Withings, etc.
- **Pôles de compétitivité** (Images et Réseaux, Cap Digital, Systematic, Minalogic, SCS, AESE, etc.), association RFID Bretagne Développement, Centre National RFID, Forum des services mobiles sans contact, etc.

Position de la France

Les acteurs français sont très présents et sur plusieurs maillons de la chaîne de valeur : le français Gemalto a racheté en juin 2010, Cinterion, leader mondial des fabricants de modules M2M ; Orange est très impliqué sur les problématiques de standardisation avec la présidence de l'Etsi (organisme de standardisation européen) sur la thématique M2M. Orange est également impliqué sur l'Internet des objets puisqu'il a été sélectionné pour mettre en œuvre une racine ONS (système de nommage pour les objets, équivalent au DNS pour le web) en France, posant ainsi la première brique d'un futur Internet des objets sur la base du réseau EPCglobal. La plateforme développée par GS1 France (entité française d'EPCGlobal) et Orange Business Services dépasse les frontières hexagonales et se positionne comme l'ONS Root Européen. Le régulateur Arcep est également très impliqué puisqu'il reste l'un des seuls (avec la CMT en Espagne) à prendre en compte le niveau d'avancement du M2M.

Analyse AFOM

Atouts

Plusieurs acteurs impliqués (notamment opérateurs) et volontaristes ; forte concurrence avec un impact sur les prix permettant une meilleure adoption ; de nombreux grands comptes intéressés par une telle technologie (automobile, aviation, énergie, transport, etc.) ; arrivée de l'électronique grand public connectée (livres électroniques, etc.) permettant une adoption massive plus rapide.

Faiblesses

La crise a eu un effet retardateur sur le niveau de déploiement et donc sur l'adoption, et les retours sur investissements restent encore plus incertains en temps de crise. Par ailleurs, de nombreux efforts sont à fournir dans l'IHM pour favoriser les usages.

Opportunités

Régulation et politiques publiques incitatives par secteur vertical ; développement de solutions plus fiables (qualité de service, sécurité) et plus complètes (*roaming*) ; appel à projet national « Usages innovants de la RFID et services mobiles sans contacts » Iper-SMSC.

Menaces

L'Arpu reste encore très faible pour les opérateurs, limitant leur implication à court terme (pas encore d'investissement dans un réseau dédié).

Recommandations

Les aspects relatifs à la normalisation auront un effet accélérateur sur le développement de la technologie. En effet, la standardisation rassurera les clients sur la compatibilité de la technologie et entraînera sa promotion par tous les industriels.

Les problèmes de sécurité liés d'une part, à la diffusion non maîtrisée d'informations, ainsi que d'autre part, aux attaques informatiques (attaques directes, virus, etc.), devront être étudiés.

Les aspects liés à la protection de la vie privée devront être transparents afin de dissiper toute possibilité de violation des ces données (accès, stockage, détournement de ces données) et renforcer ainsi le développement des usages.

Il sera important de travailler sur l'intégration matériel-logiciel ainsi que sur la problématique d'interopérabilité.

La fiabilité des réseaux de capteurs sans fils devra faire l'objet d'une attention particulière tout comme leur tolérance aux fautes.

Liens avec d'autres technologies clés

1	13	14
15	18	19
23	25	27
29	31	51
61	74	80
82		

Maturité (échelle TRL)

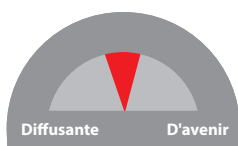
●	Émergence (TRL : 1-4)
●	Développement (TRL : 5-7)
●	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

●	Leader ou Co-Leader
●	Dans le peloton
●	En retard

Potentiel d'acteurs en France

●	Faible
●	Moyen
●	Fort



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)

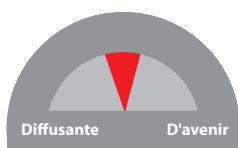
	Émergence (TRL : 1-4)
	Développement (TRL : 5-7)
	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

	Leader ou Co-Leader
	Dans le peloton
	En retard

Potentiel d'acteurs en France

	Faible
	Moyen
	Fort



18. Interfaces homme-machine

Description

Les interfaces homme-machine utilisent un ensemble de technologies très diverses, qui utilisent des logiciels et des algorithmes en association avec des équipements très variés. Ainsi, les technologies d'IHM relèvent de plusieurs axes technologiques :

- les interfaces matérielles : joysticks, claviers, souris, écrans tactiles, télécommandes, manettes (spécifiques ou utilisées dans le jeu vidéo comme la wiimote de la console Wii de Nintendo) interfaces haptiques (ou à retour d'effort), caméras, microphones, moyens d'affichage (écrans, casques de visualisation, affichage holographique, etc.), tablettes de saisie, capteurs biométriques ou biomédicaux, etc. ;
- la conception des interfaces : ergonomie, design, psychologie cognitive, adaptation au contexte à partir d'hypothèses, etc. ;
- l'électronique et l'informatique de gestion des interfaces.

Les interfaces homme-machine existent depuis longtemps en ce qui concerne les interfaces avec les programmes informatiques. Une offre complémentaire s'est développée concernant les interfaces liées à Internet, avec de très nombreux usages dont le téléenseignement, le travail coopératif à distance et bien d'autres.

Grâce à la multiplication des logiciels embarqués et des microprocesseurs dans les équipements autres que des ordinateurs, les IHM se sont multipliées et enrichies. Les jeux vidéo constituent un facteur majeur d'innovation en introduisant de nouvelles techniques d'interaction (Wii de Nintendo, Kinect de Microsoft, PS3Move de Sony).

Les domaines algorithmiques et informatiques couvrent par ailleurs de nombreuses fonctions, parmi lesquelles on peut citer l'analyse et la compréhension des demandes d'un utilisateur humain à travers son observation (gestes, paroles, émotions), simulation et modélisation, manipulation et synthèse d'images 3D, prise en compte du temps réel, gestion d'interface « rich media », de widgets, etc.

Il faut ajouter les interfaces dites « surface computing », dont le multi-touch d'Apple, le tableau noir interactif, l'écran Surface de Microsoft, mais aussi les murs d'images interactifs.

Au-delà de ces diverses interfaces spécialisées, se développent des recherches dites multimodales permettant une immersion totale ou partielle dans un monde virtuel, avec des applications multiples. En effet, les plateformes de réalité virtuelle permet d'immerger l'utilisateur et de lui offrir une interaction intuitive avec l'environnement : grâce à un système de capture de mouvements (caméras infrarouges qui mesurent les mouvements de mar-

queurs posés sur l'utilisateur, gant de données, interfaces haptiques, etc.), les images sont recalculées en temps réel pour correspondre au point de vue de l'utilisateur et/ou s'adapter aux mouvements réalisés avec son corps (mouvement des doigts, des mains, des jambes, etc.). Des interfaces utilisateurs plus classiques de type clavier, souris ou manette peuvent néanmoins être utilisées. La parole peut également être utilisée, aussi bien pour commander que pour communiquer de la machine vers l'utilisateur.

Applications

Il existe une offre importante d'outils d'aide aux développements d'IHM. Elle fait partie d'offres globales de grands acteurs de l'informatique comme Microsoft, Borland, IBM, Google ou Adobe. Au delà de ce marché, il existe une offre de service importante. Existent également des logiciels spécialisés pour la modélisation, la simulation et la génération d'interfaces dédiées à différents types d'équipements.

Les IHM sont centrales pour de nombreux secteurs d'application : électronique grand public, environnements industriels, automobile, défense, aéronautique, éducation, formation, travail coopératif etc.

Dans le domaine matériel, l'usage des interfaces haptiques se développe. Un volant, un gant, un bras haptique ou une manette à retour de force servent à recréer les effets de résistance liés à la conduite d'un avion ou d'une voiture, mais aussi d'une opération chirurgicale ou à la télémanipulation dans un milieu hostile.

Les interfaces neuronales directes viennent par ailleurs d'atteindre aux États-Unis le stade des toutes premières applications commercialisées (jeux vidéo, aide au handicap : écriture directe de texte).

En ce qui concerne les équipements, le marché des écrans tactiles est en forte croissance grâce au succès de terminaux comme l'iPhone, la Nintendo DS ou plus récemment l'iPad. Selon iSuppli, le marché des écrans tactiles a atteint, en 2008, 341 millions d'unités et 3,4 Md\$ en valeur et atteindrait 6,4 Md\$ en 2013 pour 833 millions d'unités. En 2009, l'office des brevets américains a décidé d'attribuer à Apple un brevet à une couverture très large sur l'interface *multi-touch* de l'iPhone.

Enjeux et impacts

Il s'agit d'une technologie à très fort potentiel diffusant. Les enjeux sont multiples :

- les IHM facilitent, voire permettent le développement de produits, outils ou services innovants, dans l'ensemble des secteurs. L'usage de la réalité virtuelle permet de plus la conception d'IHM plus intuitives ;

Degré de diffusion dans l'absolu

☐	Faible diffusion
☒	Diffusion croissante
☐	Généralisation

Degré de diffusion en France

☐	Faible diffusion
☒	Diffusion croissante
☐	Généralisation



- elles sont un enjeu de productivité, notamment pour l'efficacité de l'usage de logiciels complexes. Elles constituent également un outil de compétitivité, car l'interface joue un rôle dans la décision d'achat d'un produit. Les producteurs d'automobile haut de gamme considèrent l'IHM comme une part stratégique de leur offre, qui fait partie de l'image liée à la marque, et est souvent développée en interne ;
- les IHM jouent également un grand rôle en matière de sécurité. En effet, le design et l'ergonomie d'un système peuvent avoir un rôle critique dans la prise en main d'un outil, l'efficacité d'une tâche à réaliser, le taux d'erreur de l'opérateur, etc. ;
- les IHM peuvent créer de nouveaux types de relation entre l'homme et les équipements qu'il utilise, en augmentant la « compréhension » par la machine des demandes humaines, mais aussi en facilitant le contrôle par l'homme de la machine. Cela peut faciliter l'accès à des services vers un plus grand nombre de personnes, personnes âgées ou handicapées notamment. Cela peut également modifier la façon dont nous jouerons, dont nous communiquerons et dont nous travaillerons ;
- le développement des espaces numériques de travail (ENT) sont un grand enjeu pour l'éducation et la formation.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D publique** : Inria, CEA, Télécom Paristech, l'Inserm, LIRMM-IHMH, Cena-PIL, Ircam, Institut de la Cognitique à Bordeaux (ENSC), Paris 8, LIMSI, etc.
- **R&D privée** : Orange Labs, Stantum Technologies, IntuiLab, Haption, Andelia, Axance, groupe Guillemot Corporation, Vocally, Kayentis, Immersion, etc.
- Logiciels professionnels la société PC Soft et de nombreuses sociétés de services
- AFIHM (Association francophone d'interaction homme-machine), pôles de compétitivité (Images et Réseaux, Imaginove, Systematic, Cap Digital Minalogic, Mov'eo), etc.

Position de la France

Présence d'une recherche importante sur les diverses technologies utilisées dans les IHM.

Présence de sociétés et d'agences offrant services et produits avec une expertise forte, combinant ergonomie, design et technologie, notamment sur Internet.

Position plus faible dans les logiciels d'entreprise.

Liens avec d'autres technologies clés

17

29

61

73

84

Analyse AFOM

Atouts

Existence d'une industrie de la défense et des jeux vidéo, compétences en médecine, en sciences cognitives, etc.

Faiblesses

Les designers sont peu sollicités en amont.

Opportunités

Beaucoup de synergies avec des activités proches : téléprésence, réalité virtuelle, robotique, RFID ; fortes avancées en reconnaissance vocale et en réalité augmentée ; enjeu important pour l'éducation et la formation.

Menaces

Domination des États-Unis pour la partie logicielle.

Recommandations

Encourager la structuration de la recherche au niveau de la conception et du design de systèmes fortement automatisés prenant en compte le facteur humain (psychologie cognitive, sociologie, physiologie, etc.).

Penser à solliciter les designers en amont dès la phase de conception.

Une mise en œuvre appropriée de techniques IHM spécifiques est essentielle pour le développement de l'environnement numérique de travail (ENT), qui vise l'ensemble de la communauté éducative.

Maturité (échelle TRL)

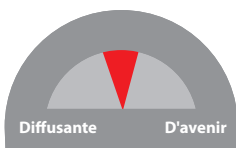
●	Émergence (TRL : 1-4)
●	Développement (TRL : 5-7)
●	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

●	Leader ou Co-Leader
●	Dans le peloton
●	En retard

Potentiel d'acteurs en France

●	Faible
●	Moyen
●	Fort



19. Ingénierie de systèmes complexes et systèmes de systèmes

Description

Un système de systèmes (SdS) est un ensemble de systèmes autonomes interconnectés et coordonnés pour satisfaire une capacité et/ou réaliser un ensemble d'effets prédéterminés qu'aucun des systèmes constitutifs ne peut assurer seul. Une autre définition peut-être l'intégration de systèmes multiples afin de réaliser le comportement désiré de l'ensemble du système. L'ingénierie des systèmes de systèmes est un ensemble de *process* de développement, outils et méthodes pour designer, redesigner et déployer des systèmes de systèmes.

On parle de système complexe lorsqu'il devient très difficile de prévoir le comportement du système par le calcul. Ces méthodes fortement utilisées au niveau militaire et spatial sont de plus en plus appliquées et applicables au domaine civil (transport, santé, réseaux de télécommunications, exploration spatiale etc.). Un consensus général estime que l'ingénierie de systèmes traditionnels a atteint ses limites en terme de capacité à résoudre les problèmes d'intégration complexes.

L'informatique et les mathématiques avancées fournissent des solutions pour résoudre une partie de cette complexité. Ainsi ces systèmes complexes sont assez liés aux systèmes d'intelligence artificielle en particulier les systèmes multi-agents.

Applications

Les applications sont nombreuses dans des domaines où la France est un acteur reconnu : électronique, industrie des télécoms, IT, défense, nucléaire, environnement, transport, santé, recherche spatiale, énergie...

De nombreux secteurs sont susceptibles d'utiliser l'ingénierie des systèmes complexes, mais son coût et sa maîtrise délicate la cantonne dans les solutions les plus pointues et les plus génératrices de valeur ajoutée.

Les mathématiciens français sont réputés pour la qualité de leurs algorithmes financiers et leurs capacités à optimiser ces mêmes réseaux financiers.

La génétique est un autre exemple de système complexe où les capacités de calcul ont permis à l'industrie de faire des avancées notables.

IBM et le gouvernement Irlandais utilisent la connaissance des systèmes complexes du premier pour optimiser les ressources de pêche du second.

Une autre application civile, avec un impact sociétal fort, est le projet *GAIA Virtual Sky* de Steria qui offre, par exemple, la possibilité d'optimiser différents processus de vol afin d'économiser la consommation d'énergies fossiles, etc.

En France, le SIGLE (Système de gestion logistique) de la Marine nationale est un système complexe de maintien en conditions opérationnelles. Sa complexité faisait que les bâtiments n'étaient opérationnels qu'à 55 %. Avec une approche méthodologique et outillée, une jeune pousse lyonnaise (rachetée depuis par SQLI) a fait grimper ce taux jusqu'à quasiment 70 %...

Enjeux et impacts

L'ingénierie des systèmes de systèmes permet de répondre à des enjeux sociétaux, économiques et politiques de plus en plus complexes via la mise en partage des différents systèmes et ressources d'acteurs verticaux afin d'améliorer les processus et les produits pour ce secteur donné.

Cette approche, qui touche à quasiment tous les types de technologies, exige des profils de très haut niveau, métiers, informatique et organisationnels.

La maîtrise des systèmes complexes et leur ingénierie va devenir de plus en plus essentielle à mesure que la compétition s'étoffe, que la complexité de notre environnement s'accroît et qu'un seul acteur ne peut répondre seul à toutes les problématiques posées par son secteur.

C'est en maîtrisant un des systèmes les plus complexes qui soit, tant technique qu'organisationnel, à l'aide d'un système d'information solide qu'Airbus a pu développer l'A 380.

C'est une technologie essentiellement basée sur les services : organisation, modélisation, ingénierie, informatique, réseaux...

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D** : Inria, CEA-Leti, RNSC, CNRS (LAAS), École Polytechnique, Centrale Paris, CNRS LIRM, Systematic, Lips6, Cemagref, LySic, Université Paris 7
- **Éditeurs** : Ipanema, Oslo Software
- **SSI** : Altran, Akka, Alten, Steria, SQLI, Atos Origin, Groupe Helice, Ausy, Cybernetix
- **Utilisateurs** : EDF, EADS, Sagem, DCN, Dassault Aviation, Thales, Schneider Electric, Alcatel-Lucent, Vinci, Areva...

Degré de diffusion dans l'absolu

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

Degré de diffusion en France

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation



Liens avec d'autres technologies clés

20

21

27

47

52

62

69

Position de la France

La France a une longue tradition et une solide expérience d'ingénierie et de maîtrise de système de systèmes et de systèmes complexes.

Une bonne partie des points forts de l'économie française fait appel aux systèmes de systèmes et aux systèmes complexes.

La France dispose aussi d'une bonne école de mathématiques ainsi que de plusieurs instituts qui forment spécifiquement à ces approches.

Analyse AFOM

Atouts

Expérience, importantes industries clientes, école de mathématique, intelligence artificielle.

Faiblesses

Discipline qui reste méconnue, difficulté à fédérer les parties prenantes pour monétiser des projets pilotes.

Opportunités

Reconnaissance plus importante sur le marché, développement vers de nouveaux secteurs cibles : distribution, jeux en ligne, marketing...

Menaces

La perte de nos capacités en mathématiques, nombre de compétences.

Recommandations

Favoriser la collaboration entre les laboratoires publics, les PME innovantes et les grands comptes.

Disséminer plus largement ces concepts au sein des autres technologies.

Encourager la formation.

Maturité (échelle TRL)

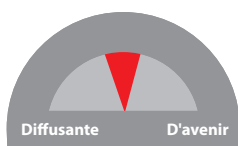
●	Émergence (TRL : 1-4)
●	Développement (TRL : 5-7)
●	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

●	Leader ou Co-Leader
●	Dans le peloton
●	En retard

Potentiel d'acteurs en France

●	Faible
●	Moyen
●	Fort



20. Calcul intensif

Description

Depuis l'invention de l'ordinateur, on n'a cessé de vouloir augmenter ses performances, en particulier pour répondre aux besoins des secteurs les plus exigeants tels que le nucléaire ou le militaire.

L'augmentation des capacités de calcul conformément à la loi de Moore (doublement tous les deux ans) et la baisse du coût relatif de la puissance de calcul ont offert la possibilité aux entreprises de s'équiper avec des matériels informatiques suffisamment puissants pour utiliser des logiciels de simulation particulièrement gourmands en opérations.

Le calcul intensif, ou calcul à haute performance (HPC, *High Performance Computing* en anglais) est le processus d'utilisation de systèmes informatiques très avancés pour effectuer des tâches ou résoudre des problèmes complexes. Cette informatique se différencie de l'informatique classique qui est plus orientée transactions que puissance brute de calcul.

Le calcul intensif se base sur deux types d'architectures :

- les macroordinateurs ;
- les grilles de calcul, qui sont l'architecture la plus performante à l'heure actuelle.

Il existe trois types de calcul :

- le calcul vectoriel, qui était réservé aux macroordinateurs mais qui a été remis au goût du jour par les puces issues du monde du jeu vidéo ;
- le calcul parallèle ;
- la fusion de ces deux approches.

Le calcul intensif est basé sur des « super calculateurs », des machines fortement optimisées, intégrées à tous les niveaux (composants, bus, mémoires, entrées-sorties, etc...) et souvent conçus pour des tâches spécifiques.

Avec l'atteinte des limites de la loi de Moore, l'augmentation de la puissance de calcul réside dans la multiplication du nombre de cœurs, et en particulier pour le calcul intensif, dans le développement d'architectures massivement parallèles (jusqu'à plusieurs centaines de milliers de processeurs). Les architectures fortement distribuées, en grille et dans le « nuage » permettent aussi la création de capacités de calcul intensif à partir de matériels peu intégrés et totalement banalisés, comme un PC ou un serveur virtuel.

Degré de diffusion dans l'absolu

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

Degré de diffusion en France

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

Applications

Les applications du calcul intensif concernent essentiellement la simulation et la recherche.

La simulation numérique désigne le procédé de représentation d'un phénomène physique. Elle exige une étape préalable, celle de la modélisation (traduction d'un



phénomène en langage mathématique).

On peut distinguer trois types de simulation :

- la simulation de conception qui s'effectue à partir d'une représentation approchée produite par la maquette numérique (CAO). Domaines d'applications : la mécanique, la mécanique des fluides, la science des matériaux...
- la simulation prédictive (simulation des phénomènes). Cette simulation exige une architecture déployant une grande puissance de calcul. On parle d'architecture parallèle. Domaines d'applications : nucléaire, météorologie...
- la simulation comportementale est une approche multi-agent consistant à décrire le comportement de chaque entité qui s'adapte à la situation courante. Domaines d'applications : systèmes complexes (trafics routiers, phénomènes biologiques et sociaux).

Pour la recherche, les applications sont tout aussi vastes : criblage statistique, synthèse de nouvelles molécules, recherche spatiale...

D'autre part, les applications tertiaires sont un des domaines qui se développent le plus rapidement du fait de la démocratisation des capacités de calcul et aussi, car ceux qui les possèdent ont maintenant la possibilité (offerte par les technologies du nuage) de les partager en toute sécurité avec des utilisateurs tiers. Les domaines les plus en vue sont :

- décisionnel en temps réel ;
- analyse prédictive fine des comportements humains ;
- marketing relationnel ;
- calcul, analyse financière...

Enjeux et impacts

Le calcul intensif est un outil de souveraineté et de compétitivité nationales. Depuis 2007, la France et l'Europe l'ont bien compris et rattrapent leur retard avec plusieurs initiatives communes comme le Genci et Prace.

Le calcul intensif est très important pour la France, car ses industries de pointe en sont très consommatrices :

énergie, nucléaire, militaire, aérospatial, automobile... Cependant, les investissements correspondants sont très onéreux.

À titre d'exemples, le calcul intensif permet :

- d'éviter les essais physiques, (comme par exemple les essais nucléaires militaires) ;
- de réduire les coûts de prototypage nécessaires aux développements de nouveaux produits, et le délai de mise sur le marché (ainsi Renault a réduit de 50 % le temps de développement d'un nouveau véhicule) ;
- une optimisation des ressources et donc un accroissement de la productivité des entreprises, comme par exemple l'optimisation de la chaîne logistique des grands distributeurs.

Le développement d'architectures massivement parallèles basées sur des microprocesseurs banalisés induit un déplacement de la création de valeur et des verrous technologiques, susceptible de rebattre les cartes au niveau mondial. Ce tournant nécessite un vaste effort de R&D afin notamment de concevoir des logiciels adaptés à ces nouvelles architectures.

La démocratisation du calcul intensif se poursuit également par l'accès en ligne à ces outils en particulier en mode nuage. En ce sens, l'accès pour les PME à des capacités de calcul intensif est et sera, de plus en plus important pour leur compétitivité.

La dissipation thermique du calcul intensif, l'optimisation de la consommation et du refroidissement sont également des enjeux techniques forts pour cette filière.

Acteurs

Principaux acteurs français

- Genci (dont dépendent le CCRT, le Cines et l'Idris), Teratec (Sytematic), CNRS (IDRIS & INS2I), École Polytechnique (LIX), Aerospace Valley, Minalogic
- CEA, EADS, Dassault Aviation, Snecma, Total, Thales, Areva...
- Bull, Schneider Electric
- Dassault Systèmes
- Ansys, HPC Project, CAPS, ActiveEon, Distene, Adacsys, Scilab Entreprises, Sogeti High Tech, Oxalya, Akka Technologies, Easy Group, etc.

Position de la France

La France dispose d'atouts solides : une école mathématique et des laboratoires publics reconnus, la maîtrise technologique de la conception des architectures de calcul intensif, un tissu industriel actif regroupant des fournisseurs de certaines technologies et des utilisateurs de

calcul intensif. La France bénéficie de l'expérience de ses industries de défense, aérospatiale et nucléaire.

En revanche, la France dispose de peu de capacités de production de composants matériels.

La France a lancé plusieurs initiatives importantes pour rester dans le peloton mondial :

- projet européen Egi-Inspire, de grille de calcul distribuée à partir de PC mis en réseaux, et pouvant être utilisé par les centres de recherche. Le chef de file français est le CNRS ;
- Genci : Grand équipement national de calcul intensif (représentant français au sein du programme européen Prace) pour la recherche et pour partager des capacités de calcul entre centres de recherche français ;
- Teratec : pôle fédérateur pour le calcul intensif créée par le CEA et englobé dans Systematic. Ce centre est en train de déployer le TGCC qui abrite le Tear 100, le plus puissant ordinateur d'Europe. Teratec veut démocratiser l'usage du calcul intensif notamment par les PME.

Analyse AFOM

Atouts

Industries clientes puissantes et de pointe au niveau mondial, bons mathématiciens français, systèmes complexes, intelligence artificielle, logiciel libre.

Faiblesses

Maîtrise de la couche matérielle.

Opportunités

Calcul distribué en architecture nuage sur composants totalement banalisés.

Menaces

Arrivée d'offres qui sont de plus en plus industrialisées de la part d'acteurs américains que ce soit du super ordinateur (IBM) ou du nuage (Amazon).

Recommandations

Comme dans tous les pays développés, l'importance des investissements rend quasiment obligatoire l'intervention de l'État.

Collaboration européenne au niveau de la recherche et des partenariats public-privé.

Il est nécessaire de pérenniser le GENCI, car le calcul intensif sera toujours très important à l'avenir.

Développer les formations et les compétences.

Intensifier le couplage entre la recherche publique et les entreprises en particulier les PME.

Pérenniser l'industrie française du calcul intensif, en particulier l'intégration de systèmes.

Liens avec d'autres technologies clés

1

23

26

Maturité (échelle TRL)

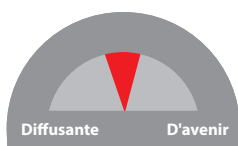
	Émergence (TRL : 1-4)
	Développement (TRL : 5-7)
	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

	Leader ou Co-Leader
	Dans le peloton
	En retard

Potentiel d'acteurs en France

	Faible
	Moyen
	Fort



21. Progressive/Intelligent Manufacturing

Description

Afin d'engendrer des gains de productivité significatifs, l'informatique dans les usines doit gagner en agilité, en intégration, en automatisation et en intelligence entre les multiples fonctions qui la composent. Pour ce faire, beaucoup de solutions développées pour l'informatique de gestion peuvent être adaptées à l'informatique de production.

Un système de production a donc une dimension technique et une dimension économique.

La dimension technique comprend les éléments suivants :

- le PLM (*Product Lifecycle Management*) qui englobe les outils de conception, de gestion des données et de collaboration ;
- la CAO (Conception assistée par ordinateur). La CAO mécanique regroupe tous les logiciels destinés à la modélisation ou à la définition. La CAO électronique regroupe tous les logiciels d'étude, d'analyse utilisés dans les étapes de conception logiques ou physiques des circuits, qu'il s'agisse de circuits imprimés, intégrés ou spécifiques, ou encore de systèmes électroniques ;
- le PDM (*Product Data Management Systems* ou Système de gestion des données techniques) regroupe tous les logiciels et toutes les procédures permettant aux industriels de gérer les données d'ordre technique, que ces dernières soient liées à la définition des produits conçus par l'entreprise ou liées aux procédés utilisés pour les fabriquer. Un système de PDM est un lieu de convergence et un outil d'intégration des informations provenant des différents systèmes informatiques de l'entreprise ;
- la simulation permet de développer des solutions de manière virtuelle ; sa maîtrise est également un important facteur de compétitivité, car elle permet de repousser sans cesse la limite technique et scientifique pour que

le virtuel parvienne à représenter le réel de manière la plus exacte possible. La simulation enregistre des avancées très fortes, grâce à la disponibilité de capacités de calcul haute performance, le développement de logiciels et solveurs capables de coopérer pour prendre en charge des problèmes multiphysiques et multiéchelles et l'émergence en France de pôles de compétence capables de faire le lien entre les problèmes concrets des entreprises et les capacités logicielles et matérielles les plus avancées disponibles (Teratec, EHPOC, CSDL, IOLS).

La dimension économique est composée des éléments suivants :

- le MES ou (*Manufacturing Execution System*) le système de gestion de la production et des ressources. Le système d'exécution des fabrications est une solution logicielle qui s'intercale entre le niveau du contrôle commande (occupé par les automatismes et la supervision) et le niveau de planification (ERP). Il assure l'exécution des fabrications et devient un outil essentiel pour la maîtrise et l'optimisation d'un système de production ;
- le SCM (*Supply Chain Management*) pour la gestion de la chaîne logistique, voire des entrepôts et des stocks ;
- le PGI (progiciel de gestion intégré), qui gère financièrement l'ensemble des activités de la société ;
- un ou plusieurs des systèmes suivants : PPM (gestion de projets et de portefeuille de projets), ordonnancement, gestion des temps, portails...

Le *progressive & intelligent manufacturing* a pour vocation d'intégrer tous ces silos, comme ce fut le cas avec les approches portail (IHM), BPM (*process*), EAI (logique applicative), ETL (données) dans l'informatique de gestion. Cette intégration, donnant une meilleure vision et de meilleurs moyens d'action sur la production, permet d'obtenir un système agile et flexible, voire proactif.

Applications

Tous les secteurs de l'industrie, mais on peut mentionner en particulier des secteurs historiques tels que : la pharmacie, l'automobile... Les domaines privilégiés sont la mécanique, l'électronique et la construction: automobile, matériel de transport (aéronautique...) et l'électronique. Par extension, le PLM, dans le sens de gestion des données durant l'ensemble du cycle de vie, touche tous les secteurs et notamment les biens de consommation, les télécoms...

Enjeux et impacts

Le PLM permet de réduire les temps de conception des produits afin de répondre à la volatilité actuelle de la demande et au souhait de dépersonnalisation du produit, à la réduction des coûts (une maquette virtuelle coûte



Degré de diffusion dans l'absolu

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

Degré de diffusion en France

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

moins cher qu'une maquette physique). Elle répond aussi aux problématiques organisationnelles actuelles de l'entreprise étendue en facilitant la conception en collaboration avec les sous-traitants.

Cela permet également de répondre aux exigences traditionnelles : performance-productivité (automobile...). Les avancées très fortes de la simulation numérique, ont été rendues possibles par la convergence de trois facteurs :

- des capacités de calcul intensif ;
- des logiciels et solveurs devenus capables de coopérer pour prendre en charge des problèmes multiphysiques et multiéchelles ;
- l'émergence en France de pôles de compétence capables de faire le lien entre les problèmes concrets des entreprises et les capacités logicielles et matérielles les plus avancées disponibles. Cette nouvelle offre concrète se développe autour de grands projets de pôles comme Teratec, EHPOC, CSDL, IOLS.

Par ailleurs, la maîtrise de la simulation numérique est un facteur de compétitivité très important car elle permet de développer en avance de phase des solutions de manière virtuelle. L'enjeu consiste à repousser sans cesse la limite technique et scientifique pour que le virtuel parvienne à représenter le réel de manière la plus exacte possible.

Un autre enjeu de taille est la très lente convergence sur des décennies des univers de la technique et de l'économie. Parmi les raisons qui expliquent cette observation nous pouvons citer :

- la lenteur de la mutation des organisations industrielles ;
- la complexification induite par la mondialisation en termes d'allocation de ressources industrielles ;
- le partage historique du marché entre les acteurs de la technique et de la gestion, qui ont eu chacun à subir de profondes mutations dans leur domaine informatique propre.

Acteurs

Principaux acteurs français

- Systematic, Minalogic, Aérospatiale Valley, LIESP, ENS Cachan, LNE
- Altran, Alten, Akka, Thales, SQLI, Steria, Courbon, Bodet...
- Dassault Systèmes, Lectra Systèmes, Missler Software, Courbon, Planisware, Ortems, Lascom, Spring

Position de la France

La France est un des pays développés où l'industrie reste importante, certes moins qu'en Allemagne, mais plus qu'en Grande-Bretagne. La France est aussi positionnée dans des industries à forte valeur ajoutée comme l'aérospatial et la défense.

Concernant les technologies, la France est bien positionnée :

- plusieurs éditeurs de logiciel sur des domaines comme le MES, l'ordonnancement et le PLM ;
- une forte expérience et de nombreuses compétences dans les entreprises d'ingénierie ;
- la recherche dans le domaine est de bon niveau ;
- les compétences fortes en systèmes embarqués ;
- fusion croissante entre l'informatique et l'ingénierie.

Analyse AFOM

Avantages

Base industrielle Hi-Tech solide, Dassault Systems, de nombreuses compétences et société de services, des éditeurs logiciels et la maîtrise de certaines technologies clés (algorithmique, optimisation, intelligence artificielle...).

Faiblesses

Mauvaise intégration de l'informatique sur les chaînes de production, coupure assez nette entre l'informatique de production et l'informatique de gestion.

Opportunités

Il n'y a pas encore de champion(s) sur ce marché, les places sont à prendre, consolidation et écosystème autour de Dassault Systèmes, les SSII.

Menaces

Arrivées prochaines d'IBM, Oracle et SAP sur ce segment, rachat d'entreprises nationales par des géants mondiaux.

Recommandations

Développer la recherche publique autour de ces technologies.

Protéger les champions français du domaine, et leur permettre d'accéder plus facilement à la recherche publique.

Développer les formations sur ces technologies dès le niveau bac.

Créer des passerelles avec les technologies connexes : systèmes complexes, embarqué, robotique...

Liens avec d'autres technologies clés

13

18

20

27

Maturité (échelle TRL)

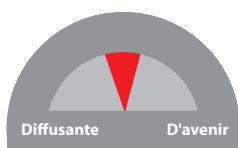
	Émergence (TRL : 1-4)
	Développement (TRL : 5-7)
	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

	Leader ou Co-Leader
	Dans le peloton
	En retard

Potentiel d'acteurs en France

	Faible
	Moyen
	Fort



22. Optoélectronique

Description

L'optoélectronique (ou photonique) se présente comme la rencontre de trois sciences, l'optique, l'informatique, l'électronique.

Les systèmes optoélectroniques sont des dispositifs qui permettent de générer, conduire, traiter et détecter la lumière. La nature, l'échelle et les longueurs d'ondes des systèmes considérés sont très variées allant jusqu'au TéraHertz et aux rayons X ou gamma.

Selon un travail de l'Agence française de l'optique photonique (AFOP), de la Société française d'optique (SFO) et les pôles d'optique, basé sur une consultation de 150 experts scientifiques et industriels, la photonique intervient dans six grands domaines rassemblant 21 technologies :

- télécoms : transmissions optiques courtes distances, fibres et composants, systèmes et réseaux ;
- santé et vivant : systèmes photoniques d'analyse pour la santé, systèmes d'imagerie médicale, capteurs photoniques pour le vivant, lasers pour la santé ;
- énergie, éclairage, affichage : LED et OLED, photovoltaïque, photonique et infrastructures de recherche, affichage et réalité augmentée ;
- *manufacturing* et contrôle : lasers et procédés industriels, techniques de fabrication de systèmes optiques, procédés industriels et mesures optiques ;
- surveillance, sécurité, spatial : systèmes d'imagerie complexes pour l'observation et la surveillance, capteurs d'images, sources capteurs et réseaux de capteurs ;
- matériaux et technologies génériques : nanophotonique et couches minces optiques, microélectronique et photonique, technologies et sources lasers, nouveaux matériaux et nouveaux composants.

Applications

L'optoélectronique est une technologie applicable à de nombreux marchés. Elle est extrêmement répandue car elle couvre l'énergie et l'environnement, les sciences de la vie et la santé, la défense et la sécurité, les matériaux et la recherche.

Le marché mondial de l'industrie photonique a un fort potentiel de croissance avec 267 Md€ en 2008 et une estimation à 370 Md€ d'ici à 2020.

La croissance annuelle du marché de la photonique atteint 15 % en moyenne faisant de ce secteur l'un des plus dynamiques. La part de l'Europe est estimée à environ 43 Md€.

La France est, avec l'Allemagne et l'Angleterre, un acteur majeur de la R&D en photonique en Europe. Elle représente, en effet, environ un tiers de l'activité R&D dans ce domaine au niveau européen.

Enjeux et impacts

La photonique permettra de développer de nouvelles technologies et de nouveaux produits durables.

L'industrie française de la photonique représente actuellement environ 50 000 emplois, auxquels il faut ajouter environ 150 000 emplois induits. Du point de vue économique, c'est aussi plus de 1000 entreprises réalisant 10 Md€ de chiffres d'affaires. La recherche française en optique photonique représente 200 laboratoires et 13 000 chercheurs. Son développement est susceptible de permettre la création de nombreux emplois à forte qualification.

L'activité industrielle française en photonique est répartie sur l'ensemble du tissu industriel, allant de quelques grands groupes, aux PME et start-ups. En comparaison avec l'Allemagne, le tissu français est comparable par sa taille, voire supérieur au niveau des grands groupes mais plus faible pour les PME et les entreprises de taille intermédiaires (ETI).

De plus, la photonique est reconnue par la commission européenne comme une des cinq technologies clés aux côtés des matériaux avancés, des nanotechnologies, de la micro-nanoélectronique et des biotechnologies.

Il s'agit donc de maintenir une excellence scientifique et technologique française, sur des marchés cibles et des marchés de prestige, comme l'astrophysique, le spatial, la défense, le nucléaire.

Acteurs

Principaux acteurs français

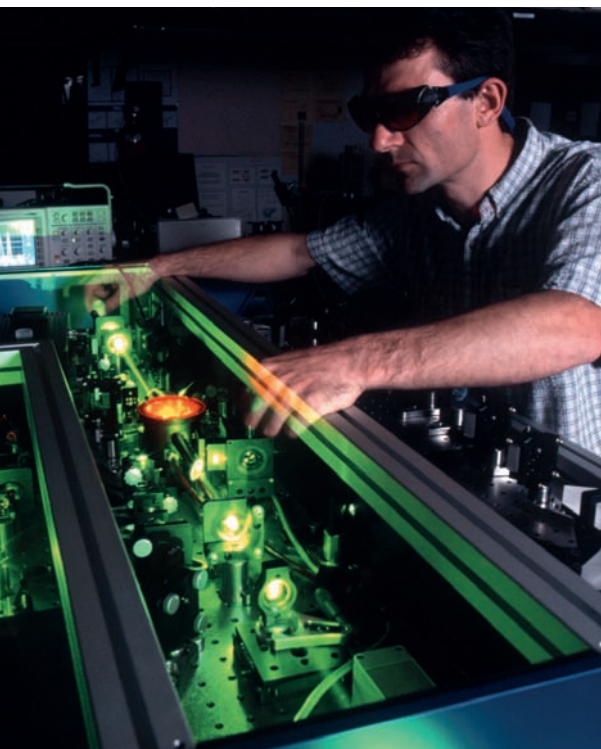
- **R&D** : CEA et Leti, Cnes, CNRS, Foton, Femto-ST, IEF, IEMN, INL, Institut d'Optique Graduate School, Institut Fresnel, LAAS, Laboratoire Kastler Brossel, LCFO, LPN, Observatoire de Paris - Meudon, Onera, CPMOH
- **Intégrateurs et utilisateurs** : Amplitude, Alcatel-Lucent, BFI Optilas, Dassault, Cilas, Cnes, Cognex France, Cristaux&Détecteurs, EADS, Essilor, I2S Vision, Imagine Optic, Kinoptik, Quantel, Lord Ingénierie, Optis, Peugeot, Renault, Sagem, Satimage, Saint Gobain Horiba Jobin Yvon, Seso, SOITec, ST Microelectronics, Teem Photonics, Tekcim, Thales, Uilis. Autres membres de l'Afop, de la SFO et des pôles
- **Centre de compétences** : AFOP, Anticipa, Elopsys, la Société française d'optique, ALPhA-Route des lasers, Minatex, Minalogic, Optics Valley, Popsud-Optitec, Irepa Laser, Rhenaphotonics Alsace, Systèmes complexes d'optique et d'imagerie

Degré de diffusion dans l'absolu

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

Degré de diffusion en France

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation



Position de la France

Au niveau européen la France se positionne en deuxième position derrière l'Allemagne. En effet, le nombre de PME et d'ETI y est plus fort qu'en France. Un écart qui pourrait s'accroître avec les problématiques liées à la transmission de ces entreprises en France.

Cependant, le territoire français dispose d'une grande force R&D et d'un tissu de PME très attractives, de qualités mondiales, certaines leaders sur leur marché. La spécificité française est sa capacité à innover et la très haute valeur ajoutée de ces produits. Par ailleurs, la France possède des savoir-faire et une recherche académique et industrielle de pointe.

Analyse AFOM

Atouts

Convention de partenariat entre Elopsys, Route des Lasers et Optitec qui va permettre d'engager des synergies sur les axes stratégiques, un fort potentiel académique et la participation à de grands projets européens (ITER, Extremely Large Telescope, Cérimed, ELI).

Faiblesses

Filière industrielle fragile et des pôles manquant de moyens pour réaliser des applications plus larges (imagerie, éclairage, etc.) ; manque d'ETI bien positionnées en France et sur le marché mondial.

Opportunités

De nombreux secteurs sont concernés (électronique, énergie, environnement, défense, santé et biomédical, transport, grands instruments scientifiques, équipement scientifique, équipement industriel, TIC, astronomie et spatial, aéronautique, etc.) et un secteur très dynamique bénéficiant d'une forte croissance (15 %).

Menaces

Développement de technologies issues des programmes de recherche actuels des pays concurrents ; des savoir-faire présents en Asie et aux USA avec une concurrence euro-dollar (le chiffre d'affaires à l'export représente 50 % du chiffre d'affaires total de l'optique photonique française).

Recommandations

Renforcer la complémentarité entre les systèmes et les composants optiques, dans une perspective d'industrialisation de la filière.

Investir sur des technologies émergentes et de croissance à fort débouché marché (photonique pour l'imagerie médicale, systèmes d'éclairages intelligents, matériaux optiques pour le photovoltaïque, vision artificielle). Renforcer le développement économique des pôles, en adressant des marchés applicatifs plus larges (imagerie médicale, éclairage LEDs et OLEDs, green photonics). Il est nécessaire de favoriser l'émergence d'ETI bien positionnées capables de dynamiser les grands groupes et de tirer les PME vers des marchés mondiaux.

Afin de renforcer le lien entre industrie et milieu académique, il faut favoriser les collaborations entre industriels français et laboratoires. Cela peut être réalisé en associant l'expertise industrielle aux grands programmes de recherche nationaux.

De plus, le soutien à la R&D industrielle sur les technologies où le tissu de PME et d'ETI est particulièrement actif doit être accru. L'innovation dans ce secteur doit, en effet, être soutenue.

La France doit également influencer sur les orientations de la commission européenne en soutenant la participation des entreprises françaises dans les instances de réflexion et les appels à projets.

En outre, dans un contexte mondial, il est important d'accroître la présence française à l'international.

Tous les grands pays industrialisés ont aujourd'hui des programmes en cours concernant la recherche photonique excepté la France et cela devrait être corrigé.

Liens avec d'autres technologies clés

14

15

Maturité (échelle TRL)

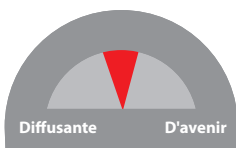
●	Émergence (TRL : 1-4)
●	Développement (TRL : 5-7)
●	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

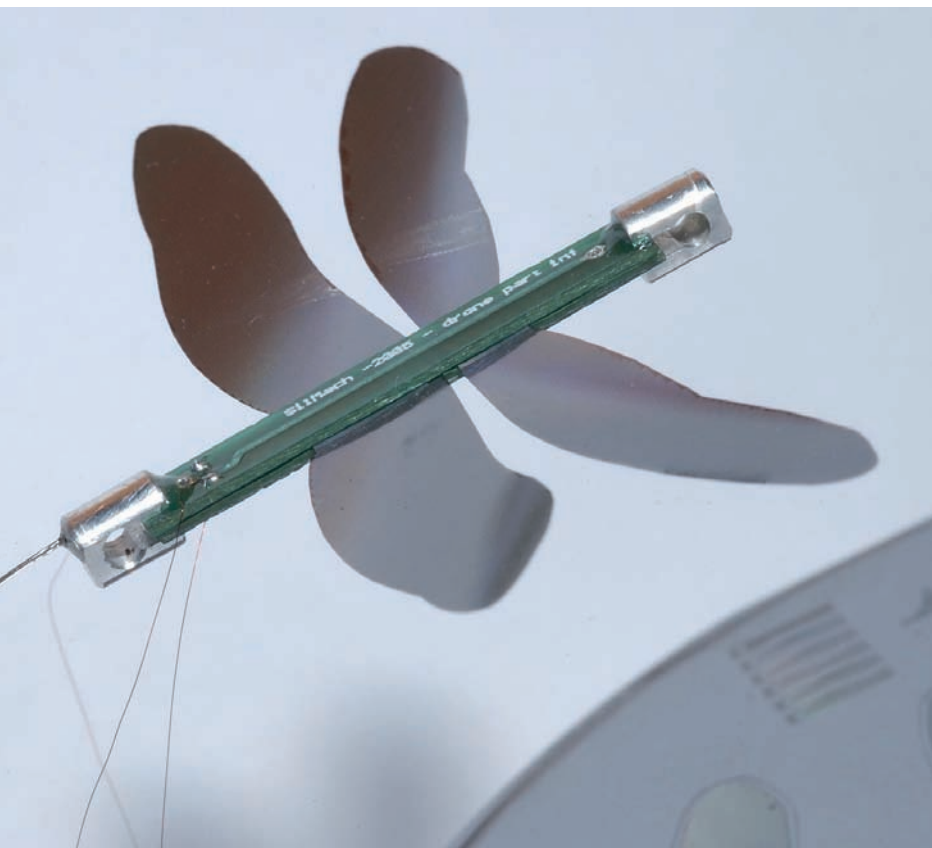
●	Leader ou Co-Leader
●	Dans le peloton
●	En retard

Potentiel d'acteurs en France

●	Faible
●	Moyen
●	Fort



23. Nanoélectronique



Description

A l'approche des limites physiques, les nouveaux développements sont désormais classés en deux catégories : « More Moore » consiste à poursuivre le plus loin possible les progrès technologiques (*next génération CMOS*), « More than Moore » vise à tirer le meilleur parti des technologies existantes, en utilisant de nouveaux concepts architecturaux : *system on a chip* (SoC), *system in package* (SiP). On parle alors notamment d'intégration hétérogène, dont un procédé majeur consiste à empiler des puces identiques (mémoires), mais aussi de différentes natures tels que circuits numériques, circuits analogiques, circuits de puissance, capteurs, composants RF, diodes, etc. en utilisant de courtes interconnexions verticales. En ce qui concerne l'intraconnexion dans le silicium, la principale filière technologique est le TSV (*through-siliconvias*).

De tels développements imposent aux acteurs un effort permanent de R&D qui place l'industrie de la nanoélectronique parmi les industries consacrant le plus important pourcentage de leur chiffre d'affaires en R&D, avec une valeur située entre 18 % et 20 %.

Le mot nanoélectronique est aussi utilisé pour des recherches beaucoup plus avancées, qui concernent notamment

l'électronique moléculaire et l'usage de nanomatériaux (nanotubes de carbone), qui permettraient de passer outre les limites physiques de la technologie.

Les développements technologiques, mais aussi la taille des tranches de silicium, qui atteint maintenant 300 mm (avec des initiatives controversées pour développer des tranches de 450 mm) ont contribué à une croissance considérable du prix des usines de production (une ligne de production peut atteindre 4,5 Md€). Les technologies de production, l'obtention de rendements élevés sont des facteurs clés de succès technologique. Une recherche en cours est le développement des « minifab », permettant de produire à des coûts compétitifs des circuits en moindre volume.

La structure de l'industrie nanoélectronique a subi des modifications majeures. Face aux producteurs intégrés (IDM pour *Integrated Device Manufacturers*) qu'étaient les grands acteurs européens et américains, se sont développées les fonderies asiatiques, centrées sur le développement des techniques de production, mais aussi les sociétés « fabless ». Par ailleurs, l'ampleur des coûts de production et de R&D a amené de nombreux acteurs à développer des stratégies de mutualisation, d'externalisation des coûts et de concentration sur les produits les plus rentables.

Les acteurs des microsystèmes sont souvent les producteurs de semi-conducteurs, mais aussi des développeurs et intégrateurs de systèmes électroniques (Thales, e2v, Martec, Elvia, Eurofarad ou 3D-Plus, *spin off* de Thomson).

Applications

Il est difficile de trouver un équipement professionnel ou grand public n'utilisant pas des circuits intégrés. La baisse considérable des coûts a contribué à cette diffusion (le prix d'une mémoire 1 Mo est passé de 75 000 € en 1973 à 0,03€ en 2005, et devrait passer à 0,01 € en 2017). C'est un marché dont la croissance mondiale n'a pas cessé, et dont les potentialités de croissance sont encore considérables. Elle est caractérisée par des cycles économiques très marqués, liés notamment aux évolutions anticipées des industries clientes. Selon les données du WSTS, le marché mondial des semi-conducteurs va atteindre 291 Md\$ en 2010, contre 226 en 2009 mais 270 en 2008. Les croissances prévues pour 2011 et 2012 sont respectivement de 5,6 % et 4,2 %.

Les industries utilisatrices ont lié des liens forts de coopération et de partenariat dans la R&D, voire dans la production. Ces liens permettent aux producteurs de semi-conducteurs de développer et de produire les produits les plus avancés pour les nouveaux marchés, et aux indus-

Degré de diffusion dans l'absolu

- ☐ Faible diffusion
- ☐ Diffusion croissante
- ☒ Généralisation

Degré de diffusion en France

- ☐ Faible diffusion
- ☐ Diffusion croissante
- ☒ Généralisation

tries utilisatrices de disposer de produits performants et innovants par rapport à la concurrence. De ce fait, l'industrie microélectronique européenne est forte pour les circuits spécifiques visant notamment les domaines de l'automobile, des équipements industriels, des télécommunications ou des cartes à puce. Pour les produits de très grand volume, et notamment les mémoires, on a assisté à une très forte concentration, et une domination du marché par les acteurs asiatiques.

Enjeux et impacts

Un enjeu direct est le maintien d'une activité française, ou au moins européenne dans ce secteur clé. De 2004 à 2010, la part du marché européen dans le marché mondial a baissé de 18 % à 13 %, et la part de la production en Europe a baissé de 12,5 % en 2004 à 9,6 % en 2009.

Les évolutions technologiques permettent non seulement d'introduire de nouvelles fonctions, mais aussi d'abaisser de 40 % le coût d'une fonction chaque année. La baisse permanente des coûts et l'augmentation continue des performances contribue à l'apparition de produits et applications innovants dans tous les secteurs.

Ces technologies permettent la miniaturisation des nombreux objets portables (téléphone mobile, mais aussi passeport électronique ou carte de santé).

La nanoélectronique contribue également aux gains de productivité et de compétitivité de l'ensemble des industries, mais aussi des services et des services publics. La baisse de la consommation énergétique des solutions s'appuyant sur les microsystèmes devrait aussi bénéficier à tous les secteurs.

Garder une présence et une compétence forte en microélectronique, avec une capacité tant de production que d'innovation est considéré comme une condition clé de la compétitivité pour les principaux pays industriels.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D publique** : CEA-Leti, Minattec, LAAS, LTM, IEMN, IEF, LPN, LIRMM, Tima, etc.
- **R&D privée** : STMicroelectronics, ST Ericsson, Soitec, Thales Micro, Altis, FREESCALE, Eurofarad, etc.
- **Pôle de compétitivité** : Minalogic, Catrene, Aeneas (Eniac), cluster Euripides du programme Eurêka, etc.
- **Instituts Carnot**, **Coordination Nationale de la Formation en Microélectronique et en nanotechnologies (GIP CNFM)**, etc.

Position de la France

Présence d'un leader mondial STMicroelectronics, seul industriel européen dans les dix premiers mondiaux. Existence d'un pôle majeur de R&D à Grenoble-Crolles. Présence d'un grand nombre de sociétés spécialisées notamment dans la conception de circuits et systèmes (Catrene a une centaine de membres en France). En ce qui concerne l'activité microsystèmes, la France est le premier acteur du cluster européen qui lui est dédié, Euripides.

Analyse AFOM

Atouts

Présence de STMicroelectronics et d'utilisateurs industriels, acteurs mondiaux dans leur secteur ; niveau important de R&D publique et privée, présence d'une recherche et d'une industrie au niveau mondial.

Faiblesses

Quasi absence en mémoires avec une concentration très forte des producteurs de microprocesseurs et la domination d'Intel.

Opportunités

Systèmes embarqués ; recherche en nanoélectronique avancée.

Menaces

Compétition très forte des acteurs mondiaux ; poids de la R&D et des investissements.

Recommandations

Stimuler la demande pour de nouvelles applications. Soutenir l'effort de R&D face à des besoins forts et croissants, et une concurrence mondiale, même si cet effort vise plusieurs domaines (*More Moore, More than Moore*, interconnexions et microsystèmes). Encourager le développement de la production en France, ainsi que des outils, méthodes, équipements et matériaux nécessaires pour les nouveaux développements.

Liens avec d'autres technologies clés

1	8	13
14	16	20
31	52	65
74	80	82

Maturité (échelle TRL)

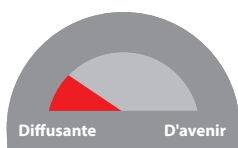
●	Émergence (TRL : 1-4)
●	Développement (TRL : 5-7)
●	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

●	Leader ou Co-Leader
●	Dans le peloton
●	En retard

Potentiel d'acteurs en France

●	Faible
●	Moyen
●	Fort



24. Technologies de numérisation de contenus

Description

La numérisation de contenus est un procédé visant à construire une représentation discrète d'un objet du monde réel (pellicule vidéo, image, audio, caractères d'imprimerie, bâtiments, etc.) sous la forme d'un fichier informatique et donc numérique. Une conversion est ensuite possible dans différents formats numériques. Par ailleurs, le développement de la numérisation fait également appel à d'autres technologies telles que les techniques d'indexation pour classer ces contenus et faciliter leur accès.

La numérisation de contenus fait typiquement intervenir un scanner, des outils de reconnaissance optique de caractères (OCR), des technologies de quantification, d'échantillonnage et de compression, des éléments de stockage, etc. Par ailleurs, la numérisation de contenus bénéficie de nombreuses innovations tel le procédé de numérisation de livres fermés (sans avoir à les ouvrir), de documents imprimés ou manuscrits, reliés ou en liasses, sans avoir à les séparer, au moyen d'un système d'imagerie d'un objet en trois dimensions par ondes térahertz (1 THz = 1012 Hz).

Pour l'heure, la numérisation de contenus est en forte croissance car très jeune (phase de lancement) et concerne potentiellement des milliards d'œuvres artistiques (littéraires, musicales, cinématographiques, voire sculpturales), mais aussi environnementales (zones naturelles, sous-marines, villes numériques) ou autres (doubles numériques de personnalités, etc.). Elle adresse notamment des contenus anciens, de nombreux contenus étant désormais directement créés sous forme numérique, mais adresse également des objets voués à être réalisés sous forme physique. Dans le cas de contenus créés directement sous forme numérique, des conversions peuvent être nécessaires selon le réseau de distribution et/ou le terminal de lecture du contenu.

Les principaux leviers de croissance résident dans :

- l'essor d'Internet et l'explosion de la demande de la part des utilisateurs qui veulent consulter ces œuvres à distance, et à travers le monde ;
- l'accès à l'information plus rapide et parfois moins cher (baisse des coûts de distribution) ;
- la standardisation des supports numériques ;
- la compression avec la possibilité de stocker des centaines de titres musicaux, littéraires, etc. dans un tout petit objet ;
- le niveau de maturité des technologies utilisées (intérêt technique et économique) ;
- la numérisation des réseaux de diffusion (TV et Internet).

Néanmoins, il existe encore de nombreux points de blocage :

- les problèmes liés au respect du droit d'auteur et la question de la monétisation des contenus avec la possibilité de copier à l'infini sans altération du contenu ;
- l'industrialisation due à la fragilité du support (état ou niveau d'usure selon l'œuvre) reste faible avec un impact direct sur les coûts de numérisation ;
- la chaîne automatique de reconstruction 3D est particulièrement complexe ;
- pour certaines œuvres, la version numérisée n'égale jamais la version originale, à cause de l'absence du contexte (les sculptures par exemple).
- le manque de techniques visant à garantir la conformité de la version numérisée par rapport à l'original (notamment pour l'architecture, l'urbanisme) ;
- l'application à grande échelle de la numérisation, dont les coûts sont parfois plus élevés que la valeur du contenu numérisé (contenu de niche).

Applications

Cette technologie est utilisée essentiellement dans les industries suivantes à travers diverses applications :

- l'industrie de la culture, notamment dans le cadre de la numérisation d'œuvres artistiques, ainsi que pour l'accès à distance aux bibliothèques. Cela a un impact direct dans le secteur de l'éducation et la formation ;
- l'urbanisme et le tourisme avec la représentation 3D de monuments et de certains bâtiments. Le projet Terra Numerica, dont Thales est le chef de file, a notamment pour objectif le développement des technologies nécessaires à la production et à l'exploitation visuelle de représentations 3D de territoires urbains de grandes dimensions ;
- l'électronique grand public pour la consommation des contenus numérisés (livres électroniques, baladeurs numériques, ordinateurs, etc.).

Mais elle peut aussi être mise en œuvre dans toutes les industries et administrations disposant de fonds patrimoniaux importants (état civil, etc.).

L'objectif principal de ce type de technologie est de sauvegarder, diffuser et valoriser le patrimoine (notamment national) mais aussi tous les contenus au sens large. Elle permet aussi aux utilisateurs de stocker leurs contenus personnels.

L'intégration de la technologie dans les processus ne se fait pas de façon automatique. Elle requiert une généralisation de lecteurs compatibles (audio, vidéo, fichiers texte, etc.). Par ailleurs, la diffusion de cette technologie nécessite une standardisation qui n'est pas encore géné-

Degré de diffusion dans l'absolu

	Faible diffusion
	Diffusion croissante
	Généralisation

Degré de diffusion en France

	Faible diffusion
	Diffusion croissante
	Généralisation

ralisée sur les œuvres littéraires (Amazon a par exemple un format propriétaire non interopérable). Ceci implique de convertir sous plusieurs formats les contenus numérisés, ce qui ralentit la diffusion de ce type de technologie et l'adoption par le grand public.

Dans le domaine du livre numérique, la numérisation concerne rapidement des volumes impressionnants. Par exemple, Gallica, la bibliothèque numérique de la Bibliothèque nationale de France (BNF), propose déjà plus d'un million de documents en ligne (livres, manuscrits, cartes, images, partitions, etc.). De même, en février 2010, Google Books comptait 12 millions d'ouvrages numérisés. Par ailleurs, en termes de coûts, la BNF estime que la numérisation d'un livre coûte entre 0,12 et 0,74 € par page, suivant la complexité de la page.

Enjeux et impacts

La technologie répond aux enjeux sociétaux suivants :

- accès rapide aux contenus et à l'information, n'importe où dans le monde, permettant une meilleure diffusion de la connaissance, qui joue un rôle majeur dans les pays avancés qui poussent le développement d'une économie de la connaissance ;
- sauvegarde, diffusion et valorisation du patrimoine culturel dans un contexte de croissance forte du volume de contenus disponibles. Les versions numériques sont par ailleurs plus faciles à indexer, ce qui facilite la découverte de l'information et donc les usages.

Un enjeu important est la pérennité des support de données dans le temps.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D publique** : Ina (numérisation d'anciens documents audiovisuels), BNF, Inria, IGN, Armines, ENS Louis Lumière, Ircam, etc.
- **R&D privée** : Thales, Jouve, Diadeis, laboratoires Eclairs, Universciné (plateforme de vidéo à la demande de films indépendants, contribuant à numériser d'anciennes œuvres cinématographiques), etc.
- **Pôle de compétitivité** : Cap Digital, APIE, Polinum (plateforme collaborative de R&D pour la numérisation et la valorisation des fonds patrimoniaux) regroupant i2s, Arkhenom, Exalead, Amanager, le CEA-LIST, LaBRI et Isako, etc.

Position de la France

La France est leader sur cette technologie avec les États-Unis.

Beaucoup d'acteurs français sont présents, en qualité de fournisseurs de technologie (conception, etc.) ou comme clients utilisateurs permettant une bonne diffusion.

Analyse AFOM

Atouts

Plusieurs acteurs impliqués et volontaristes (politiques et culturels) ; conscience nationale vis-à-vis de la préservation du patrimoine culturel.

Faiblesses

Peu d'investissements privés en raison d'un coût très élevé et avec introduction de formats propriétaires ; débat autour des droits d'auteur.

Opportunités

L'État consacre 750 M€ à la numérisation du patrimoine culturel dans le cadre des investissements d'avenir

Menaces

Monétisation des œuvres une fois numérisées assez difficile ; piratage et falsification croissants.

Recommandations

Promouvoir le traçage des contenus via des techniques de tatouage numérique visant à ajouter des informations de droit d'auteur, voire un identifiant unique dans le fichier numérisé, afin de mieux protéger les contenus.

Les systèmes de gestion collective des droits sont devenus d'une très grande complexité. Ils nécessitent des simplifications via de nouvelles solutions techniques facilitant le suivi des usages.

Harmonisation des formats de méta-données pour favoriser le développement d'applications.

Liens avec d'autres technologies clés

17

28

Maturité (échelle TRL)

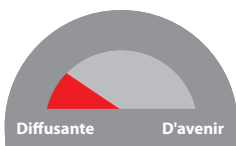
	Émergence (TRL : 1-4)
	Développement (TRL : 5-7)
	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

	Leader ou Co-Leader
	Dans le peloton
	En retard

Potentiel d'acteurs en France

	Faible
	Moyen
	Fort



25. Sécurité holistique

Description

Les systèmes logiciels de sécurité visent à prévenir, détecter et limiter les attaques malveillantes de manière quasiment holistique à l'encontre des systèmes, des contenus, des services et des personnes. Ils se fondent en particulier sur la cryptologie et la sécurité au niveau de la donnée elle-même.

Ces systèmes doivent assurer l'intégrité, la confidentialité, la disponibilité et la traçabilité de la donnée et de ses traitements.

En effet, les SOA, le Cloud, le Web 2.0, etc. impliquent une imbrication de plus en plus forte. Ils rendent désormais nécessaire la mise en place d'une politique de sécurité au niveau de la donnée. Elle se base fortement sur la gestion d'identités, mais aussi sur la sémantique.

Cette approche complète la sécurité « traditionnelle », dite « périmétrique » : anti-virus, pare-feu, UTM, gestion des identités, SSO...

La sécurité doit aussi être déployée sur une multiplicité de terminaux avec des besoins et des failles de sécurité très différentes.

Ces technologies sont en cours de développement et encore peu déployées sauf dans des environnements très spécifiques et critiques, et sous forme de développements spécifiques.

Applications

La sécurité holistique a des applications dans tous les secteurs et à tous les niveaux de l'entreprise. Cependant, certains secteurs sont très demandeurs : finance, administration, services informatiques, fabrication des composants électroniques, militaire, défense, aérospatial...

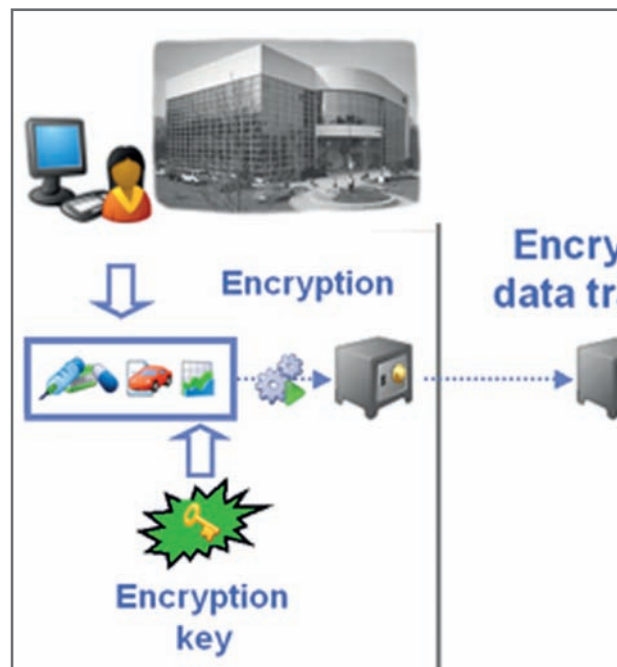
Le *Cloud Computing*, qui est en train de fortement impacter les systèmes d'information ne peut se concevoir sans des niveaux élevés de sécurité globale.

C'est tout aussi critique pour les entreprises qui basent leur modèle sur l'informatique : le commerce électronique bien sûr, mais aussi la banque, l'assurance, les télécoms...

Même des secteurs plus traditionnels comme l'automobile ont des besoins croissants de sécurité que ce soit pour la confidentialité de leur R&D ou pour la sécurisation de leur chaîne logistique.

Enjeux et impacts

Premièrement, la sécurité est un marché dynamique et le marché de la sécurité progresse continuellement malgré la récession économique. Le rachat de McAfee par Intel ou d'ISS par IBM montre tout l'intérêt qu'il y a autour de ce marché où les marges sont très fortes (30 % de marge opérationnelle pour Symantec).



La Sécurité n'est plus vue comme un monde à part mais comme une composante essentielle et intrinsèque de tout système d'information.

Selon PAC, les revenus des éditeurs de solutions de sécurité atteindraient 11,3 M€ en 2010 au niveau mondial avec une croissance supérieure à 10 % en 2010 par an jusqu'en 2015.

Plus généralement, le marché mondial de la sécurité des systèmes d'information était estimé à 43 M€ en 2009 avec une croissance de 11 % par an.

La sécurité holistique est un catalyseur pour les autres technologies informatiques.

Elle est critique pour la confiance dans l'économie numérique et la protection de la vie privée.

L'informatique devenant de plus en plus importante dans l'activité des entreprises et dans la vie privée des Français, la sécurité informatique devient ainsi critique. Elle peut même être la source de défaillances d'entreprises.

La sécurité informatique est critique pour la souveraineté nationale : espionnage industriel et militaire, altération de services clés (énergie, réseaux, finance...), cyber terrorisme, cyber criminalité...

La sécurité est une discipline assez intensive en services associés. Les compétences en sécurité sont souvent très spécifiques ce qui en fait des populations assez à part.

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

- **R&D** : CNRS Renater, Inria (Laboratoire de la haute sécurité Informatique à Nancy), INT-Artémis, Systematic (projets SIC, Mobisic), LRI (Paris 11/CNRS), Laboratoire d'informatique de l'École Polytechnique, LSE (Epita/Groupe Ionis), CEA List, GET/INT
- **Matériels** : Gemalto (via Gemplus), Oberthur, Trusted Logic
- **Industriels** : Thales (Cryptage), EADS (Sodern), Sagem, Alcatel-Lucent, Orange
- **Logiciels** : Arkoon, Netasq, Bull Evidian, Edenwall, Sinovia

Position de la France

La France a précisé sa position en commençant à aligner ses moyens de sécurité autour des recommandations du « Livre blanc de la défense » qui définit les orientations pour se préparer aux attaques informatiques majeures. La France est championne incontestée des cartes à puces.

Parmi les champions pour les systèmes de sécurité critiques et complexes de par sa bonne maîtrise de l'algorithmique, en particulier dans le domaine militaire, la cryptologie et les PKI.

En revanche, la France est peu présente sur les outils les plus matures de sécurité « périmétrique » comme les anti-virus ou les pare-feu. Les champions sont les Américains et les Israéliens.

Plusieurs initiatives publiques ont été lancées comme le soutien aux pôles de compétitivité Images et réseaux, systématique, SCS (Solutions communicantes sécurisées), TES (Transactions électroniques sécurisées)...

Analyse AFOM

Atouts

Cryptologie, laboratoires, technologies militaires, fabricants de cartes à puce, prise de conscience gouvernementale.

Faiblesses

Peu présent dans les marchés de masse et à l'international.

Opportunités

De grands industriels (télécoms, aérospatial et défense) sont impliqués.

Menaces

Arrivée des géants de l'informatique sur ce marché.

Recommandations

- Encourager la recherche fondamentale en algorithmique, qui est la base de la sécurité.
- Mise en place de filières intégrées autour de la sécurité informatique, incluant le matériel, la cryptologie, le logiciel, les services...
- Sensibiliser le grand public et les entreprises au conséquences d'une sécurité informatique négligée.
- Exiger plus de sécurité des systèmes qui sont en dépoint dans le « nuage ».
- Renforcer le pouvoirs de l'ANSSI, le BSI allemand étant un bon exemple.

Liens avec d'autres technologies clés

26

28

29

Maturité (échelle TRL)

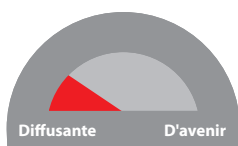
●	Émergence (TRL : 1-4)
●	Développement (TRL : 5-7)
●	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

●	Leader ou Co-Leader
●	Dans le peloton
●	En retard

Potentiel d'acteurs en France

●	Faible
●	Moyen
●	Fort



26. Virtualisation et informatique en nuages

Description

La virtualisation en soi n'est pas une technologie jeune mais la virtualisation sur architecture X86 l'est. La virtualisation est l'étape technique vers le concept de *cloud computing*.

Le « Cloud Computing » ou informatique en nuages, est un concept majeur de l'informatique, celui qui mobilise le plus d'investissements à l'heure actuelle.

C'est un environnement de stockage et d'exécution élastique de ressources informatiques impliquant plusieurs acteurs, connectés par Internet.

Cet environnement délivre un service mesurable, à la demande, à granularité variable et qui implique des niveaux de qualité de services. On passe progressivement pour certaines parties du système d'information à une informatique à la demande, mutualisée et automatisée. Cette optimisation de l'utilisation des machines permet aussi à l'informatique d'être plus verte. La technologie critique est le multi-tenant.

Applications

Il y a trois principaux niveaux d'interactions de l'informatique en nuages :

- IaaS (*Infrastructure as a Service*), qui fournit de la capacité informatique pour le stockage ou pour obtenir plus de puissance de calcul ;
- PaaS (*Platform as a Service*), qui fournit une plateforme d'outils de conception, de développement et de test ;
- SaaS (*Software as a Service*), qui fournit des services applicatifs comme le CRM ou la messagerie.

Il y a aussi trois types d'informatique en nuages :

- Public : capacités mutualisées chez un opérateur tiers (Amazon, Google, Salesforce, OBS, Microsoft...) ;
- Privé : architecture en nuages réalisée en interne (e-Bay) ;
- Hybride : qui mixe public et privé.

Les applications de l'informatique en nuages « publique » concernent potentiellement tous les secteurs, pour leurs applications et infrastructures banalisées : CRM, RH, bureautique, stockage, développement et test. C'est particulièrement prometteur au niveau des PME.

Pour ce qui est de l'architecture en nuage privée, ce sont plutôt les moyennes et grandes entreprises qui vont la mettre en place, pour tous types d'applications. Par la suite, ces entreprises pourront aussi avoir recours aux offres publiques pour des besoins soit très généralistes comme la messagerie, soit pour des besoins très spécifiques comme du calcul intensif ou des besoins ponctuels de puissance informatique.

Les premières entreprises françaises à déployer ces technologies sont les opérateurs télécoms, à la fois pour leurs



besoins internes et pour fournir des applications, avec des tiers, au marché.

Enjeux et impacts

C'est le marché le plus dynamique en France, en Europe et dans le monde : 780 M€ en France, 4 000 M€ en Europe en 2009 et un taux de croissance annuel moyen de 33 % jusqu'en 2015.

L'informatique en nuages va impacter l'ensemble de l'écosystème IT : constructeurs, éditeurs, prestataires de services, opérateurs télécoms...

En mutualisant et automatisant fortement certaines fonctions informatiques pour la plupart banalisées, l'informatique en nuages libère des budgets pour des projets plus porteurs de valeur ajoutée. Par ailleurs, par la flexibilité qu'elle induit, elle donne aussi beaucoup d'agilité au processus métiers des entreprises.

Comme pour le haut débit, l'infrastructure en nuages (le IaaS) devrait être considérée comme une infrastructure essentielle à la compétitivité de la France. En effet, si les entreprises et administrations françaises dépendent de fournisseurs étrangers, cela peut entraîner des problèmes de sécurité et de dépendance. Une plateforme

Degré de diffusion dans l'absolu

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

Degré de diffusion en France

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

ouverte en logiciel libre serait très certainement un atout pour les entreprises françaises.

De plus, une telle infrastructure pourrait aussi résoudre la problématique du sous-équipement chronique des PME françaises en informatique.

L'informatique en nuages étant en partie une industrie lourde, nécessitant de lourds investissements en centres de données, elle va avoir besoin de mesures de soutien. Cette nouvelle architecture va permettre aux éditeurs logiciels d'étendre leur potentiel en se libérant des contraintes physiques, mais il va leur falloir redévelopper leurs logiciels et digérer le changement de mode de facturation (des problèmes de trésorerie sont à prévoir).

L'informatique en nuages est aussi la base des réseaux sociaux et des jeux sur Internet, deux segments très prometteurs.

Au niveau du service, la technologie est assez riche en services d'intégration de haut niveau, mais en automatisant des tâches simples, elle supprime aussi certaines activités riches en services.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D** : laboratoire MAS de Centrale Paris, Inria, CNRS, Irla, LRI, École normale supérieure de Lyon, Linria...
- **Logiciel libre** : projet OSCI d'OW2 en cours de déploiement chez France Télécom. C'est une plateforme logicielle complète libre
- **Opérateurs télécoms** : OBS, SFR
- **Éditeurs** : Dassault Systems, Cegid, Esker, Oodrive...
- **Spécialistes** : Systancia, CommomIT, Taleo, RunMyProcess, Faascape...
- **SSII** : Capgemini, Atos Origin, Linkbynet, ASPway...
- **Industriels** : Thales, Priceminister.com, Bull, Société Générale, La Poste...

Position de la France

Sur le segment SaaS, la France a quelques acteurs spécialisés et des éditeurs traditionnels qui commencent à se positionner. Sur les autres segments de l'informatique en nuages, on retrouve les opérateurs télécoms. Les opérateurs télécoms européens devraient structurer une bonne partie du marché « Nuage » en Europe. Mais le marché est encore largement dominé par les américains tant au niveau de la technologie (VMware) que de la prestation de services : Amazon, Google Salesforce, Microsoft...

La France est une zone attractive pour installer un centre d'informatique en nuages : sa position géostratégique, son important marché accessible, la réglementation de la CNIL, de l'énergie peu chère, de bons réseaux télécoms...

La France héberge le projet en logiciel libre le plus abouti : OSCI d'OW2.

Vue à juste raison comme un segment crucial pour la souveraineté de la France, l'informatique en nuages fait l'objet de toutes les attentions. Le gouvernement français prévoit aussi d'allouer 780 M€ du « grand emprunt » pour le développement de l'informatique en nuage. Un appel à contribution pour Andromède a été lancé ; il s'agit de la principale plateforme nationale en nuages pour un budget estimé à 500 M€.

Analyse AFOM

Atouts

Pays le plus « intensif en logiciel libre », importante industrie des télécoms et du service informatique.

Faiblesses

Un marché comparativement petit pour une industrie basée sur les volumes, pas d'acteurs d'envergure mondiale.

Opportunités

Une plateforme en logiciel libre, des aides publiques pour l'infrastructure en nuages.

Menaces

Lock-in d'acteurs nord-américains sur leurs technologies, asphyxie des acteurs français.

Recommandations

Il faut considérer la partie infrastructure du *Cloud Computing*, l'IaaS (capacité de calcul et de stockage) comme une infrastructure critique, un enjeu de compétitivité et de souveraineté nationale à l'instar du haut débit.

Les administrations ne doivent pas dépendre de plateformes en nuages « étrangères », il faut donc une plateforme française de IaaS.

La régulation sur l'expatriation des données et sur la sécurité des plateformes devrait être renforcée.

Un canevas de développement (PaaS) *a minima*, doit être accessible aux entreprises françaises, afin d'éviter tout « emprisonnement » de leurs développements sur des plateformes non standardisées.

Liens avec d'autres technologies clés

15

20

25

28

29

Maturité (échelle TRL)

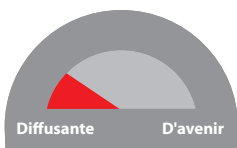
	Émergence (TRL : 1-4)
	Développement (TRL : 5-7)
	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

	Leader ou Co-Leader
	Dans le peloton
	En retard

Potentiel d'acteurs en France

	Faible
	Moyen
	Fort



27. Logiciel embarqué et processeurs associés

Description

Un logiciel embarqué est un logiciel permettant de faire fonctionner une machine équipée d'un ou plusieurs microprocesseurs, censés réaliser une tâche spécifique avec une intervention humaine limitée.

Les systèmes embarqués sont des systèmes combinant logiciel et matériel, fonctionnant de manière autonome mais pas isolée et délivrant des fonctions élaborées. Ces systèmes sont soumis à des règles de sûreté assez diverses mais généralement fortes.

L'enjeu des prochaines années sera d'effectuer la transition vers des microprocesseurs tenant compte des problèmes quantiques.

Ces dernières années ont été témoins de la diffusion des processeurs multi-cœurs. Leur utilisation s'étend aux *devices mobiles* (exemple netbooks), tirés par le développement des applications multimédias. Les processeurs multi-cœurs montent en complexité et, après des produits à architecture symétrique (cœurs identiques), commencent à apparaître les processeurs à architecture asymétrique (cœurs différents).

Au niveau logiciel, les applications existantes doivent être révisées afin d'exploiter la puissance de plusieurs processeurs. Le marché évolue également vers les systèmes intégrés (SoC : système complet sur puce avec un ou plusieurs microprocesseurs (MPSoC), de la mémoire, etc.) et vers les systèmes programmables (FPGA : reprogrammable après fabrication) et des systèmes spécifiques (ASIC, ASSP). Les nanotechnologies trouvent également ici toutes leurs applications (nanocomposant, miniaturisation).

Du microprocesseur au SoC, les problématiques restent la réduction de la taille des composants, l'amélioration des performances, la dissipation de la chaleur, la basse consommation, la réduction des courants de fuite, l'usage de nouveaux matériaux, etc. Ce segment englobe aussi les problématiques de conception des SoC complexes de conception intégrant les aspects matériels et logiciels. L'intégration de ces processeurs avec des logiciels embarqués est de plus en plus courante et reste une force de l'industrie française.

Cette capacité d'intégration est critique et exige par ailleurs des compétences de modélisation et d'architecture de systèmes très poussées, et nécessite donc beaucoup de services associés. Tout le cycle de vie du développement et de l'intégration du module embarqué est primordial, en particulier les tests qui permettent la certification selon les standards nationaux ou industriels.

Applications

De nombreux secteurs, parmi les plus importants en France sont friands de ces technologies : high-tech, médical, automobile, aéronautique, spatial, défense, domotique...

Pour des raisons de performance et de coûts, les processeurs embarquent de plus en plus de logiciels. C'est évidemment le cas dans les systèmes embarqués comme l'avionique mais c'est aussi de plus en plus le cas dans des architectures d'informatique de gestion.

Ainsi, dans un an, les puces Intel vont embarquer les outils de sécurité de McAfee, pour faire face aux contraintes de l'informatique en nuages.

Degré de diffusion dans l'absolu

- ☐ Faible diffusion
- ☒ Diffusion croissante
- ☐ Généralisation

Degré de diffusion en France

- ☐ Faible diffusion
- ☒ Diffusion croissante
- ☐ Généralisation



Les SoC et microcontrôleurs se retrouvent à tous les niveaux, industrie comme produits finis de grandes consommations, et ils viennent apporter de la puissance et de l'agilité aux couches applicatives. Les problématiques soulevées par ces équipements rejoignent celles de l'embarqué : performances, coûts, taille...

Enjeux et impacts

La France compte 220 000 emplois dans les systèmes et logiciels embarqués. L'embarqué représente 15 % du marché du logiciel et des services, soit près de 5 500 M€ en France en 2009.

Les systèmes embarqués trouvent leur place dans de nombreux véhicules, outils nomades, et dans les domaines de haute technologie : spatial, défense, nucléaire, militaire, vidéosurveillance... Ce sont des domaines d'excellence de l'industrie française.

Certaines de ces applications sont très porteuses : intelligence artificielle, objets communicants, transports intelligents, *progressive manufacturing*, robotique...

Enjeux de recherche technologique :

- les architectures multi-cœurs homogènes et hétérogènes ;
- la programmation des architectures massivement parallèles ;
- l'intégration de composants nano dans les systèmes ;
- les *Operating Systems* temps réel critiques ;
- la sûreté de fonctionnement des systèmes embarqués ;
- la fiabilité et la robustesse des systèmes dans leur environnement.

Les logiciels embarqués sont riches en services associés, car ce sont des systèmes généralement assez spécifiques.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D** : Systematic, Aerospace Valley, Inria, CEA/List, CNRS-INPG-Verimag
- Altran, Alten, Esterel Technologies, Geensys, Capgemini/Sogeti, Assystem, Akka Technologies, Thales, EADS, Dassault Aviation, ST Microelectronics, Anix
- **Alcatel, Altera, Achronix, Atmel, BlueSilicon, Cypress, Latti**
- **Acteurs des microprocesseurs** : Actel, Altera, Achronix, Atmel, BlueSilicon, Cypress, Lattice Semiconductor, Nallatech, QuickLogic, SiliconBlue, Tabula, M2000, Tier Logic, Xilinx

Position de la France

La France est un des champions au niveau mondial avec les États-Unis (industrie militaire), l'Allemagne et le Japon (robotique).

Il y a une très forte utilisation dans les secteurs les plus importants de l'économie française : aéronautique, défense, automobile, télécoms.

Par contre, la France maîtrise peu les composants et les processeurs qui sont au cœur de ses systèmes.

Analyse AFOM

Atouts

Nombreuses compétences, forte expertise, de solides industriels, performances à l'exportation.

Maîtrise de certaines briques technologiques comme les processeurs standardisés.

Faiblesses

Pas assez d'ouverture internationale de certains donneurs d'ordre.

Opportunités

Mobilité, objets communicants, robotique, *progressive manufacturing*, sécurité globale, meilleure participation aux standards internationaux.

Menaces

Déploiement de plus en plus important de technologies machines standardisées, difficulté de la certification de microsystèmes réalisés chez des fondeurs étrangers.

Recommandations

Aider les spécialistes français du service à surmonter la crise qui a lourdement affecté leurs marchés.

Considérer les prestations de services comme partie intégrante du processus industriel.

Renforcer les filières de formation, les industriels prévoyant une pénurie de compétences à moyen terme.

Développer encore plus les partenariats public-privé à l'instar de certains pôles de compétitivité.

Liens avec d'autres technologies clés

1

13

19

21

23

Maturité (échelle TRL)

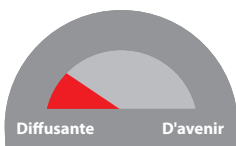
●	Émergence (TRL : 1-4)
●	Développement (TRL : 5-7)
●	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

●	Leader ou Co-Leader
●	Dans le peloton
●	En retard

Potentiel d'acteurs en France

●	Faible
●	Moyen
●	Fort



28. Valorisation et intelligence des données



Description

On regroupe sous cette dénomination la gestion et l'exploitation des données structurées et non structurées. Cela inclut les sous-segments suivant : les bases de données, les outils de *Business Intelligence* et les ETL, PIM et EII, le MDM et les outils ECM, BI, sémantique et moteurs de règles métiers. Indépendamment de leurs tailles ou de leurs secteurs, les sociétés considèrent à une quasi-unanimité, que leurs informations (données structurées et non structurées) sont un actif stratégique. Les éléments les plus souvent déployés sont les solutions d'intégration de données et de *Business Intelligence*. On trouve ensuite la qualité des données, et enfin, la gouvernance des données.

Parmi les premiers bénéfices attendus d'une gestion unifiée des informations, le référentiel unique se détache nettement. En effet, ce référentiel est très important pour améliorer l'efficacité de l'organisation et respecter les différentes réglementations nationales et sectorielles.

Les principales problématiques liées à la gestion unifiée des informations sont surtout de deux ordres : coûts et organisation. Les avantages métiers qu'apporte une gestion unifiée des informations sont avant tout l'amélioration et l'optimisation de la production, la gestion globale de la connaissance au sein de l'entreprise, la meilleure gestion financière de l'entreprise et des meilleures capacités en marketing et en ventes de l'entreprise.

Applications

Tous les secteurs sont susceptibles d'implémenter des solutions de valorisation et d'intelligence des données. Les secteurs les plus friands sont les secteurs qui utilisent un grand nombre de données : les télécoms, la finance, la distribution, mais aussi la défense nationale...

Il y a trois étapes :

- l'utilisation de tous les types de données présentes dans l'entreprise ;
- l'utilisation des données externes à l'entreprise comme celles qui sont sur les réseaux sociaux ;
- la corrélation et l'analyse de ces données en vue de trouver des moyen d'action.

Ce sont ces technologies (moteur de web sémantique, moteur ontologique, moteur de règles) qui ont permis de réaliser le référentiel unique des données de l'A 380 d'Airbus.

Le moteur de recherche est en train de devenir l'outil décisionnel et de gestion de la connaissance des architectures Internet. Ainsi toutes les caisses du Crédit Agricole sont en train de basculer vers une architecture de poste client qui sera basée sur le moteur de recherche Sinequa.

À l'heure actuelle, les applications les plus en vue sont l'analyse prédictive (du comportement, de l'efficacité d'une chaîne logistique...), la sémantique, la CAO, le PLM et le marketing sur Internet.

Quelques éléments de cadrage :

- plus de 130 milliards de requêtes sont effectuées tous les mois sur Internet d'après comScore. En décembre 2009, plus de 22,7 milliards de requêtes ont été effectuées aux États-Unis, tandis qu'en France, près de 5,5 milliards de requêtes ont été effectuées ;
- en janvier 2010, Google détenait 89,2 % de part de marché en France selon AT Internet Institute. Aux États-Unis, la part de marché de Google s'élevait à 65,4 % en février 2010 selon comScore ;
- IBM y a investi 10 milliards USD, en R&D et en acquisitions : Cognos, SPSS, FileNet...
- Baidu, en Chine, a supplanté Google entre 2005 et 2010.

Degré de diffusion dans l'absolu

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

Degré de diffusion en France

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

Enjeux et impacts

La donnée est la matière première de l'informatique. On s'est rendu compte, après avoir successivement optimisé la plupart des couches des systèmes d'information, que la prochaine « frontière » était la donnée. De plus, on a réalisé qu'on n'utilisait qu'une partie du potentiel des données auxquelles on avait accès.

Le principal enjeu de ces technologies, c'est l'optimisation de l'actif informationnel dans l'entreprise et au dehors, la clé de la société du savoir.

Cela se révèle particulièrement important dans un environnement où les départs à la retraite se multiplient et où se posent les problèmes de conservation du savoir et des connaissances.

Il s'agit d'un segment critique qui impacte toutes les autres technologies clés de l'informatique: SOA, Nuage, portails, collaboration, objets communicants....

Ce segment est aussi fortement lié à la sécurité, voire à l'intelligence artificielle et aux systèmes de systèmes.

Un des segments les plus en vogue est celui des bases de données réparties, notamment celles qui sont utilisées par les plateformes de web social et l'informatique en nuages : Hadoop/Cloudera (Apache), Cassandra (Apache), Terrastore... La plupart de ces solutions sont en logiciel libre.

Avec les bases de données SQL en logiciel libre, elles pourraient éventuellement ébranler l'oligopole américain sur les bases de données (Oracle, IBM, Microsoft).

Le foisonnement de jeunes pousses montre bien le dynamisme de ce segment en France.

C'est un marché très intensif en services, car ce sont des disciplines complexes, très proches des métiers et à très forte valeur ajoutée.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D** : Inria, INT-Artemis, CNRS (LE2I et Toulouse Mirai), LLE (Bordeaux 3), Projet Quaero, IASI du LRI, Capdigital, Imaginove, Systematic, Paris 8 (Paragraphe), CEA List, Insa Rouen, INST, Labri, Limsi...
- **Industriels** : Dassault Systems (Exalead & blue Kiwi), Capgemini, Atos Origin, Stéria, Sopra, GFI, Devoteam, B&D...
- **Neteco**, Talend, Sinequa, Mondeca, Nuxeo, Exoplatform, Temis, Ever Team, Vinci Consulting, Jalios, Orchestra networks, Pertimm, Yacast, Safig etc...

Position de la France

La France est mal positionnée sur ce domaine avec beaucoup d'acteurs mais de taille trop petite et souvent cantonnés au marché national. Les principaux acteurs sont : IBM, EMC, Oracle, SAP, etc. Les centres de recherche de BO subsistent en France.

La France a cependant d'excellentes capacités en sémantique, dans les moteurs de recherches et dans les moteurs de règles. Ces capacités en logiciel libre permettent l'accès à de nombreux projets innovants.

Certaines des jeunes pousses les plus en vue dans le domaine (Talend, Exoplatform...) sont des sociétés françaises issues du logiciel libre.

Plusieurs initiatives ont été prises :

- soutien des pôles Cap Digital et Imaginove ;
- projet Infom@gic ;
- appel à projets « services numériques culturels innovants » ;
- programme Quaero.

Analyse AFOM

Atouts

Sémantique, R&D, moteurs de recherches, moteurs de règles logiciel libre.

Faiblesses

Taille des acteurs nationaux et un marché de la base de données qui est devenu oligopolistique.

Opportunités

Logiciel libre, bases non SQL.

Menaces

Les bases de données sont de plus en plus incluses dans des « packages » de solution. Les acteurs sur ce marché sont de plus en plus importants.

Recommandations

Renforcer la recherche sur ce domaine et les passerelles vers les entreprises privées.

Aider les nombreuses PME du segment à passer à la vitesse supérieure, à s'internationaliser plus (aides directes, accord avec des Épic, participations du FSI...)

Renforcer la législation sur la sécurité des données.

Liens avec d'autres technologies clés

24

25

28

Maturité (échelle TRL)

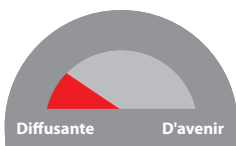
	Émergence (TRL : 1-4)
	Développement (TRL : 5-7)
	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

	Leader ou Co-Leader
	Dans le peloton
	En retard

Potentiel d'acteurs en France

	Faible
	Moyen
	Fort



29. Portail, collaboration et communications unifiées

Description

Portail, collaboration et communications unifiées sont des solutions qui permettent aux employés, aux partenaires et aux fournisseurs d'interagir et d'échanger entre eux, d'optimiser et de conserver leur savoir ; et cela tout en réduisant de manière significative la mise sur le marché, la complexité opérationnelle et, de manière générale, les coûts.

Le segment des portails et des outils de collaboration comprennent les navigateurs, la sémantique, la gestion de documents, les logiciels de *groupware*, les plateformes d'échanges et de collaboration, *workflow*, intranet et extranet, les portails, les moteurs de recherche et les plateformes Internet riches.

Les communications unifiées incluent des services de téléphonie IP (gestion des appels), la messagerie instantanée, la vidéoconférence, la gestion des calendriers, la gestion de la présence, *email*, *fax*, *voicemail*, la téléprésence, ainsi que des applications de communications sur mesure.

Le développement des communications IP (intégrant la voix et la data) a permis de proposer des services convergents. Les solutions avancées de communications unifiées, telles que la VoIP ou la messagerie unifiée, permettent aux PME de rester compétitives et réactives face aux grandes sociétés tout en améliorant leur image professionnelle.

Ces technologies permettent de relier l'informatique à ses utilisateurs, mais surtout d'optimiser cette relation. C'est le pendant logiciel de l'IHM.

Ce segment est très dynamique car le partage de l'information et la gestion des connaissances deviennent cruciaux au sein des sociétés privées.

Applications

Tous les secteurs sont susceptibles d'implémenter des solutions de collaboration, de portail et de communications unifiées.

Le marché se segmente en deux parties : les solutions à forte valeur ajoutée et les solutions banalisées.

Les principales applications à forte valeur ajoutée sont :

- la relation avec les clients, que ce soit dans les centres d'appels ou en agence, où l'acteur doit avoir à sa disposition le maximum d'informations de la manière la plus économique possible ;
- ingénierie et R&D, un des secteurs les plus demandeurs de ces outils de productivité, en particulier à l'heure actuelle où l'innovation est de plus en plus collaborative ;
- la finance de marché.

Les applications banalisées vont, quant à elles, se répan-

dre sur l'ensemble du marché où elles vont remplacer, compléter et unifier les anciennes approches.

À moyen terme, l'accès à l'informatique se fera dans sa majorité à partir de portails collaboratifs, en particulier avec l'avènement de l'informatique en nuages. On peut ainsi faire abstraction du matériel, du poste client et bénéficier d'une intégration légère mais performante de son informatique.

Enjeux et impacts

Le marché est évalué à près de 2,4 milliards de dollars pour 2010, avec un fort potentiel de croissance au niveau mondial (CAGR 2009-2011 : + 23,7 %).

C'est un segment stratégique pour la plupart des acteurs de l'informatique car c'est celui où ils sont en contact direct avec les utilisateurs.

Ce marché est fortement lié à l'IHM, aux objets communicants, à l'informatique en nuages, à la sécurité et à la valorisation et l'intelligence des données.

Le segment restera très dynamique car le partage de l'information et la gestion des connaissances sont cruciaux au sein de nos sociétés. C'est particulièrement le cas pour des pays vieillissants à fort contenu intellectuel comme la France.

La partie à forte valeur ajoutée est cruciale pour la hausse de la productivité et de l'efficacité au sein des sociétés concernées même si l'impact organisationnel n'est pas à négliger. Cela va aussi permettre de faire face à la pénurie de certaines compétences, pénurie imputable en partie aux changements démographiques qui commencent à affecter la France.

Cela est d'autant plus vrai pour des entreprises ayant une activité internationale, une forte R&D et qui doivent maintenir une force de travail mobile.

Du fait de sa position quasi monopolistique sur les PC, c'est un marché dominé par Microsoft, mais essentiellement sur les approches traditionnelles et à faible valeur ajoutée du poste de travail. À noter que le PC va être bien moins hégémonique dans un futur proche, perdant des parts de marché face aux nouveaux outils mobiles comme les tablettes et les téléphones intelligents. Ces terminaux sont plus friands d'accès de type portails collaboratifs que les PC.

Le SaaS a également un impact non négligeable sur ce secteur avec des acteurs comme Google qui cherchent à grandir sur ce segment, offrant des suites collaboratives à bas prix. Microsoft connaît par ailleurs un très fort succès en France avec ses offres de messagerie et de bureautique en SaaS.

Le logiciel libre a lui aussi banalisé l'accès à ces logiciels, d'autant plus que les outils pour internet et le Nuage sont

Degré de diffusion dans l'absolu



Faible diffusion



Diffusion croissante



Généralisation

Degré de diffusion en France



Faible diffusion



Diffusion croissante



Généralisation



Position de la France

On retrouve sur le segment des éditeurs (Microsoft, Teleware, Adobe, Citrix, SAP, Oracle), des vendeurs de matériels (Alcatel-Lucent, Avaya, Cisco, Nortel, Siemens etc.) et des opérateurs télécoms (BT, Verizon, OBS, Commcast etc.). En France, Orange et Alcatel-Lucent font partie du peloton de tête, avec une année 2009 difficile pour Alcatel-Lucent.

Les leaders sur ce marché sont américains avec IBM, Microsoft et Google. La France est compétitive sur des sous-segments tels que les moteurs de recherche.

Il existe peu de projets de ce type dans la recherche publique.

La France, pour rester dans la course, devra miser en bonne partie sur le logiciel libre.

Liens avec d'autres technologies clés

25

26

28

Analyse AFOM

Atouts

Pays le plus intensif en logiciel libre, industrie des télécoms.

Faiblesses

Pas d'acteurs logiciels de poids, faible implication de la recherche publique.

Opportunités

Marché des terminaux mobiles, plateformes en logiciel libre, informatique dans les nuages.

Menaces

Puissance et présence des grands acteurs américains du marché, non standardisation du poste client.

très souvent bâtis avec des technologies libres. De plus en plus d'entreprises font le choix de ces technologies. En conséquence, sur la partie banalisée du marché, la compétition s'est renforcée et les prix sont en baisse. Cela permet d'allouer les budgets à des fonctions plus créatrices de valeur. C'est un marché reposant assez fortement sur le service informatique.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **Industriels** : Systematic, CapDigital, Alcatel-Lucent, Orange Business Services, Dassault Systèmes (Exalead, Blue Kiwi), Sinequa, Nuxeo, Exoplatform, Ever Team, Jalios, Vdoc etc...
- Capgemini, Atos Origin, Sopra Group, Stéria, SQLI, etc.

Recommandations

Aider les communautés libres qui créent de la valeur en France.

Développer les formations : logiciel libre, couplage téléphonie informatique.

Renforcer la législation sur les standards ouverts, la localisation et la sécurité des données.

Renforcer l'implication de la recherche publique sur ces technologies qui sont plus des technologies de développement que de recherche pure.

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

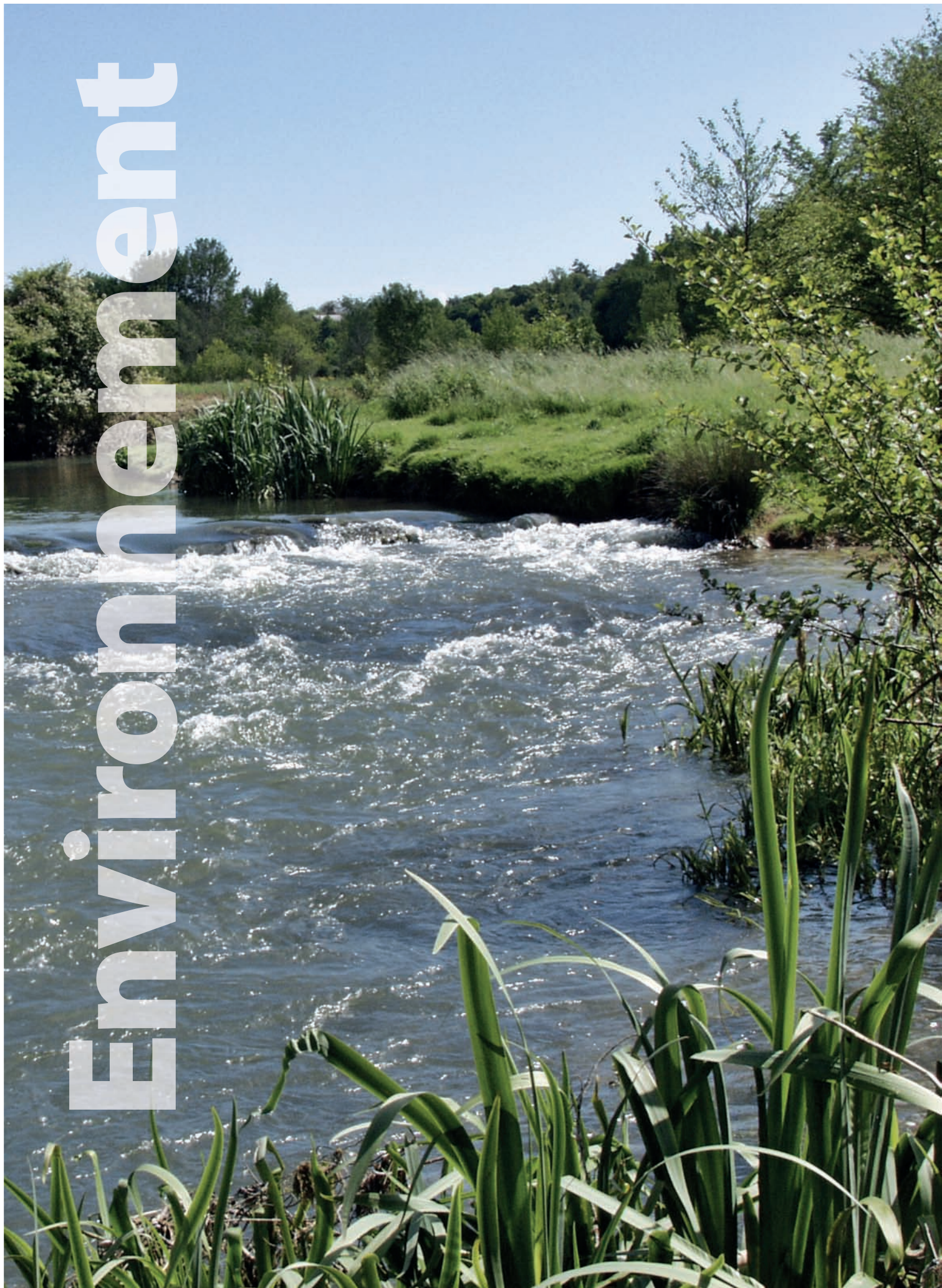
●	Faible
●	Moyen
●	Fort



BIBLIOGRAPHIE

- Premières assises françaises du logiciel embarqué : *Cartographie du secteur des fournisseurs de logiciels et services dans le domaine des systèmes embarqués*, 2007. www.telecom.gouv.fr
- Enterprise 2.0 Conference : *Enterprise 2.0: What, Why and How*, 2009. www.e2conf.com
- OPIEC : *Étude sur le marché et les compétences autour des logiciels embarqués*, 2008. www.fafiec.fr
- OCDE : *OECD 2009 - Innovation in the software sector*, 2009. www.oecd.org
- DGA : *Plan stratégique de recherche et technologie de défense et de sécurité*, 2009. www.ixarm.com
- JRC-IPTS : *The Impact of Social Computing on the EU Information Society and Economy*, 2009. <http://ipts.jrc.ec.europa.eu>
- CE RFID : *A Roadmap for RFID, Applications and Technologies*, 2008. www.rfid-in-action.eu
- Celtic : *The Celtic Purple Book*, 2010. www.celtic-initiative.org
- Cultural Human Resources Council : *Digital Media Content Creation - Technology Roadmap*, 2009. www.culturalhrc.ca
- DGA : *Plan stratégique de recherche et technologie de défense et de sécurité*, 2009
- European Internet Foundation : *The Digital World in 2025 - Indicators for European Action*, 2009. www.eifonline.org
- EIFFEL think tank : *EIFFEL Report - Future Internet*, 2009. www.future-internet.eu
- EITO : *European Information Technology Observatory*, 2010. www.eito.org
- European Commission : *Future Networks & Services*, 2008. <http://cordis.europa.eu>
- European Commission: *The Future of Software and Software Based Services*, 2010. <http://cordis.europa.eu>
- European Commission: *White Paper on Cloud Computing*, 2010. <http://cordis.europa.eu>
- European Commission : *Future Internet 2020*, 2009. www.future-internet.eu
- Pew Research Center : *The Future of the Internet*, 2010. www.pewinternet.org
- Fing, Isoc France et Silicon Sentier : *Internet du futur : vers un « cahier des charges »*, 2009. <http://internetdufutur.wordpress.com/>
- IBM : *CEO Study*, 2010. www.ibm.com/services/us/ceo/ceostudy2010/
- IBM : *CIO Study*, 2010. www.ibm.com/services/us/cio/ciostudy/
- Inria : *Plan stratégique 2008-2012*, 2008
- ITEA 2 : *ITEA Roadmap for Software-Intensive Systems and Services*, 2009. www.itea2.org
- ITU : *The Future Internet*, 2009. www.itu.int
- European Commission : *Networked Media Current Research, Results and Future Trends*, 2009. <http://cordis.europa.eu>
- European Commission : *Research on Future Media Internet*, 2009. <http://cordis.europa.eu>
- Deloitte : *Telecoms predictions 2010*, 2010. www.deloitte.com
- Media Delivery Platforms Cluster : *Multimedia Delivery in the Future Internet*, 2008. <http://cordis.europa.eu>
- Deloitte : *Telecommunications Predictions - TMT Trends 2009*, 2009. www.deloitte.com
- Deloitte : *Technology Predictions - TMT Trends 2009*, 2009. www.deloitte.com
- Deloitte : *Media Predictions - TMT Trends 2009*, 2009. www.deloitte.com
- JRC-IPTS : *The 2010 report on R&D in ICT in the European Union*, 2010. <http://ipts.jrc.ec.europa.eu>
- Europeana Group : *Highlights of Europeana v1.0*, 2010. <http://version1.europeana.eu>
- IDATE, *DigiWorld Yearbook 2010*, IDATE, 2010.
- PAC, *CIO Board*, 2010
- PAC, *SITS 2010*. www.sitsi.com
- Poujol M., *Open Source state of the art*, PAC, 2008. www.pac-online.com
- Ménard E., *L'entreprise étendue, évolution et enjeux métiers*, PAC
- Poujol M., *Le Cloud Computing en France*, PAC 2010.
- Ropert S., *M2M - The Machine-to-Machine Markets, 2009-2013*, IDATE, 2009.
- Bonneau V., *RFID & Internet of Things*, IDATE, 2009.
- Michaud L., *Le marché mondial des jeux vidéo*, IDATE, 2009.
- Sauquet T., *Web 3D, du monde virtuel au web immersif*, IDATE, 2009.
- Michaud L., *Serious game*, IDATE, 2010.
- Montagne R., *FTTx : Stratégies des opérateurs leaders*, IDATE, 2010.
- Montagne R., *FTTx Watch Service*, IDATE, 2010.
- Pujol F., *LTE Watch Service*, IDATE, 2010.
- Pujol F., *Is LTE taking-off? Business models and roadmaps 2010*, IDATE, 2010.
- Carbonne P., *The Future of Mobile Communications*, IDATE, 2009.

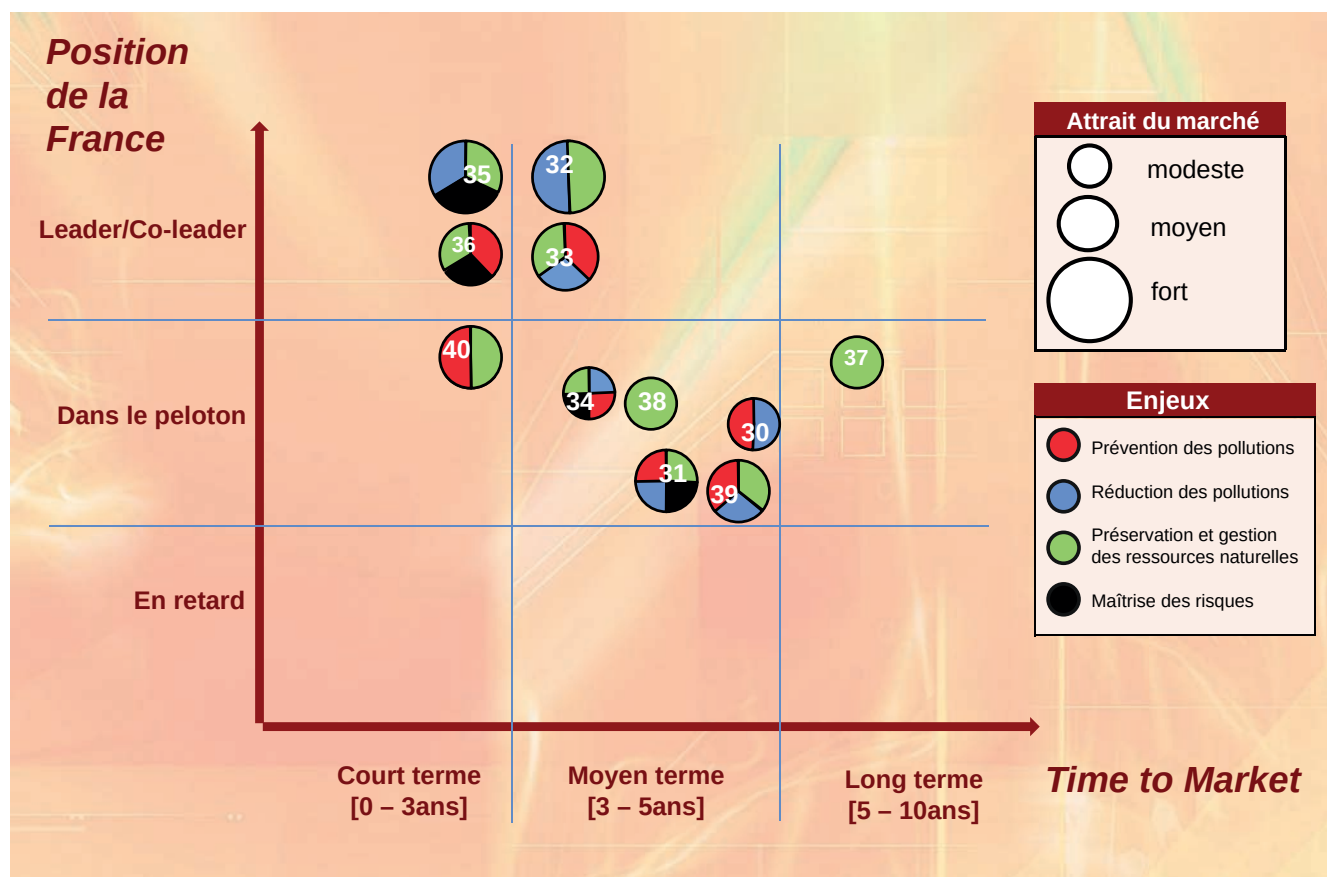
Environnement



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

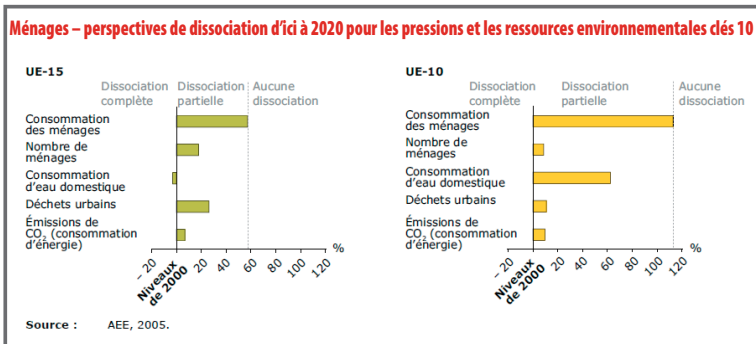
- 36. Technologies pour la gestion des ressources en eau
- 37. Technologies pour le recyclage des matériaux rares et leur valorisation
- 38. Technologies de tri automatique des déchets
- 39. Valorisation matière des déchets organiques
- 40. Éco-conception



Contexte et enjeux

Vitesse et ampleur du développement économique, évolution démographique sont autant de menaces sur les écosystèmes et l'intégrité de leurs services écologiques. Il est communément admis aujourd'hui l'existence d'une limite physique à la poursuite de la croissance économique basée sur l'utilisation des ressources.

Nos modes de vie à dominante urbaine, la démographie sont autant de facteurs qui à l'échelle européenne pèsent sur l'environnement de manière toujours plus intense : réchauffement climatique, pollution de l'air, pollution de l'eau, perte de la biodiversité, prélèvement des ressources naturelles... Ainsi, par exemple, l'EEA ne prévoit pas, à l'horizon 2020 de dissociation entre la consommation des ménages et son impact sur les ressources environnementales.



Dès lors, l'accès à la ressource et à son exploitation sur le long terme sont des enjeux majeurs : cela concerne autant l'eau que les ressources minérales, ainsi que l'impact de leur utilisation sur l'environnement (émission de polluants, production de déchets) et sur la population.

Sous l'impulsion donnée par la réglementation, qui joue un rôle moteur dans ce domaine, des progrès ont déjà été faits ces dernières années : diminution sensible des émissions de substances appauvrissant la couche d'ozone, réduction des émissions atmosphériques entraînant l'acidification et la pollution atmosphérique, accroissement du traitement des eaux usées urbaines et du recyclage de nos déchets...

Toutefois, la situation reste complexe et beaucoup de défis restent à relever pour faire face à d'autres pressions environnementales qui demeurent importantes : production de déchets restant élevée, émissions de GES, effets négatifs de la qualité de l'air sur la santé humaine, décharges de nutriments par les populations rurales et l'agriculture comme source de pollution de l'eau...

Eau

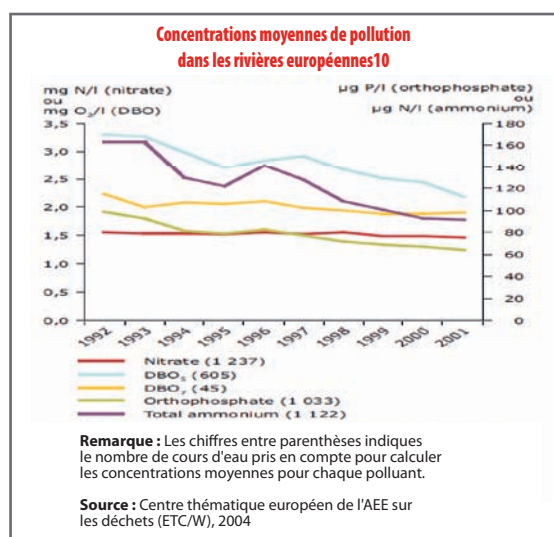
Les enjeux liés à la gestion de la ressource en eau sont de deux types, qualitatifs d'une part, quantitatifs d'autre part.

Globalement la qualité de l'eau en France et en Europe enregistre une amélioration, notamment sous l'impulsion des différentes directives qui ont été instaurées au cours des dernières années.

Récapitulatif des directives européennes sur l'eau

Directives	Description
Directive traitement des eaux résiduaires urbaines (1991)	Normes sur les équipements de collecte et de traitement des eaux
Directive eau potable (1998)	Norme de qualité minimale à respecter pour les eaux destinées à la consommation humaine
Directive cadre sur l'eau (2000)	Atteinte d'un bon état écologique des eaux et des milieux aquatiques en 2015

Toutefois, la pollution diffuse (à l'opposée d'accidentelle) de l'eau par des polluants dits émergents est de plus en plus préoccupante. Ces polluants dits « émergents » sont très variés et mal connus : substances pharmaceutiques (antibiotiques...), produits de soins corporels, détergents provenant de rejets industriels et/ou urbains, perturbateurs endocriniens, retardateurs de flamme... En plus des composés parents, on trouve également de nombreux composés issus des transformations biotiques et abiotiques de ces molécules mères.



La qualité des eaux marines s'est également améliorée à cause de la généralisation du traitement des rejets des eaux usées et de la diminution des pollutions accidentelles et illicites. Cependant les polluants émergents émis par les stations d'épuration sont aussi préoccupants.

Une directive récente, la directive-cadre sur la stratégie du milieu marin (2008) complète la directive sur l'eau et vise l'atteinte du bon état écologique du milieu pour 2020.

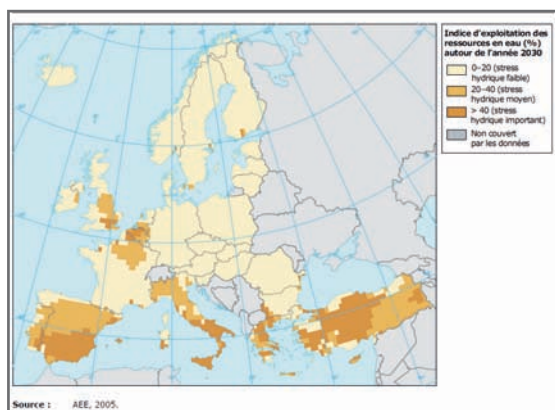
D'un point de vue quantitatif, deux points sont à considérer : d'abord une répartition inégale de l'eau disponible sur terre et ensuite un effet probable du changement climatique, qui induit de changements substantiels au niveau des régimes des précipitations entraînant un stress hydrique important.

La majorité de l'eau sur terre est de l'eau de mer, la quantité globale d'eau douce ne représentant que 2,53 % du total. Le volume global d'eau douce utilisable s'élève à 12 500 milliards de m³ : ce volume serait suffisant s'il était équitablement réparti, ce qui n'est pas le cas.

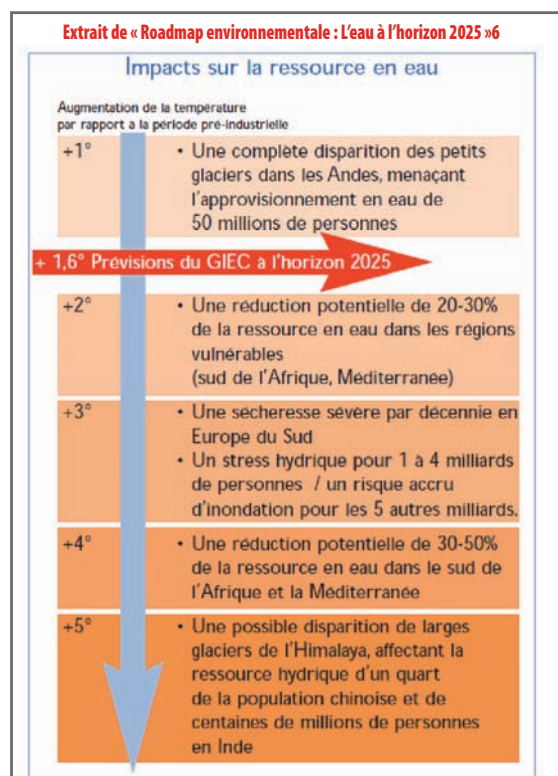
Disponibilité en eau et population
par grandes zones géographiques (source : UNESCO/PHI)

Zones	Disponibilité en eau	Population
Amérique du Nord et centrale	15 %	8 %
Amérique du Sud	26 %	6 %
Europe	8 %	13 %
Afrique	11 %	13 %
Asie	36 %	60 %
Australie et Océanie	4 %	< 1 %

Phénomènes climatiques extrêmes, inondations, tempêtes, globalement, le nord de l'Europe sera plus sujet aux inondations et le sud, aux sécheresses.

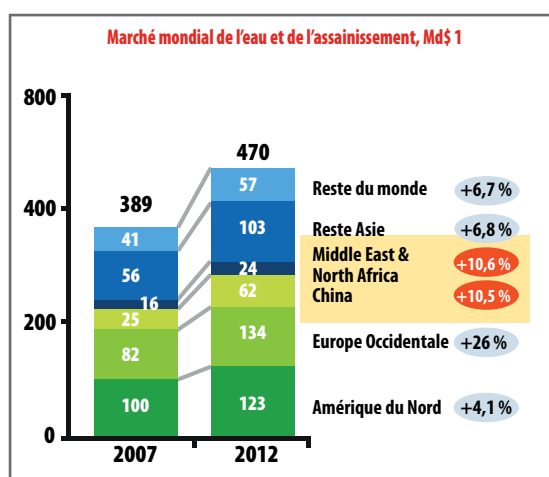


L'Espagne, par exemple, se prépare déjà à de futures pénuries par le biais de programmes visant l'établissement d'un vaste réseau de dessalement dans le pays et la promotion de systèmes d'irrigation plus efficaces.



Le marché de l'eau qui regroupe les activités liées à l'eau potable (captage, transport, traitement, affinage...), aux eaux usées ainsi qu'aux eaux pluviales est globalement mature en Europe (faible croissance liée aux investissements nécessaires pour répondre aux exigences réglementaires). Il atteint un chiffre d'affaires de plus de 15 Md€ en France et représente plus de 112 000 emplois [3]. Près d'un milliard de personnes sont desservies dans le monde en eau et assainissement par le secteur privé, près d'un quart de cette population est servie par Veolia Environnement ou Suez Environnement, les deux acteurs majeurs à l'échelle mondiale, français.

De fait, la croissance se situe à l'international : demande croissante, liée à la croissance démographique, au développement économique des pays émergents, et à l'urbanisation associée.



Air

La pollution atmosphérique a fait l'objet d'une attention particulière à l'échelle européenne sur la dernière décennie : des réglementations qui concernent aussi bien les sources fixes, et notamment les installations industrielles, que les sources mobiles comme les transports ont été mises en place. Suite au programme européen CAFE « air pur pour l'Europe », la stratégie pour la pollution atmosphérique a été publiée en 2005 : elle ambitionne de diminuer la pollution atmosphérique et d'atteindre un niveau de qualité de l'air n'ayant aucune incidence nuisible sur la santé et l'environnement.

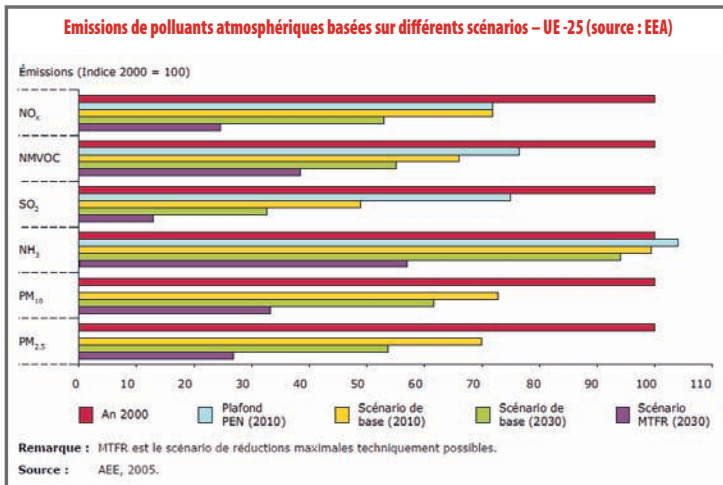
À l'échelle européenne, deux directives marquent la traduction réglementaire de cette prise de position :

- la directive CAFE, adoptée en 2008, concerne la qualité de l'air ambiant : elle fixe pour la première fois des valeurs limites pour la concentration en particules fines ;
- la directive NEC (*National Emission Ceilings*) fixe des limites d'émissions nationales pour quatre polluants : le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, les composés organiques volatils et l'ammoniac. Les plafonds fixés pour 2010 vont être difficiles à atteindre pour la majorité des États membres. De nouveaux seuils devraient être fixés pour 2020.

**Objectifs d'émissions retenus pour la France
dans le cadre de la directive NEC**

	SO₂	NO₂	COV	NH₃
Emissions 1990 (kt)	1342	1905	2451	769
Objectifs 2010 (kt)	375	810	1050	780

Source : CITEPA - inventaire SECTEN 2002



Bien que les émissions soient en baisse régulière, chaque année en France ce sont encore plus de neuf millions de tonnes de polluants qui sont émis dans l'air par les activités humaines (industrie, automobiles, activités domestiques, agriculture, etc.). (Source : Ademe).

Plus que l'exposition à une pollution accidentelle, lourde et massive, de grande ampleur, c'est l'exposition continue, tout au long de la vie à des doses plus faibles qui a un impact sanitaire et environnemental fort. On constate une détérioration diffuse et graduée de la qualité de l'environnement par la dispersion de contaminants issus de l'activité anthropique très souvent dans le cadre de la vie quotidienne de tout un chacun, associée à notre mode de vie.

La lutte contre la pollution atmosphérique est un enjeu de santé publique : chaque européen perd en moyenne une année de vie à cause de la pollution de l'air. Les émissions de particules sont à l'origine en Europe d'environ 370 000 décès prématurés chaque année. (Source : EEA).

Sols

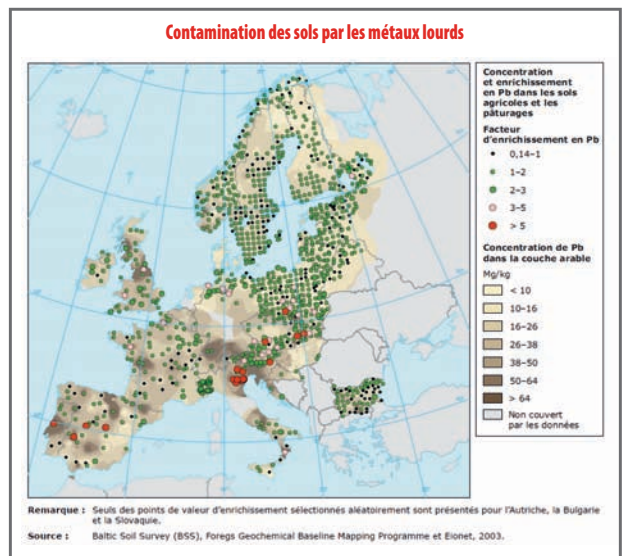
L'anthropisation a eu et a toujours un impact sur cette ressource : l'érosion, la diminution de matières organiques, la contamination, l'imperméabilisation... ont forcément un impact sur les fonctions des sols.

Or les fonctions du sol sont nombreuses et de différentes natures : fonction environnementale d'une part (biodiversité, stockage et épuration de l'eau...), économique (production agricole...), et enfin sociale (support de l'activité humaine). Cette ressource non renouvelable qui présente des processus de formation et de régénération extrêmement lents (plusieurs

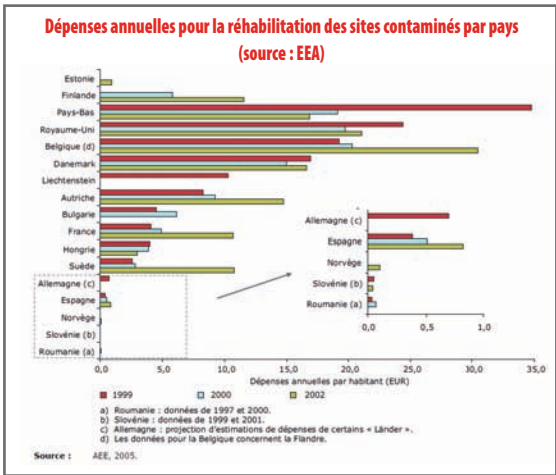
milliers d'années), subit des taux de dégradation potentiellement rapides (quelques années ou décennies).

Les processus de dégradation des sols sont de multiples natures : érosion, diminution des teneurs organiques, tassement, salinisation, glissement de terrain, contamination, imperméabilisation, déclin de la biodiversité... Les coûts de la dégradation des sols, même s'ils sont difficiles à estimer, sont considérables. La seule contamination des sols, due notamment à l'utilisation et/ou à la présence de substances dangereuses dans les nombreux procédés de production industriels touche à l'échelle européenne plus de trois millions de sites dont 500 000 de manière sévère. (Source : EEA, *État des lieux 2005*)

Là encore, comme pour l'air et pour l'eau, la pollution peut être soit accidentelle, massive, localisée (site industriel, station service...) soit diffuse (retombées atmosphériques, pratiques agricoles).



Le marché français de la dépollution des sites s'élevait en 2007 à 0,8 Md€ et devrait atteindre 2,6 Md€ en 2020. 350 000 sites sont potentiellement pollués en France (source : inventaire BASIAS) qui représentent 100 000 ha pour un coût total (hors BTP) de l'ordre de 15 Md€ (source : étude BCG). Ce marché est tiré par le renforcement de la réglementation et par la pression immobilière. La France se situe au niveau des meilleures pratiques européennes : recensement des sites (Basol et Basias), traitement en fonction de l'usage futur, financement... grâce à un renforcement précoce de la réglementation par rapport au reste de l'Europe. Les acteurs français sont plutôt bien positionnés et se développent à l'international, notamment en Europe où le stock de sites pollués a été estimé à 138 Md€. (Source : d'après BCG, étude statistique européenne).



L'émergence d'un nouveau modèle économique devrait contribuer à la croissance du secteur si l'assouplissement de la réglementation en matière de responsabilité en France le permet : il s'agit, à l'image de ce qui a pu être mis en place aux États-Unis, de permettre aux industriels pollueurs de transférer leur responsabilité et risques associés à un tiers (professionnel de la dépollution, fonds d'investissement).

Déchets

La gestion des déchets recouvre à la fois des activités de collecte et de transport, le recyclage de matériaux pour produire de nouveaux biens, l'incinération avec ou sans récupération énergétique, le compostage pour une récupération biologique, la réutilisation (par exemple de pièces automobiles) et enfin la mise en décharge.

La gestion « moderne » des déchets vise à la fois une réduction de l'impact environnemental de cette pollution potentielle et aussi la récupération de ressources devenues rares et de plus en plus coûteuses, sous l'effet de la demande croissante à l'échelle internationale. À titre d'illustration, entre 2001 et 2005, le coût des matières plastiques est passé d'une base 100 à presque 250. Dans le même temps, le prix du papier a doublé.

On observe ces dernières années une augmentation très forte des prix de certains métaux rares pour lesquels un risque de pénurie se fait sentir. Après le pic de début 2008, puis la très forte chute à partir de l'été 2008 (crise économique), les cours de la plupart des matériaux ont retrouvé en 2010 des valeurs voisines de celles de 2007. Le marché des matériaux issus de déchets est aussi volatil que celui des matières vierges, avec une part croissante d'échanges internationaux de matières issues de déchets.

Évolution des prix – métaux rares*

Métal	Date d'épuisement*	Évolution des prix 2000 à 2007*
Zinc	2025	+ 100 %
Étain	2028	+ 173 %
Plomb	2030	+ 445 %
Cuivre	2038	+ 263 %
Nickel	2048	+ 221 %
Fer	2087	-
Aluminium	2139	+ 48 %

Ce déséquilibre des marchés des matières premières minérales est du à la progression de la demande des pays émergents : en 2025, l'Inde et la Chine pourraient consommer 50 % de l'acier mondial. En parallèle, les gisements les plus facilement exploitables et les plus abondants tendent à s'épuiser.

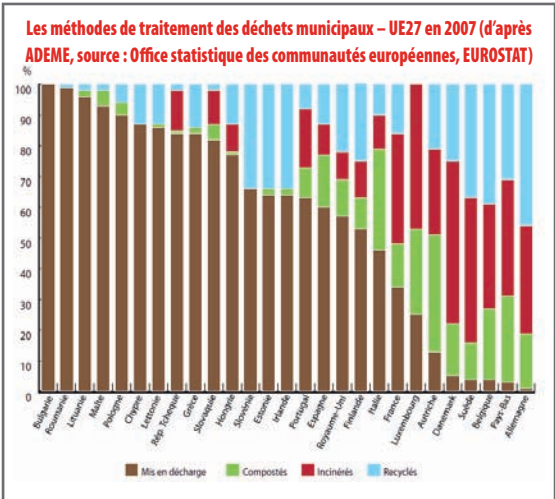
La gestion des déchets s'impose donc à double titre : raréfaction des matières premières et pollution potentielle.

Aujourd'hui, l'augmentation du volume de déchets reste comparable à celui de la croissance économique ; en France, en 2008, 868 millions de tonnes de déchets ont été produites. (Source : Ademe).

Les plus gros secteurs producteurs de déchets en France en 2008 sont l'agriculture et la sylviculture (43 %) et le BTP (41 %). Une bonne partie de ces déchets sont traités *in situ* et ne rentrent pas dans l'économie du déchet (ni par la prestation de service, ni par la vente de matières). Viennent ensuite les entreprises pour 10 % du volume, les ménages (3 % du volume), les collectivités et les déchets d'activité de soins. (Source : Ademe).

En 2007, près de 38 Mt de déchets municipaux ont été collectés, dont 10,8 Mt en déchèterie. 33,5 % des déchets ménagers et assimilés collectés par le service public ont été orientés vers le recyclage (valorisation matière et gestion biologique) et 29 % vers la valorisation énergétique. (Source : Ademe, chiffres clés 2009).

Les pratiques en terme de traitement de déchets municipaux sont assez hétérogènes au niveau européen, l'Allemagne restant le « champion » du recyclage.



Les engagements du Grenelle de l'environnement sur les déchets sont traduits dans le plan d'action sur les déchets publié par le ministère du Développement durable en septembre 2009. L'objectif de la politique nationale traduite dans ce plan est de poursuivre et amplifier le découplage entre croissance et production de déchets. Le plan d'actions mis en place prévoit de :

- réduire de 7 % la production d'ordures ménagères et assimilées par habitant sur les cinq premières années ;
- porter le taux de recyclage matière et organique des déchets ménagers et assimilés à 35 % en 2012 et 45 % en 2015. Ce taux est fixé à 75 % dès 2012 pour les déchets des entreprises et pour les emballages ménagers ;
- diminuer de 15 % d'ici à 2012 les quantités partant à l'incinération ou au stockage.

Il s'inscrit pleinement dans les engagements communautaires, traduits dans la directive européenne du 19 novembre 2008 qui établit une hiérarchisation d'interventions sur les déchets : prévention, préparation en vue du réemploi, recyclage, autres valorisations notamment énergétique, élimination.

La France possède les leaders mondiaux (Veolia Propreté et Sita du groupe Suez) pour industrialiser la filière de recyclage et des acteurs dans l'ensemble de la chaîne de valeur (équipement de collecte, centres de tri, usines d'incinération, service-recyclage).

Les grandes tendances d'évolution du secteur

Eau

Le savoir faire au niveau français et plus largement européen en termes de fourniture et de traitement de l'eau est indéniable. En réponse aux enjeux sur la qualité et la quantité de l'eau précisés plus haut, trois axes forts devraient orienter l'activité du domaine dans les années à venir :

- augmenter la quantité d'eau disponible : cela passe tant par la récupération et réutilisation des eaux de pluie, le dessalement de l'eau de mer, le recyclage et filtration de l'eau, le rechargement des nappes phréatiques... ;
- réduire son utilisation : accroissement du rendement agricole, réduction de l'intensité hydrique de certains procédés industriels, systèmes de détection des fuites dans les réseaux ;
- travailler à améliorer la lutte contre la présence des polluants émergents : identification, détection, élimination... toute la chaîne est concernée. Pour les eaux marines, l'amélioration de la qualité doit se poursuivre notamment par une meilleure gestion des bassins versants.

De manière transversale, un suivi métrologique fin est un prérequis à la gestion de cette ressource, tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif. Ces systèmes de mesure devront à terme être adaptés à l'acquisition de données sur les substances émergentes.



Air

La lutte contre la pollution atmosphérique doit continuer, que cela soit en amont au titre de la prévention ou en aval, sur le traitement des effluents contaminés.

Il s'agit de développer des procédés et technologies propres pour la réduction des émissions à la source. Ceci est évidemment transverse en termes de secteurs applicatifs concernés : transports bien sûr avec par exemple des systèmes de post-traitement mais aussi bâtiment, peintures, ameublement... La libération de formaldéhyde par les meubles fabriqués à partir de panneaux de particules en est un exemple issu de l'actualité récente. Travailler en amont à l'utilisation de nouvelles colles ou à une diminution de la concentration devrait permettre de diminuer la quantité de formaldéhyde dans l'air. Plus largement, la qualité de l'air intérieur a plus récemment attiré l'attention des spécialistes. Relevant de la sphère privée, elle ne fait pas pour l'instant l'objet de valeurs limites définies et donne lieu à des difficultés d'investigation.

Au-delà de la prévention et de la réduction à la source, le développement de technologies de traitement des effluents gazeux, adaptées notamment aux polluants émergents doit faire l'objet d'une attention particulière.

Ceci nécessite le développement de la métrologie à la source, avec une approche allant de l'exposition individuelle à une vision globale, typiquement satellitaire. Ces deux visions sont com-



plémentaires et permettent d'apporter une réponse à la nécessité de collecter des données précises et spatialisées. Un couplage sol-satellite donnant une image fortement résolue dans l'espace et complète est largement plébiscité.

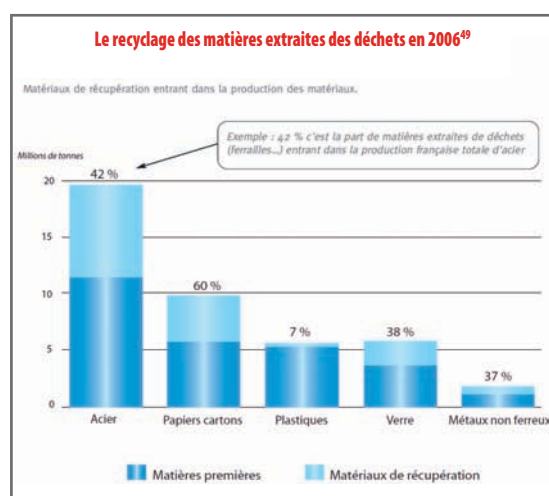
Déchets, production et consommation durables

Dans le domaine de la gestion des déchets, on assiste au passage d'une approche environnementale de la gestion des déchets à une approche davantage économique : le déchet n'est plus seulement une contrainte à minimiser mais une ressource à optimiser, permettant l'émergence d'une véritable économie circulaire. Ainsi, le recyclage et la valorisation des déchets ont été identifiés (étude BCG en 2008, puis étude CGDD, mars 2010) comme l'une des 18 filières vertes, avec un potentiel de croissance et d'emploi significatif.

Quatre axes majeurs figurent dans le plan d'actions 2009-2012 du MEEDDM et devraient orienter l'activité dans le domaine dans les années à venir :

- la priorité est mise à la réduction à la source : réduction des emballages, diminution des quantités de matière utilisées, allègement... ceci implique aussi forcément une évolution des usages et des pratiques des consommateurs, des entreprises ;
- le développement de la réutilisation et du recyclage doit être un axe fort : au-delà des questions purement technologiques

que cela soulève, cela nécessite en amont le renforcement ou la mise en place des actions de collecte et de tri ; l'harmonisation des consignes de tri, et surtout l'extension de la responsabilité élargie des producteurs à systèmes spécifiques d'organisation et de financement, qui seront étendues progressivement à de nouveaux flux de déchets comme les déchets dangereux diffus des ménages, les déchets d'activités de soins à risques infectieux et les déchets encombrants. Cela complètera les filières existantes pour les emballages, papiers, équipements électriques et électroniques, piles et batteries, textiles, pneumatiques et véhicules hors d'usage ;



- mieux valoriser les déchets organiques : sur les déchets collectés par le service public en 2007, seuls 14 % faisaient l'objet d'une gestion biologique, alors que plus de 50 % des ordures ménagères résiduelles sont constituées de déchets organiques (source : MEDDTL, politique de déchets 2009-2012). Compostage domestique, obligation pour les gros producteurs, travail sur les débouchés, méthanisation, les pistes sont nombreuses ;

- mieux gérer les déchets du BTP : aujourd'hui, si deux tiers des déchets du bâtiment sont valorisés, les marges de progression restent nombreuses car ils représentent à eux seuls plus de 40 % du volume de déchets produits chaque année. La politique de déchets 2009-2012 prévoit à ce titre la mise en place de système d'aides aux bonnes pratiques de recyclage, incitations fiscales, et en aval encourage la déconstruction sélective, l'orientation vers les filières adaptées... Un objectif pourrait être la réutilisation au maximum sur site, du moins pour la reconstruction. Les enjeux principaux concernent le diagnostic, la modélisation, la collecte, ainsi que la formation des acteurs. Une question se pose en termes d'acceptabilité par les acteurs, la profession étant globalement peu encline au changement.

Plus largement, la question de la gestion des déchets est à rapprocher de la consommation et de la production durables. Il est de plus en plus admis que nos schémas actuels de consommation et de production, ainsi que leurs impacts environnementaux en termes de cycle de vie doivent évoluer.

Les tendances technologiques et les technologies clés

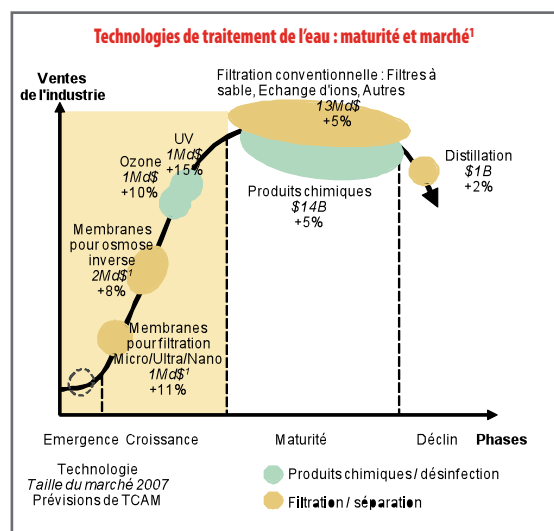
D'un point de vue technologique, deux tendances sont structurantes pour le secteur :

- la place croissante de la métrologie environnementale est indispensable au diagnostic, à la prévision et à l'évaluation de la pollution, de l'eau, mais aussi de l'air, des sols... Cela se traduit à la fois par un besoin croissant de capteurs, mais aussi d'intégration, de réseaux de capteurs, de mesure en continue. Des solutions logicielles de gestion et de diagnostic environnemental sont à développer. Par ailleurs, la prévention des risques naturels à partir d'observation satellitaire doit être un axe à développer : le couplage de données hydrographiques, météo, terrain doit permettre d'apporter un outil pertinent pour la prévention des risques naturels, par exemple dans le cadre des plans de prévention des collectivités locales ;
- avoir une approche durable de la production et de la consommation. Notre façon de produire et de consommer contribue au réchauffement climatique, à la pollution, à l'utilisation des matières premières et à l'épuisement des ressources naturelles. Une utilisation plus efficace des ressources est un facteur d'innovation important, et un facteur de différenciation pour la compétitivité de l'industrie française. Il convient de favoriser l'émergence des innovations, des technologies, des matériaux qui seront nécessaires à la mise en œuvre de nouvelles solutions éco-responsables. L'approche de la production en termes de cycle de vie est à favoriser, le concept d'éco-conception a bien sûr un rôle central à jouer.

L'éco-conception correspond à l'intégration des aspects environnementaux dans la conception ou la re-conception de produits.

Il s'agit de prendre en compte les exigences environnementales sur le produit : réglementation, image de marque, etc... ainsi que les conséquences environnementales du produit : consommations de ressources, émissions atmosphériques, production de déchets, valorisation du produit en fin de vie, etc.

Dans le domaine de l'eau, les savoir-faire de nos champions nationaux doivent être valorisés pour développer des technologies de dessalement de l'eau à faible charge énergétique. Des opportunités existent également sur plusieurs niches technologiques : systèmes de gestion efficace de l'eau, technologies innovantes pour le traitement de l'eau, capteurs de mesure de qualité...



Les acteurs français maîtrisent l'intégration de ces systèmes, même sans capacité de fabrication.

Dans le domaine de la réhabilitation des sols contaminés, les tendances technologiques concernent essentiellement le développement de technologies de traitement sur site, des sols pollués. Les technologies pour la captation et le traitement des sédiments pollués sont également clés.

Dans le domaine de la gestion des déchets, les enjeux sont autant dans le mode de collecte (tri amont), que dans les technologies permettant le tri industriel des déchets et dans les technologies permettant une nouvelle utilisation. Dans ce secteur, les seules technologies ne peuvent pas répondre à tous les enjeux : l'arrivée sans cesse de nouveaux types de produits sur le marché impose un renouvellement permanent des processus de démontage et de tri. La prise en compte en amont de cet aspect, notamment via la diffusion de l'éco-conception devrait permettre de faciliter ces étapes.

Des technologies, mais aussi des sites industriels pour le recyclage et la valorisation des matériaux rares doivent être développées. De même, les déchets organiques doivent faire l'objet d'une attention particulière, tant sur l'aspect des technologies de tri que de leur valorisation. De nouvelles perspectives apparaissent dans le domaine de la chimie, en lien avec le recyclage, notamment pour le développement du taux de recyclage des plastiques, encore beaucoup trop faible [65]

Les « équipementiers du déchet », fabricants de matériels et d'équipements pour une gestion optimisée de nos déchets, sont appelés à jouer un rôle croissant, car le recyclage et la valorisation par flux génèrent plus de besoins en équipement que l'enfouissement ou l'incinération de déchets en mélange, rapportée à la tonne collectée. Il s'agit pour ces fabricants d'être en capacité à proposer des outils, machines, pour la manutention, le transport, le tri automatisé, le broyage, le conditionnement... L'offre française apparaît encore trop fragmentée et pourrait être mieux organisée, notamment vis-à-vis de l'export. Certaines de ces technologies sont stratégiques car conditionnant l'accès à de nouveaux gisements de matières issues de déchets.



Enfin, des progrès sont à réaliser au niveau des technologies pour l'exploration, l'extraction et le traitement des ressources minérales pour faire face à l'amenuisement des ressources disponibles et à l'explosion des besoins.

Les technologies clés du secteur de l'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.

Analyse de la position de la France

La dépense de recherche et développement en environnement

En 2007, la dépense de recherche et développement (R&D) en environnement est évaluée à 2,6 milliards d'euros, soit une hausse de 8,3 % par rapport à 2006. Cela représente environ 7 % de la dépense totale de R&D en France.

En 2007, les administrations publiques consacrent 1 Md€ pour la R&D en environnement, soit une progression de 1,7 % par rapport à 2006. Les programmes de recherche sont mis en œuvre par les établissements publics à caractère scientifique et technologique, comme le CNRS, le Cemagref, l'Ifremer et par les établissements publics industriels et commerciaux (Épic).

La dépense en R&D des entreprises s'élève à 1,6 milliard d'euros en 2007, en forte hausse par rapport à 2006 (+ 13 %). D'après la dernière enquête du ministère chargé de la Recherche, la part de l'environnement au sein de la R&D des entreprises a atteint 6,4 % en 2007⁽¹⁾.

(1) Ces dépenses de R&D ne comprennent que les travaux spécifiquement orientés vers la protection de l'environnement. Des programmes identifiés dans la Mission interministérielle de recherche et d'enseignement supérieur sous les objectifs « Énergie », « Espace » ou encore « Transport, aéronautique » peuvent avoir des utilisations dans les domaines de l'environnement, mais les dépenses correspondantes ne sont pas comptabilisées.