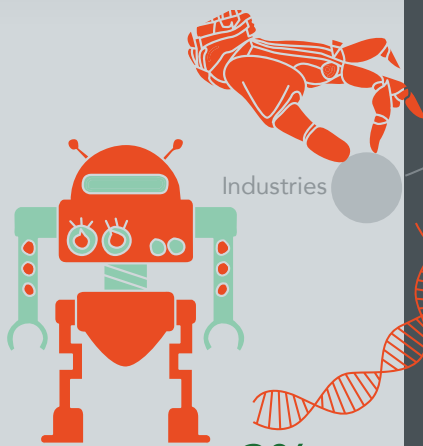
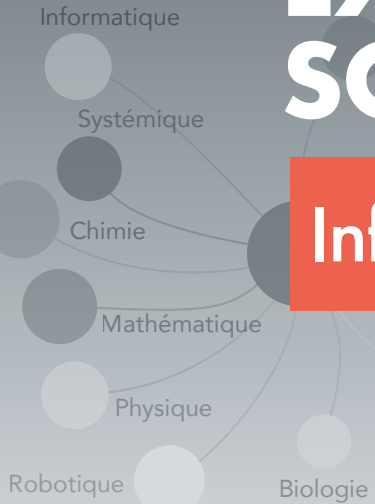




TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR

EXPLORER LES SCIENCES DU FUTUR

Infographies et datavisualisation



Industries

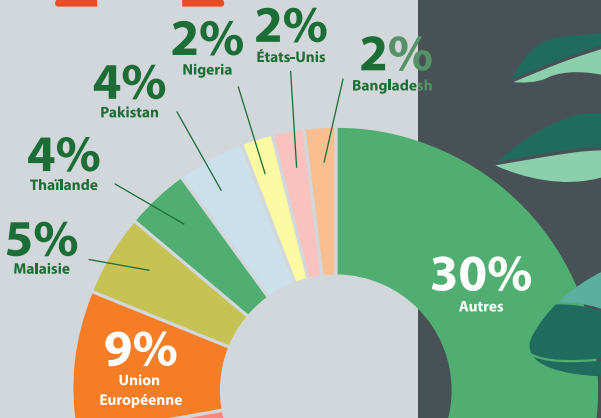
Équipements

Procédés

Normes

Organisation

Matériaux



Sommaire

Préface p. 3

- La datavisualisation au service de la médiation humain-données, par Béa Arruabarrena p. 3

Infographies p. 7

- L'industrie du futur p. 8
- Les monnaies cryptographiques et les blockchains p. 10
- La personnalisation de masse p. 18
- La ville intelligente p. 20
- Créativité et fabrication additive p. 22
- Nanomatériaux dans les aliments p. 24
- Chimie et développement durable p. 29
- L'impression 3D et développement durable p. 31
- Les entreprises face au développement durable et à la responsabilité sociale p. 39
- Minerais de conflit utilisés dans l'industrie électronique p. 50
- Le biomimétisme p. 56
- L'huile de palme – Les enjeux sociétaux et environnementaux p. 63
- Les plastiques dans l'océan p. 73
- Qualité des sols p. 77
- **Interview** p. 81
Laurent Duvoux, illustrateur conceptuel

Cartographies p. 82

- Robotique collaborative p. 83
- Fabrication additive p. 87
- Smart buildings p. 90
- **Interview** p. 93
Louis-Marc Perez, Directeur commercial chez IXXO
- **Retour d'expérience** p. 95
Cartographie interactive du fonds documentaire de Techniques de l'Ingénieur

Techniques de l'Ingénieur en images

Une publication des Éditions Techniques de l'Ingénieur
39, boulevard Ornano - 93288 Saint-Denis Cedex
www.techniques-ingenieur.fr

Directeur de la publication : Yves Valentin
Responsables d'édition : Marie Batono, Céline Chartier
Maquette et mise en page : Christian Le Gall
Dépôt légal : 2021
Tous droits réservés – Reproduction interdite

Préface

La datavisualisation au service de la médiation humain-données

Béa Arruabarrena, Maître de conférences, Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris, Laboratoire DICEN-IDF

Si la datavisualisation a longtemps été un domaine d'expertise de la recherche scientifique, en particulier des sciences mathématiques, statistiques et informatiques, elle s'est aussi construite dans l'interdisciplinarité avec les sciences humaines et sociales (SHS) : la cartographie, les sciences des arts et du design et les sciences cognitives ont toutes contribué à son développement. S'il est difficile de dresser une histoire exhaustive de la datavisualisation, les fondements socio-historiques des pratiques de représentations graphiques émergent très tôt dans l'histoire. Dès le 2^e siècle avec la cartographie, emblématique de cette nécessité de représenter le réel pour mieux agir dessus en retour. Au 18^e, avec l'essor des mathématiques, dans leur versant statistique, la représentation graphique de données va connaître un tournant décisif avec l'apparition des premiers graphiques dans l'ouvrage *Commercial and Political Atlas* de William Playfair (1789), largement diffusés aujourd'hui dans la société : les courbes d'évolution, les graphiques à barres et les diagrammes à secteurs. Mais c'est seulement dans les années 70, que l'exploration de données va être complètement vulgarisée. Francis Anscombe, statisticien, va faire la démonstration à l'appui d'une série de quatre ensembles de données, le fameux « Quartet d'Anscombe », que des données présentées sous forme de tableau ne suffisaient pas à les comprendre. Ces quatre jeux possèdent des propriétés statistiques simples et assez similaires dans

leur représentation linéaire en tableau (moyenne, variance, corrélation et régression ont des valeurs proches). Or, lorsqu'on les représente sous forme de graphiques, on voit pourtant les différences entre les quatre jeux de données, ce qui démontre l'intérêt de tracer des graphiques.

La datavisualisation va ensuite totalement se démocratiser pour toucher un public plus large que celui du monde scientifique avec notamment les travaux de John Tukey, professeur de statistiques à l'université de Princeton et auteur de l'ouvrage de *Exploratory data Analysis* sur les méthodes d'analyse et de présentation des données. Par la suite, à partir des années 80, les designers David McCandless (2012), Stephen Few (2006) ou encore Manuel Lima (2011) donneront à cette discipline toute une dimension esthétique.

Aujourd'hui dans le contexte du *Big data*, la datavisualisation constitue un outil puissant de médiation humain-données permettant de raisonner à partir des données pour saisir la complexité du monde. A ce titre, elle est un enjeu majeur pour l'innovation tant pour la recherche scientifique, que pour les organisations. On retrouve ainsi ses applications dans de nombreux domaines, tels que l'informatique statistique et décisionnelle pour les organisations, les sciences de données pour la biologie, la génomique, les sciences humaines et sociales avec les humanités numériques, la cartographie numérique, ou encore l'analyse visuelle de réseaux.

Définition de la datavisualisation

Les technologies de datavisualisation peuvent se définir comme l'ensemble des outils et des méthodes de représentation graphique, qui s'appuient sur des techniques informatiques, mathématiques et sémiologiques mettant en œuvre des algorithmes de spatialisation permettant de représenter sur un plan un ensemble de données.

Selon les auteurs, le périmètre couvert par la datavisualisation peut varier du champ restreint des graphiques traditionnels à toutes les tentatives de représentation de données, que ce soit des graphiques artistiques à ceux générés par Excel. En revanche, une des caractéristiques de la datavisualisation est d'opérer à partir de

données brutes non structurées, afin d'en révéler l'organisation. Sa fonction s'incarne dans la mise en visibilité de cette structure et de ses patterns. Ce qui l'oppose au design d'information ou à l'infographie qui partent de données déjà structurées et agrégées en information afin de révéler de manière expressive leur structure.

Datavisualisation vs Infographie

Si la visualisation de données et l'infographie sont en apparence très semblables, elles se différencient en de nombreux points. L'infographie part de données déjà structurées en informations qu'elle va scénariser sous forme narrative afin de communiquer sur un sujet. La datavisualisation quant à elle, suit le mouvement inverse, elle part de données non structurées pour en révéler la structure.

Infographie	Datavisualisation
<ul style="list-style-type: none"> • Objectifs : communiquer, expliquer • Données informationnelles (données structurées) • Développer un ensemble d'idées • Statique (parfois interactivité d'affichage) • Pas de temps réel 	<ul style="list-style-type: none"> • Objectifs : explorer, expliquer, communiquer • Données brutes (données non ou semi-structurées) • Développer une idée unique • Interactivité • Temps réel (intégré à un système d'information)

Objectifs de la datavisualisation

La datavisualisation est un outil de communication, mais de façon sous-jacente, c'est un outil au service du raisonnement et de la décision.

On peut ainsi identifier 3 objectifs principaux basés sur le raisonnement scientifique qui correspondent à des objectifs différents de production de connaissances : décrire, expliquer, et explorer les données.

Visualiser pour décrire

L'objectif le plus courant de la visualisation de données est de décrire les données qui visent à faire état d'un fait ou d'une situation dans une visée de communication. La datavisualisation descriptive permet de contextualiser les données en vue d'en restituer le sens. Elle a une fonction illustrative et narrative qui utilise des procédés de *Storytelling*

se démarquant de la lecture linéaire du texte, le remplaçant parfois totalement.

Visualiser pour expliquer

La visualisation des données est également utilisée dans un objectif analytique afin d'expliquer des phénomènes. Le domaine de l'analytique intègre la datavisualisation à des solutions logicielles dédiées au domaine de la *Business Intelligence* (BI) et de la *Data Analytics*, sous forme de tableaux de bord qui offrent une compréhension plus intuitive de l'information et permettent aux managers, par le monitoring de leur activité en temps réel, d'accéder à de nombreux indicateurs et de faciliter la prise de décision.

Visualiser pour explorer

La datavisualisation de nature exploratoire s'inscrit dans une démarche scientifique dite « compréhensive ». Cette posture consiste à comprendre un phénomène par l'exploration et la découverte de connaissances, plus qu'à l'expliquer en recherchant des causes. On retrouve cette approche méthodologique dans les disciplines telle que la *Data science* et les Humanités numériques centrées sur le traitement et la visualisation de données massives : la fouille de données (*datamining*, *textmining*, *machine learning*) conduisant à des productions de datavisualisation. Il s'agit de transformer de vastes corpus de données parfois complexes en entrée pour obtenir une information synthétique et simple en sortie.

Véritable outil de raisonnement, la datavisualisation constitue le médium privilégié d'interaction avec des données de plus en plus nombreuses, variées et complexes. Dans le contexte actuel de développement rapide des données massives, il est indéniable que la datavisualisation joue un rôle déterminant dans l'élargissement des pratiques d'analyse de données. Dans cette perspective, les défis porteront à la fois sur la rationalisation de son écosystème technologique et le développement de solutions innovantes centrées utilisateurs nécessaires au processus de traitement visuel des données, mais également sur la prise en compte des méthodologies correspondantes au traitement de données indispensables pour une interprétation fiable des données.

Infographie

L'industrie du futur

L'industrie du futur a pour objectif de moderniser l'appareil de production industrielle. Les grands projets de modernisation visent à transformer, par le numérique, les modèles d'affaires des entreprises, leurs organisations, leurs modes de conception et de communication : robotique, impression 3D, intelligence artificielle, big data, biomimétisme, personnalisation de masse, etc.

Cette transformation signifie pour les entreprises l'intégration de nouveaux outils numériques et

technologiques mais aussi de compétences et de culture en dehors de leur cœur de métier.

À travers de nouveaux modèles économiques plus proches des consommateurs et de nouveaux process plus responsables, l'industrie du futur a pour objectif de repenser la place de l'humain au sein de l'entreprise et de son environnement.

L'INDUSTRIE DU FUTUR

L'industrie du futur : www.techniques-ingenieur.fr
 Conception : Éditions Tl/Cléline Charrier Design graphique : Marie Jamon
 Typographies : « Cassemat Bold », « Aképo », « Loto », « Skuzasz Dziedzic »

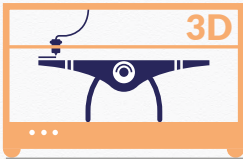


SIMULATION NUMÉRIQUE

Outils pour simuler de manière virtuelle un produit dans son environnement final facilitant les processus de création, d'optimisation et de gestion du cycle de vie.

FABRICATION ADDITIVE

Procédés permettant de fabriquer, couche par couche, par ajout de matière, un objet physique à partir d'un objet numérique.



CLOUD COMPUTING

Modèle Informatique qui permet un accès facile et à la demande par le réseau à un ensemble partagé de ressources informatiques.



INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Techniques permettant à une « machine » d'exécuter des tâches habituellement associées à l'intelligence humaine, telles que la compréhension, l'apprentissage, l'adaptation ou le raisonnement.



CAPTEURS INTELLIGENTS

Instrumentation capable de récolter, de traiter et de transmettre des données d'une manière autonome.



BIG DATA

Outils de stockage et d'analyse des masses de données très importantes.



CONFIANCE NUMÉRIQUE

Outils et technologies visant la sécurité des systèmes informatisés.



BLOCKCHAIN

Fichier partagé sur un réseau pair-à-pair, sécurisé, infalsifiable et indestructible, sans contrôle centralisé permettant de partager de l'information, de faire des transactions de manière sûre et de créer de la confiance entre des acteurs éloignés.



INTERNET DES OBJETS

Ensemble d'objets physiques ou virtuels communiquant directement ou indirectement.



MAINTENANCE PRÉDICTIVE

Maintenance destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.



RÉALITÉ VIRTUELLE

Techniques fondées sur l'interaction en temps réel avec un monde virtuel, à l'aide d'interfaces comportementales permettant l'immersion de l'utilisateur dans cet environnement.



COBOTIQUE

Ensemble des technologies visant une coopération étroite entre humains et robots.



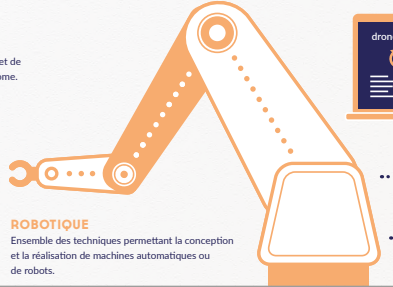
RESPONSABILITÉ SOCIÉTALE

Moyens et actions permettant aux entreprises d'intégrer les préoccupations sociales et environnementales à leurs activités commerciales et à leurs relations avec leurs partenaires.



EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Actions entraînant une diminution de l'apport d'énergie pour un même service rendu ou un même bien produit incluant l'usage des équipements à meilleur rendement énergétique.



ROBOTIQUE

Ensemble des techniques permettant la conception et la réalisation de machines automatiques ou de robots.



ÉCONOMIE FONCTIONNELLE

Modèle qui consiste à remplacer la notion de vente du bien par celle de la vente de l'usage du bien dans une perspective de développement durable.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Modèles visant à limiter la consommation et le gaspillage des matières premières, de l'eau et des sources d'énergie, et favorisant le prolongement de la durée d'usage des produits, la réutilisation et le recyclage des composants.



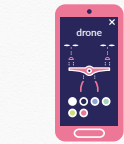
BIOMIMÉTISME

Approche consistant à prendre la nature pour modèle, notamment à un niveau organisationnel, afin de répondre aux enjeux du développement durable.



OPEN INNOVATION

Processus fondé sur le partage et la collaboration par lequel une entreprise fait appel à des idées venues d'ailleurs et mobilise des ressources et des expertises externes pour innover.



PERSONNALISATION DE MASSE

Processus par lequel une entreprise donne le moyen à ses clients de pouvoir personnaliser un produit ou un service via les flux de production traditionnelle.

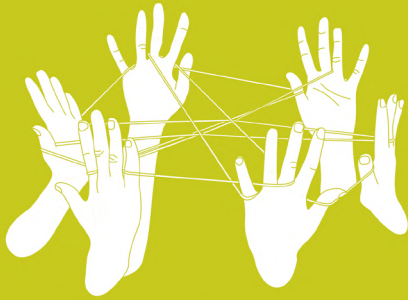
Design graphique : Marie Jamon

Les monnaies cryptographiques et les blockchains

En 2008 Satoshi Nakamoto définissait un nouveau modèle de monnaies, dont l'émission et la gestion s'opèrent sur un réseau pair-à-pair sans contrôle centralisé. Le Bitcoin, première monnaie cryptographique créée sur ce modèle, existe depuis janvier 2009. Il tient très bien, comme les 7000 autres monnaies du même type créées à sa suite. Il fonctionne grâce à une blockchain, un fichier partagé et contrôlé collectivement par un réseau pair-à-pair. Il peut servir à bien d'autres buts que la création de

monnaie. Une multitude d'applications sont, grâce à cette technologie, étudiées et mises en place progressivement, en particulier dans le monde des banques et de la finance.

Il ne fait aucun doute que le rôle de cette technologie nouvelle sera déterminant dans le monde de réseaux qui est le nôtre, où les outils permettant de créer des échanges sécurisés d'informations, de valeurs et de confiance seront des clés du progrès.



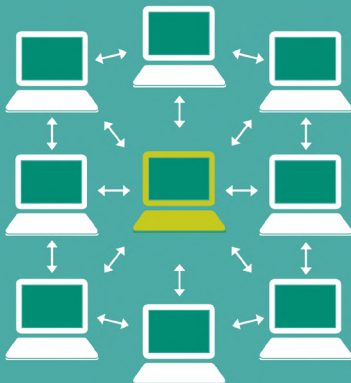
CRÉER DE LA CONFIANCE AVEC LES BLOCKCHAINS

Infographie réalisée à partir de l'article :
DELAHAYE (J-P.). – H5538, *Monnaies
cryptographiques et blockchains -
Créer de la confiance*, dans Technologies
logicielles - Architectures des systèmes,
Techniques de l'Ingénieur (mars 2017)
<http://www.techniques-ingenieur.fr>

DÉFINITION DE LA BLOCKCHAIN

Une blockchain est un **fichier** (a) **partagé sur un réseau pair-à-pair** (c'est-à-dire reproduit et conservé en chaque nœud), (b) **sécurisé** par de bonnes primitives cryptographiques, (c) qui n'évolue que sous le **contrôle** d'une communauté ayant un intérêt à son existence, (d) où **rien ne s'efface** et (e) qui **accroît son contenu** par ajout périodique de pages datées et chaînées les unes aux autres. En disposer est un moyen sûr de partager de l'information et de créer de la confiance entre des acteurs éloignés, qui éventuellement ne se connaissent même pas.

1_ Quelqu'un souhaite effectuer une transaction (monnaie, contrat, autre) de son compte vers un autre compte. Il compose la transaction.



2_ La transaction circule au sein d'un réseau pair-à-pair composés de nœuds.

3_ Les nœuds du réseau contrôlent et valident la transaction au moyen de techniques cryptographiques.





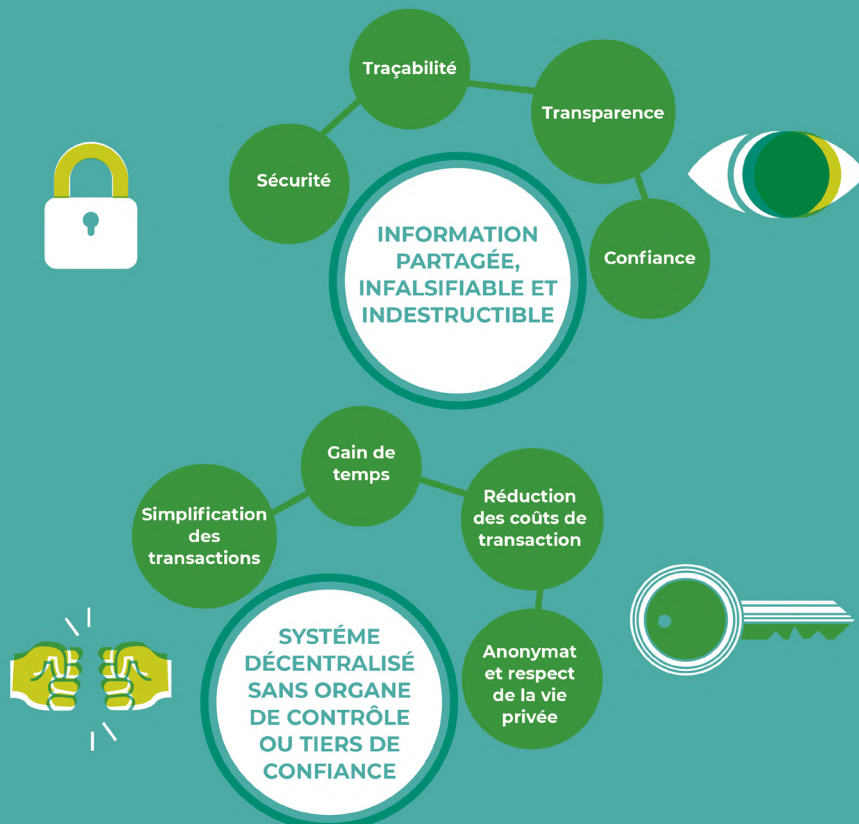
4 _
Une fois vérifiée,
la transaction est
combinée avec les
autres transactions
dans un nouveau bloc.

5 _
Le nouveau bloc est ajouté à la chaîne de blocs de façon
permanente et indestructible à laquelle tous les utilisateurs
ont accès.

6 _
La transaction est définitivement et irréversiblement
enregistrée et validée.



Avantages d'une blockchain



ORIGINE DE LA BLOCKCHAIN

2009

Fin 2008, Satoshi Nakamoto définit un nouveau modèle de monnaies dont l'émission et la gestion s'opèrent sur un réseau pair-à-pair sans contrôle centralisé. Le bitcoin est en **2009** la première monnaie cryptographique créée sur ce modèle.

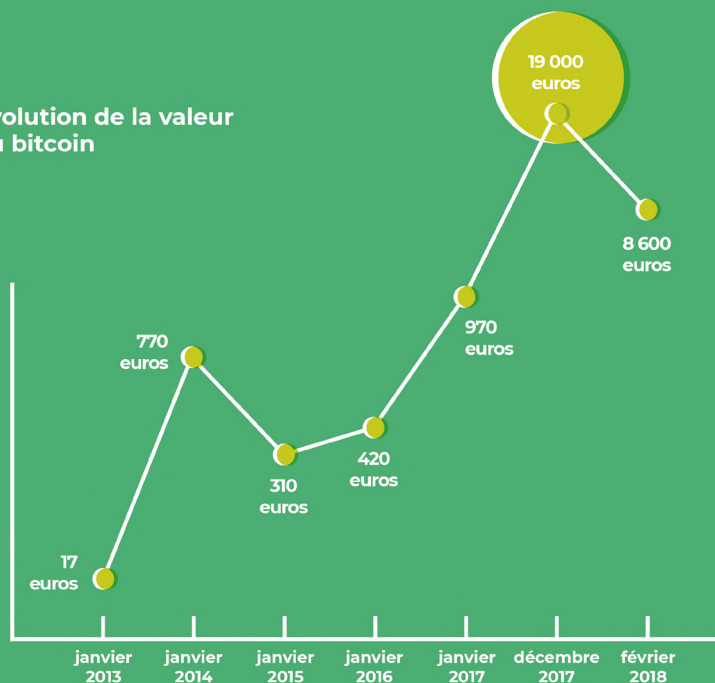
LA BLOCKCHAIN EST LE CAHIER DE COMPTES QUI CONTIENT L'ENSEMBLE DES TRANSACTIONS DEPUIS LE DÉBUT DU BITCOIN, DONT ON PEUT DÉDUIRE LE CONTENU EN BITCOINS DE CHAQUE COMPTE. SA MULTIPLICATION EN CHAQUE NŒUD DU RÉSEAU EMPÊCHE LES MANIPULATIONS DES COMPTES ET LA CRÉATION DE MONNAIES NON PRÉVUES PAR LE PROTOCOLE.



1600

Aujourd'hui il existe plus de **1600** monnaies cryptographiques

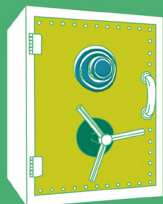
Évolution de la valeur du bitcoin



17 millions

Près de **17 millions**
de **bitcoins** émis en mai 2018

Protocole de Nakamoto



fonctions de **HACHAGE**
CRYPTOGRAPHIQUE

assurent l'intégrité
d'un gros fichier
de comptes



protocoles de **SIGNATURES**
À DOUBLE CLÉ

certifient que seul
le détenteur d'un compte
l'utilise



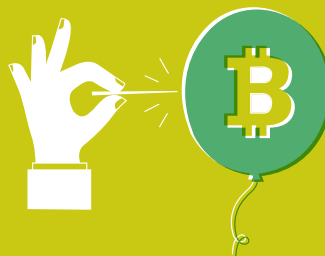
concept de **PREUVE**
DE TRAVAIL

organise un système d'incitation
pour que de nombreux utilisateurs
participent à la gestion et à la
surveillance du système

À SAVOIR SUR LE BITCOIN

Le risque mathématique d'un effondrement du bitcoin existe

Le système de signature à double clé du bitcoin n'a jamais été prouvé incassable. Un mathématicien génial pourrait un jour trouver un moyen de calculer les clés privées à partir des clés publiques.



Le risque d'un effondrement informatique existe

Un effondrement informatique dû à un bug dans les programmes faisant fonctionner le réseau est possible. Tous les bugs ne sont pas aussi graves que l'effondrement mathématique, mais certains le valent presque.



Le bitcoin ne jouera pas avant longtemps un rôle équivalent au dollar ou à l'euro

Pour que le bitcoin puisse concurrencer le dollar ou l'euro, il devrait voir son cours augmenter encore. Ce n'est pas impossible mais cela ne se fera pas sans réaction des États concernés par l'émergence d'un concurrent nuisible à leurs monopoles.



L'anonymat de Satoshi Nakamoto est un problème ennuyeux

Le fait de ne pas savoir qui est Satoshi Nakamoto nuit au bitcoin. Comment faire confiance à un système dont on ne connaît pas l'inventeur (ou le groupe d'inventeurs) qui reste obstinément caché ?



Le bitcoin est très inégalitaire

Les premiers arrivants disposent d'une part vraiment importante des bitcoins. On a calculé que moins de mille personnes détiennent la moitié des bitcoins, ce qui signifie aussi qu'un petit nombre de détenteurs peuvent influencer fortement sur les cours, ou même les manipuler.



APPLICATIONS DES BLOCKCHAINS



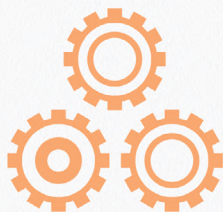


Design graphique : Aurélie Garnier

La personnalisation de masse

La personnalisation de masse est un processus par lequel une entreprise donne les moyens à ses clients de personnaliser un produit ou un service. Elle met en œuvre les technologies et les méthodes permettant de produire une multitude de variétés de produits afin de répondre rapidement à la demande des consommateurs. Élément essentiel de l'industrie du futur, agile et flexible, la personnalisation de masse permet de combiner les caractéristiques de la production de masse et celle de la personnalisation, et d'adapter les produits sans en affecter l'efficacité.

Dans le cadre d'une industrie connectée, la personnalisation de masse permet de s'adapter rapidement aux fluctuations du marché et de répondre aux nouvelles exigences des consommateurs. Les nouvelles technologies de production – fabrication additive, robotisation, intelligence artificielle, etc. - accroissent la sophistication et facilitent la fabrication personnalisée.



PERSONNALISATION DE MASSE

La personnalisation de masse (ou *mass-customization*) est un processus par lequel une entreprise donne les moyens à ses clients de personnaliser un produit ou un service en mettant en œuvre les technologies et les méthodes pour produire une multitude de variétés de produits afin de répondre rapidement à la demande des consommateurs.

ENJEUX

- **Combiner les caractéristiques** de la production de masse et de la personnalisation.
- **Adapter les produits** sans affecter l'efficacité.
- **Concevoir un produit sur mesure ou disposer d'options de personnalisation** de composants de base.

FILIÈRES CONCERNÉES



Automobile



Biomedical-Santé



Agroalimentaire



Luxe

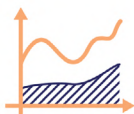
IMPACTS & BÉNÉFICES



Se différencier en proposant des produits sur mesure.



Exploiter les nouvelles technologies de production qui accroissent la sophistication, ce qui facilite l'adoption de la personnalisation de masse.



S'adapter aux fluctuations des marchés et à la segmentation de plus en plus fine.



Mettre le client au centre du business model : passer d'un modèle *Business to Consumers* à un modèle *Business to Users*.

TECHNOLOGIES LIÉES



Chainage numérique



Machines intelligentes



Robotisation des procédés



Fabrication additive

EXEMPLES D'APPLICATIONS

« Pour la Citroën DS3, il existe, hors motorisation, 3 millions de combinaisons différentes, couleur du toit, de la carrosserie, planche de bord, jantes... »

DÉFIS À RELEVER



Disposer des logiciels de gestion du cycle de vie des produits (PLM) capables de s'intégrer à la planification des ressources d'entreprise (ERP).



Évaluer l'impact commercial de la personnalisation des produits.



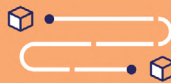
Mettre en place des chaînes logistiques intelligentes pour pouvoir s'adapter à une demande imprévue et servir les bons utilisateurs finaux.



BMW, leader de la personnalisation de masse en automobile
Lignes de production automatisées flexibles (robots collaboratifs) pour produire des véhicules configurés précisément.



AGCO
Principe de sous-ensembles permettant d'assembler le plus tard possible sur la ligne de production les éléments d'un tracteur personnalisé.



Système ACOPOSTrack de B&R de transport de produits offrant une flexibilité, avec des aiguillages ultrarapides, pour une personnalisation de masse en agroalimentaire.



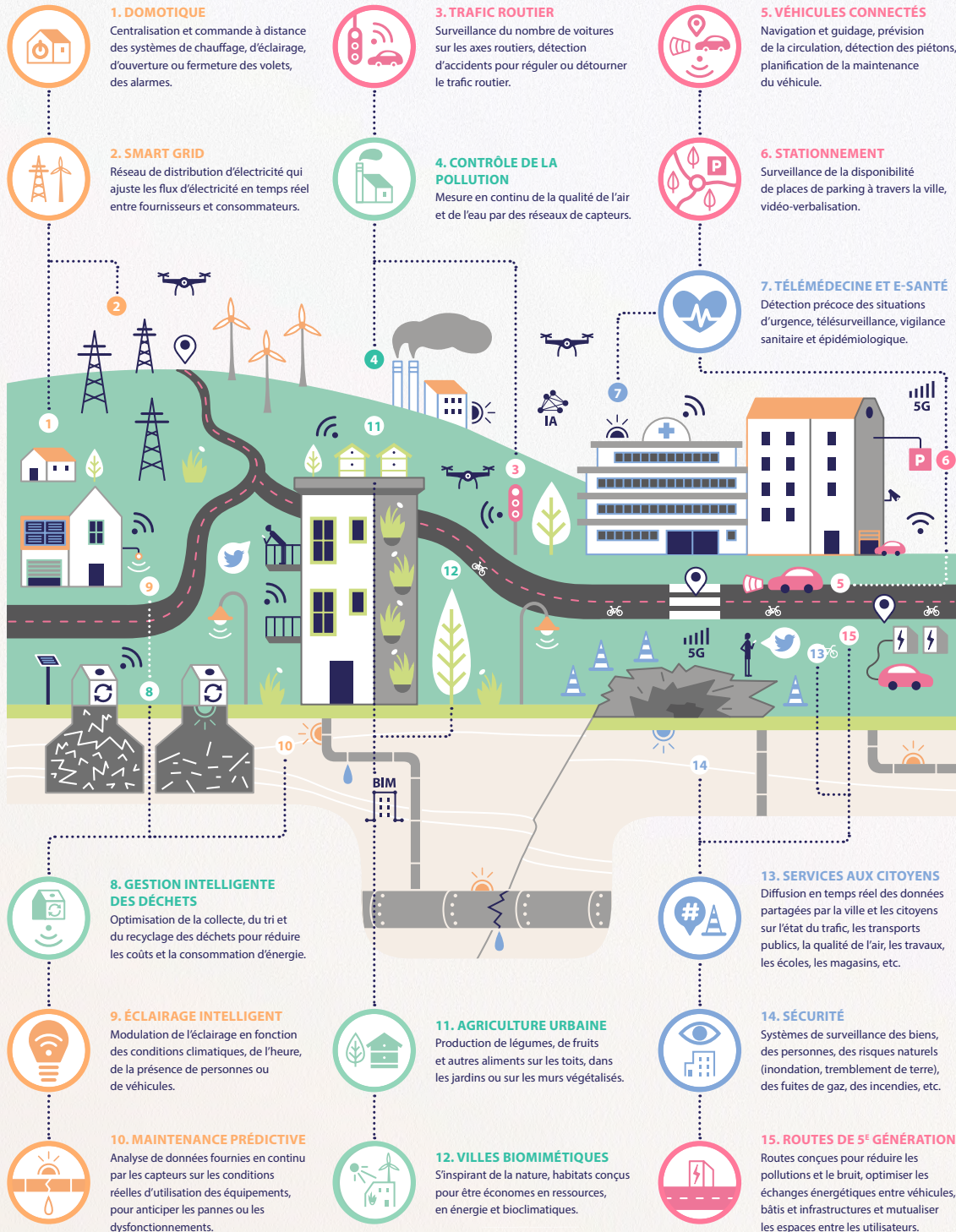
Projet La Bandita de Siemens, Hackrod et Divergent 3D
Environnement IA pour que le client conçoive son véhicule personnalisé.

La ville intelligente

Les technologies numériques sont en train de transformer durablement le fonctionnement de nos villes actuelles, et ont pour objectifs de répondre aux défis liés à la gestion de métropoles de plus en plus énormes. Le nouveau concept de ville intelligente, plus souvent appelé *smart city*, change toute l'idée que nous avons du fonctionnement d'une ville : au niveau de l'habitat, de la mobilité et des transports, de la gestion énergétique, de la santé publique, des questions environnementales, et dans bien d'autres domaines qui impactent directement la vie quotidienne des citoyens mais aussi les politiques urbaines.

LA VILLE INTELLIGENTE

● habitat intelligent ● mobilité ● services à la personne ● gestion environnementale



Créativité et fabrication additive

Si les applications actuelles restent principalement dédiées aux productions sur mesure (implants, chirurgie, etc.) ou à forte valeur ajoutée (aéronautique, défense, Formule 1, etc.), la démocratisation de ces technologies va, dans un avenir proche, impacter de nombreux domaines tant sur le plan technologique que sur le plan social.

Un rapprochement entre créativité et fabrication additive est étudié par les chercheurs et les concepteurs. Les méthodes de créativité

au paradigme additif peuvent favoriser la génération d'idées nouvelles ouvrant la voie aux futures applications de la fabrication additive. Quelle est la place de la fabrication additive dans le processus de création ? Comment la fabrication additive peut-elle favoriser les phases créatives pour la conception innovante de produits ? Comment peut-elle stimuler la créativité ?



CRÉATIVITÉ ET FABRICATION ADDITIVE

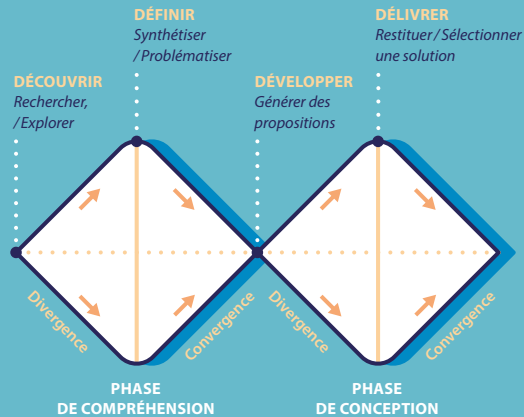


TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR

Créativité et fabrication additive :
www.techniques-ingenieur.fr
Conception: Frédéric Segonds, Armand Lang (Laboratoire de Conception de Produits et Innovation, Arts et Métiers)
Design graphique: Marie Jamon
Typographies: « Cassanat Bold » ©Atipo; « Lato », ©Łukasz Dziedzic

Comment la fabrication additive (FA) peut-elle favoriser les phases créatives pour la conception innovante de produits ?

CRÉATIVITÉ : LA MÉTHODE DU DOUBLE DIAMANT



LES ATOUTS DE LA FABRICATION ADDITIVE



Complexité géométrique
Décomposition d'un problème 3D en une série de problèmes 2D plus simples à résoudre.



Complexité matériau
Conception multi-matériau avec variation de densité.

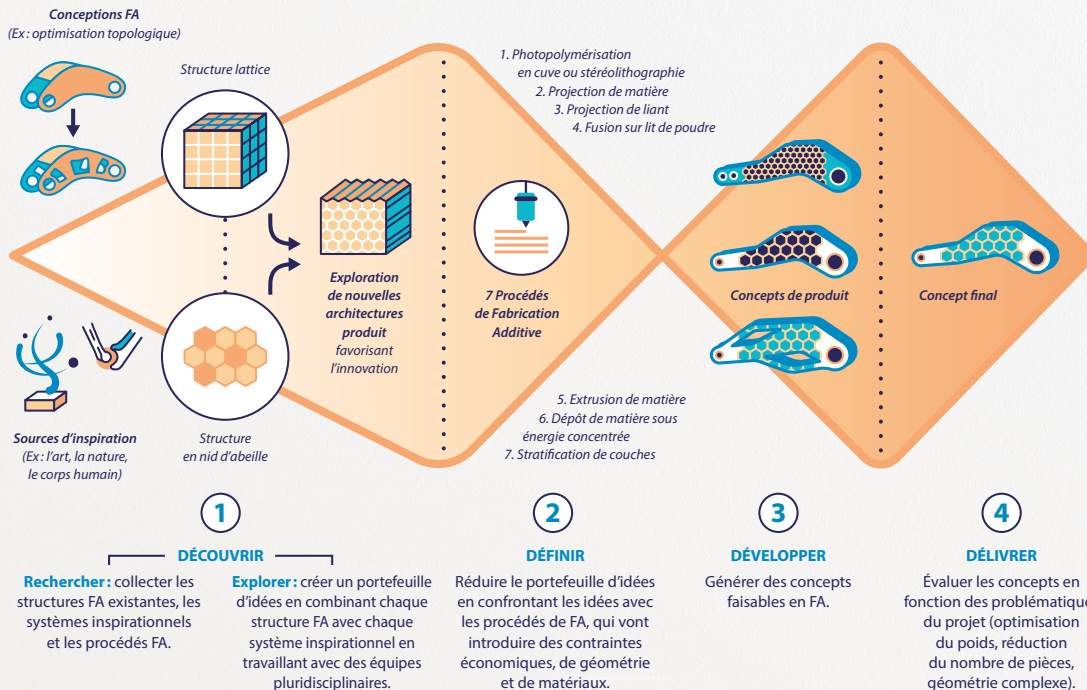


Complexité hiérarchique
Conception de pièces avec une structure interne complexe.



Complexité fonctionnelle
Conception de structures et de géométries dépendant des propriétés fonctionnelles.

APPROCHE CRÉATIVE DE CONCEPTION DE PRODUIT PAR FABRICATION ADDITIVE (FA)

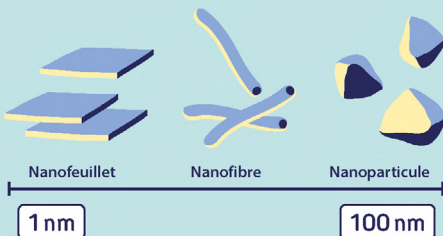


Nanomatériaux dans l'alimentation

L'application des nanomatériaux dans la vie quotidienne suscite aussi bien de l'enthousiasme que de la crainte selon le champ d'application. S'il y en a bien un qui a suscité de vives réactions en France, c'est l'alimentation. Cette infographie, après avoir rappelé les définitions des nanomatériaux actuellement en cours et ce qui fait la spécificité des nanomatériaux, présente la nature des nanomatériaux connus et en usage dans la fabrication des denrées alimentaires, leurs fonctions et ce qu'il est à retenir des évaluations réalisées à l'échelle européenne pour assurer la qualité sanitaire des aliments dans lesquels ils sont autorisés à être incorporés.

LES NANOMATÉRIAUX DANS L'ALIMENTATION

Comment contrôler leur innocuité et protéger le consommateur ?



DÉFINITION DE NANOMATÉRIAU

Matériau ayant une dimension externe à l'échelle de longueur s'étendant approximativement de 1 nm à 100 nm ou ayant une structure interne ou une structure de surface à l'échelle nanométrique (Norme ISO/TS 80004-1 : 2015).

GLOSSAIRE

R-Nano

Registre français qui collecte annuellement les déclarations de substances nanoparticulaires des producteurs, importateurs et distributeurs en France, géré par l'Anses.

Efsa

Autorité européenne de sécurité des aliments

Anses

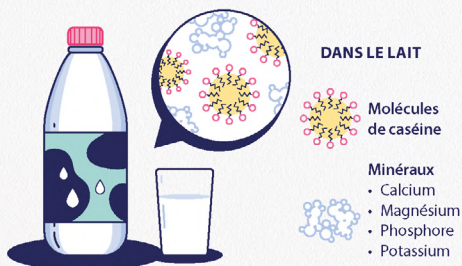
Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

DGCCRF

Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes

D'OÙ VIENNENT-ILS ?

Notre alimentation contient **naturellement** des nano-objets.



La majorité des nanomatériaux manufacturés ajoutés sont des **additifs alimentaires inorganiques.**



LES FONCTIONS DES ADDITIFS ALIMENTAIRES

GARANTIR LA QUALITÉ SANITAIRE DES ALIMENTS



éviter la moisissure et l'oxydation (anti-oxydants)



conservateur (conservateurs)



enrichir (apport de minéraux)

AMÉLIORER L'ASPECT ET LE GOÛT D'UNE DENRÉE



colorer (colorants)



sucrer (édulcorants)



accentuer le goût (exhausteurs)

CONFÉRER UNE TEXTURE PARTICULIÈRE



épaissir (épaississants)



gélifier (gélifiants)

GARANTIR LA STABILITÉ DU PRODUIT



mélanger (émulsifiants)

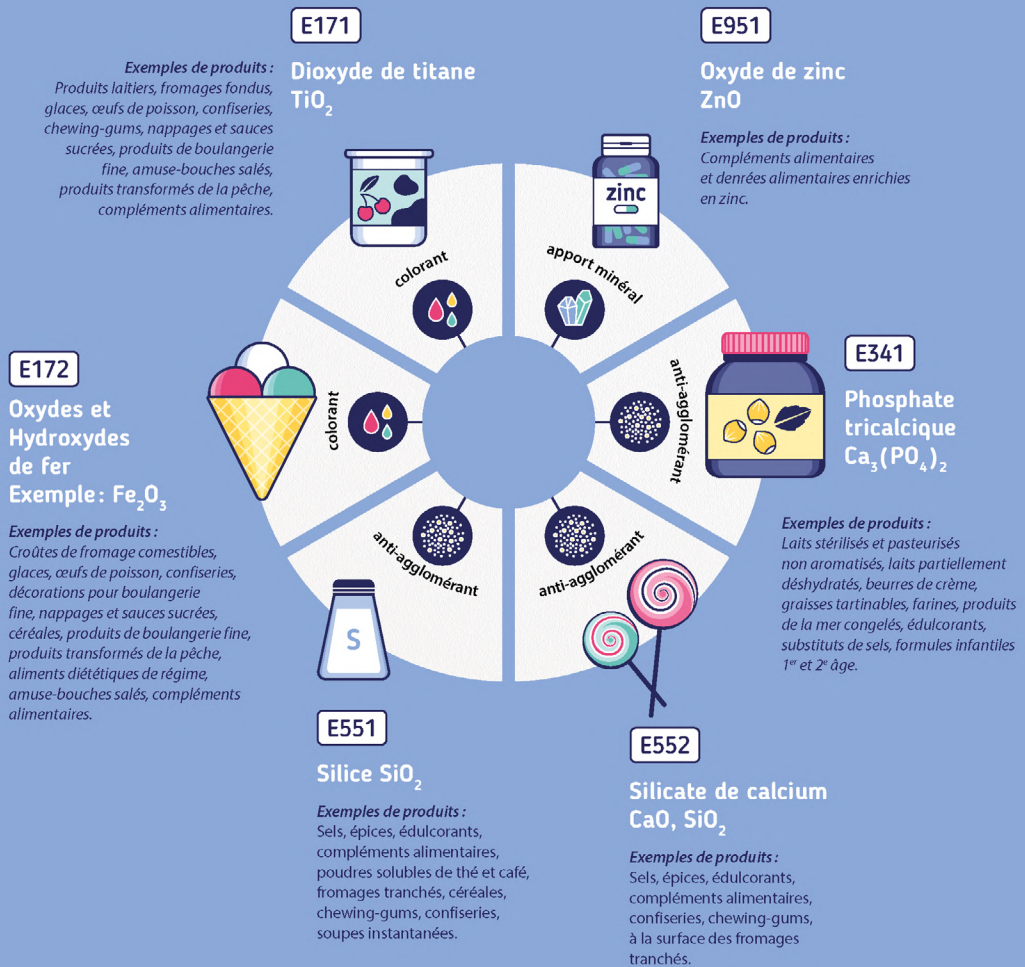


éviter les morceaux (anti-agglomérants)



stabiliser (stabilisants)

PRINCIPAUX ADDITIFS CONTENANT DES NANOMATÉRIAUX



L'ÉTIQUETAGE (RÈGLEMENT EUROPÉEN N°1 169/2011)

Tous les ingrédients qui se présentent sous forme de **nanomatériaux manufacturés doivent être indiqués clairement dans la liste des ingrédients.**

Le nom des ingrédients est suivi du mot « nano » entre crochets.



INGRÉDIENTS DÉSHYDRATÉS :

Sucre (99,5 %),
Dextrose, Colorant:
E 129, Arôme, Anti-
agglomérant:
Silice E 551 [nano].

En 2017, sur **74 produits analysés** par la DGCCRF, **29 contenaient des nanoparticules** alors qu'**un seul avait la mention [nano]**.

1 PRODUIT
contenait des nanoparticules
avec mention [nano]

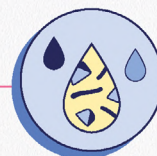


LES FREINS À L'ÉTIQUETAGE



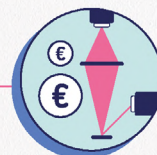
LA MÉCONNAISSANCE
des additifs alimentaires
et des nanotechnologies

L'INTERPRÉTATION
du mot « intentionnel »
dans la définition
d'un nanomatériau



L'EXPERTISE REQUISE
pour la caractérisation

LES COÛTS DE CARACTÉRISATION
comme les microscopies
électroniques



LA CRAINTE de l'association
« nano = toxicité »

TOXICITÉ ÉVALUÉE PAR L'EFSA ET L'ANSES



Aucun additif contenant des nanomatériaux n'a été jugé toxique avec les dernières données scientifiques disponibles.



Sauf le dioxyde de titane car il manque des données sur sa toxicité.



Principe de précaution : à partir du 1^{er} janvier 2021, suspension pour 1 an de la mise sur le marché des denrées contenant cet additif.

VERS UNE AMÉLIORATION DE LA CONFIANCE DU CONSOMMATEUR DANS LES ALIMENTS TRANSFORMÉS

Définition harmonisée
des nanomatériaux

1



2

Amélioration
des déclarations
dans le registre R-Nano

Études de toxicité
répondant aux lacunes
identifiées par l'EFSA

4



3

Campagne de caractérisation
de tous les additifs selon les
recommandations de l'EFSA

Confrontation des registres
mis en place dans
différents pays européens
(France, Norvège, Belgique,
Danemark et Suède)

5



6

Mise en place par l'EFSA de
spécifications liées à la taille
pour les additifs alimentaires

Design graphique : Marie Jamon

Chimie et développement durable

La chimie et, plus particulièrement la chimie organique doit désormais composer avec les problèmes d'environnement et de pénurie des matières premières d'origine fossile. L'industrie chimique a la préoccupation permanente de contrôler la plupart des cycles de vie des produits afin d'intégrer les principes d'une chimie durable dite chimie écocompatibile ou chimie verte. La charte de la chimie verte comprend 12 principes.

CHIMIE ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

LES 12 PROPOSITIONS FONDATRICES DE LA CHIMIE VERTE

1. PRÉVENIR LA POLLUTION

« La limitation de la pollution à la source en évitant la production de résidus plutôt que de devoir traiter et éliminer les déchets. »

2. ÉCONOMIE D'ATOMES ET D'ÉTAPES

« L'économie d'atomes et d'étapes qui permet de réaliser, à moindre coût, l'incorporation de fonctionnalités dans les produits recherchés tout en limitant les problèmes de séparation et de purification. »

3. CONCEVOIR DES SYNTHÈSES MOINS DANGEREUSES

« La conception de synthèses moins dangereuses grâce à l'utilisation de conditions douces et la préparation de produits peu ou pas toxiques pour l'homme et l'environnement. »

4. CONCEVOIR DES PRODUITS CHIMIQUES MOINS TOXIQUES

« La conception de produits chimiques moins toxiques avec la mise au point de molécules plus sélectives et non toxiques impliquant des progrès dans les domaines de la formulation et de la vectorisation des principes actifs et des études toxicologiques à l'échelle cellulaire et au niveau de l'organisme. »

5. RÉDUIRE L'UTILISATION DE SOLVANTS ORGANIQUES ET D'AUXILIAIRES DE SYNTHÈSE

« La recherche d'alternatives aux solvants polluants et aux auxiliaires de synthèse. »

6. RÉDUIRE LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE ET FAVORISER L'EMPLOI D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

« La diminution des besoins énergétiques des procédés chimiques en choisissant, dès que possible, des méthodes de synthèse qui peuvent être réalisées à température ambiante et à pression atmosphérique. La limitation des dépenses énergétiques avec la mise au point de nouveaux matériaux pour le stockage de l'énergie et la recherche de nouvelles sources d'énergie à faible teneur en carbone. »

7. METTRE À PROFIT LES MATIÈRES PREMIÈRES RENOUVELABLES

« L'utilisation de ressources renouvelables à la place des produits fossiles. Les analyses économiques montrent que les produits issus de la biomasse représentent 5 % des ventes globales de produits chimiques. »

À l'aide du bouton +, retrouvez les articles de Techniques de l'Ingénieur associés à chacune des propositions.



8. RÉDUIRE LE NOMBRE DE DÉRIVÉS QUI PEUVENT ENGENDRER DES DÉCHETS

« La réduction du nombre de dérivés en minimisant l'utilisation de groupes protecteurs ou auxiliaires. »

9. PRIVILÉGIER DES PROCÉDÉS CATALYTIQUES AUX PROCÉDÉS STÉCHIOMÉTRIQUES

« L'utilisation des procédés catalytiques de préférence aux procédés stœchiométriques avec la recherche de nouveaux réactifs plus efficaces et minimisant les risques en termes de manipulation et de toxicité. La modélisation des mécanismes par les méthodes de la chimie théorique doit permettre d'identifier les systèmes les plus efficaces à mettre en œuvre (incluant de nouveaux catalyseurs chimiques, enzymatiques et/ou microbiologiques). »

10. CONCEVOIR DES PRODUITS NON PERSISTANTS DANS L'ENVIRONNEMENT

« La conception des produits en vue de leur dégradation finale dans des conditions naturelles ou forcées de manière à minimiser l'incidence sur l'environnement. »

11. METTRE AU POINT DES MÉTHODES D'ANALYSES EN TEMPS RÉEL DE LUTTE CONTRE LA POLLUTION

« La mise au point des méthodologies d'analyses en temps réel pour prévenir la pollution, en contrôlant le suivi des réactions chimiques. Le maintien de la qualité de l'environnement implique une capacité à détecter et, si possible, à quantifier la présence d'agents chimiques et biologiques réputés toxiques à l'état de traces (échantillonnage, traitement et séparation, détection, quantification). »

12. MINIMISER LE RISQUE D'ACCIDENTS EN PRATIQUANT UNE CHIMIE À SÉCURITÉ MAXIMALE

« Le développement d'une chimie fondamentalement plus sûre pour prévenir les accidents, explosions, incendies et émissions de composés dangereux. »

Les 12 propositions fondatrices sont commentées dans l'article suivant : MALACRIA (M.), GODDARD (J.-P.), OLLIVIER (C.), *Chimie et développement durable – Vers une chimie organique écoresponsable*, Techniques de l'Ingénieur, K1200 (mai 2009). Voir : www.techniques-ingenieur.fr



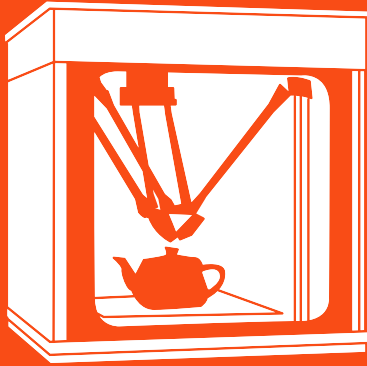
Conception : Éditions TI/Céline Chartier
Design graphique : Marie Jamon
Typographies : « Cassanat Bold » ©Alipo ; « Lato », ©Łukasz Dąbrowski

Design graphique : Marie Jamon

L'impression 3D et développement durable

L'impression 3D constitue un sujet qui suscite beaucoup d'interrogations : l'aspect quelque peu magique de voir sous nos yeux se créer des objets à partir d'un ordinateur pourrait ouvrir la voie à une modification profonde du modèle de développement économique de notre société.

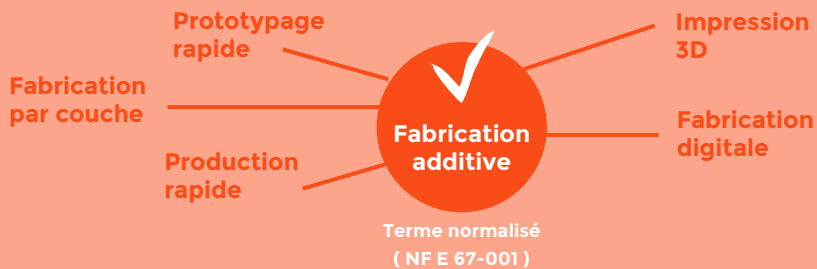
Il s'agit donc de comprendre les promesses liées à cette nouvelle technologie afin d'identifier sa possible contribution à un mode de développement écoresponsable. Mais, au-delà de ces promesses, il s'agira aussi de dresser les limites de cette révolution technologique et de sa capacité à être à l'origine d'une nouvelle révolution industrielle.



IMPRESSION 3D ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

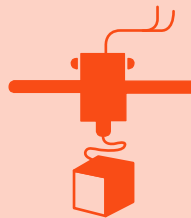
—
Infographie réalisée à partir de l'article :
MOLINARI (L.) - AG6753, *L'impression 3D
dans une perspective de développement durable*,
dans *Éco-conception et innovation responsable*,
Techniques de l'Ingénieur (janvier 2015)
www.techniques-ingenieur.fr

BEAUCOUP DE SYNONYMES !



2D vs 3D

—
Par analogie avec les techniques traditionnelles
d'impression 2D, l'impression 3D permet la
fabrication d'objets en trois dimensions à partir
d'une source numérique.



PROCÉDÉS CLASSIQUES

Mise en forme par enlèvement de matière
= par soustraction



VS

FABRICATION ADDITIVE

Fabrication de l'objet par dépôts successifs de matière, couche par couche = par addition



LARGE CHOIX DE MATÉRIAUX

-



Céramiques



Métal



Textiles



Tissus biologiques



Plastiques



Résines



Caoutchouc



Produits alimentaires

MARCHÉ

(Wohlers Report 2012)

2,2

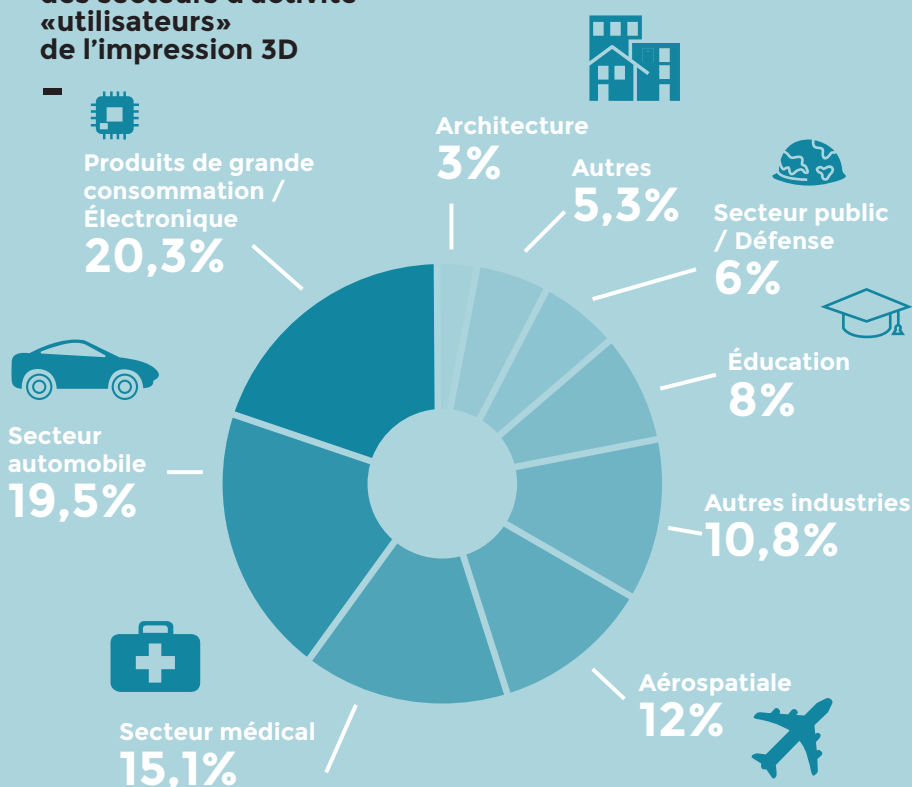
milliards de dollars
de chiffre d'affaires
en 2012

20%

utilisation de l'impression
3D pour la production
directe

POURCENTAGES

en chiffre d'affaires
des secteurs d'activité
«utilisateurs»
de l'impression 3D



Prototypage rapide



Production de petites séries



Conception innovante /
Formes complexes



Personnalisation /
Production à la demande

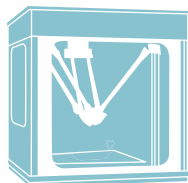


FAIBLES COÛTS D'ÉQUIPEMENT

Croissance constante du marché des machines «low-cost», c'est-à-dire dont le coût est inférieur à 5000€.



Favorable aux start-up, particuliers, bricoleurs, étudiants, etc.



2500€

Imprimantes
MARKERBOT



350
à 950€

Imprimantes
PRINTRBOT

UN OUTIL DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

> PRODUIRE MOINS MAIS MIEUX



PRODUCTION DURABLE

Gain de temps et baisse des coûts grâce au prototypage rapide

Économie de matière

Baisse du taux de rebut



PRODUCTION À LA DEMANDE ET EN PETITES SÉRIES

Entreprises plus petites, souples, agiles et viables

Émergence d'un consommateur plus autonome et responsable car pouvant produire une partie de ses propres biens

Moins de gaspillage dû aux invendus et surstocks



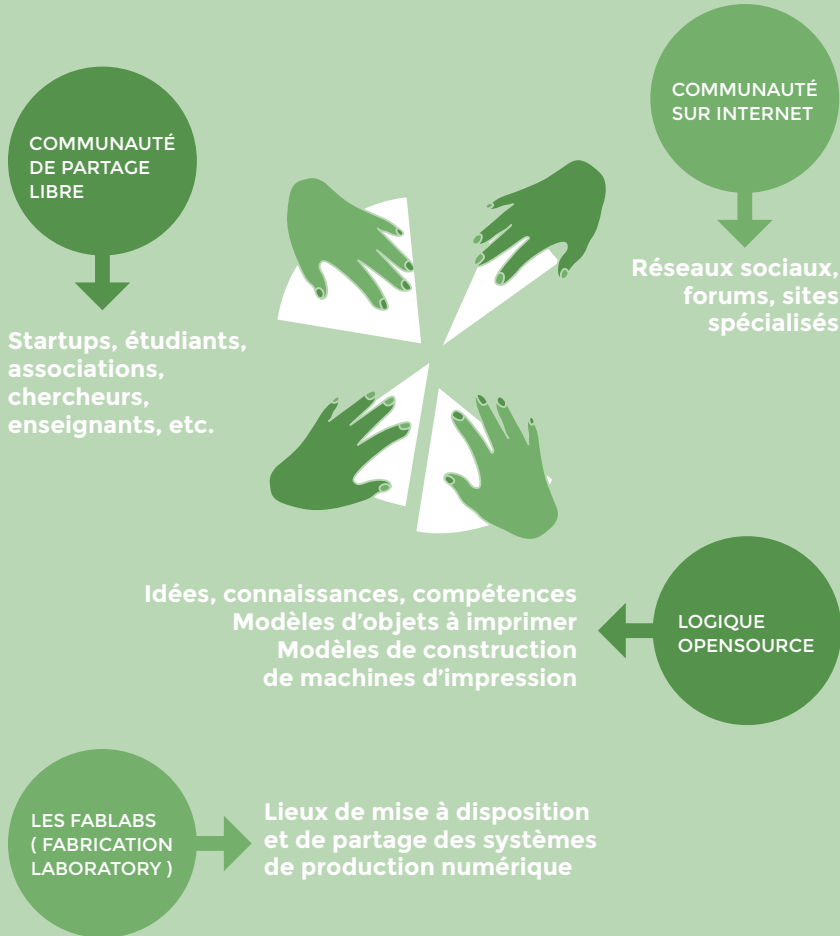
> ALLONGEMENT DE LA DURÉE DE VIE DES PRODUITS

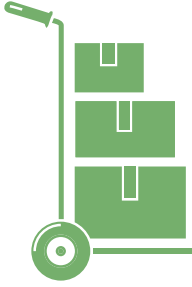


RÉDUCTION DE L'OBSOLESCENCE PROGRAMMÉE

Fabrication en petites séries de pièces de remplacement nécessaires à la réparation d'objets courants soit par les entreprises productrices, soit par des tiers : consommateurs autonomes ou entreprises spécialisées.

> CULTURE MAKER ET PARTAGE DU SAVOIR





> RELOCALISATION DE L'ÉCONOMIE

- Production au niveau local, individuel ou communautaire
- Réduction des émissions polluantes de la supply chain (transports et logistique)

> TRANSFORMATION DES MODÈLES DE VENTE

Si l'individu consommateur produit une partie de ses propres biens :
> réduction de la fréquence de déplacements en magasin,
baisse des émissions de gaz à effet de serre.

RAPPEL

Dans le bilan carbone des magasins ou des lieux de vente,
près de 50% des émissions de gaz à effet de serre (GES)
sont générées par les déplacements des consommateurs
sur le lieu de vente, le plus souvent effectués en véhicule personnel.



Design graphique : Aurélie Garnier

Les entreprises face au développement durable et à la responsabilité sociale

Depuis plusieurs décennies, les pouvoirs publics se revendiquent du développement durable tandis que les entreprises privées cherchent à démontrer leur responsabilité sociale. Le développement durable suggère un nouveau projet de société à une époque où nos écosystèmes menacés requièrent de repenser le rapport des humains à la nature et, pour ce faire, de transformer nos économies. La responsabilité sociale traduit une nouvelle perspective du rôle de l'entreprise dans nos sociétés qui déborde désormais de la sphère économique.

Les deux expressions ont fait l'objet de nombreuses déclarations et analyses. Que signifient précisément le développement durable et la responsabilité sociale ? Quels sont leurs grands principes ? De quels changements sont-ils porteurs ? Comment les différents acteurs de la société sont-ils interpellés par leurs défis ?



LES ENTREPRISES FACE AU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET À LA RESPONSABILITÉ SOCIALE

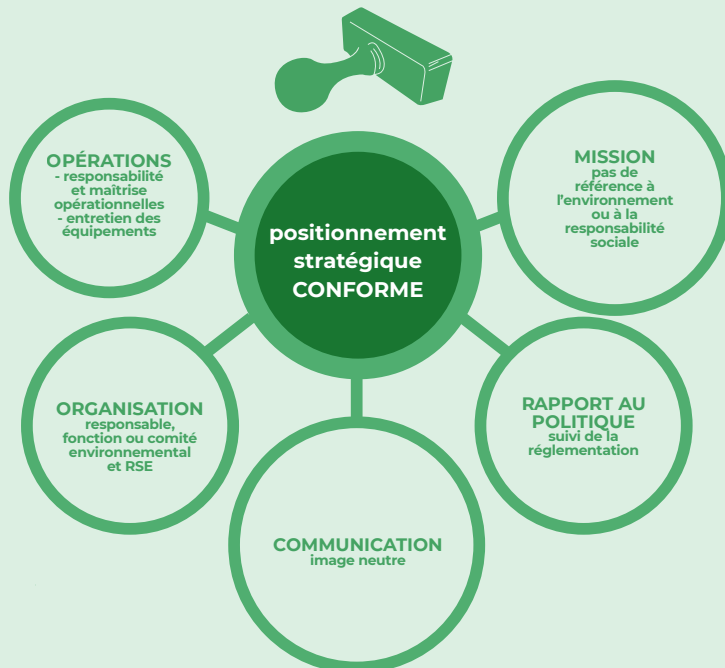
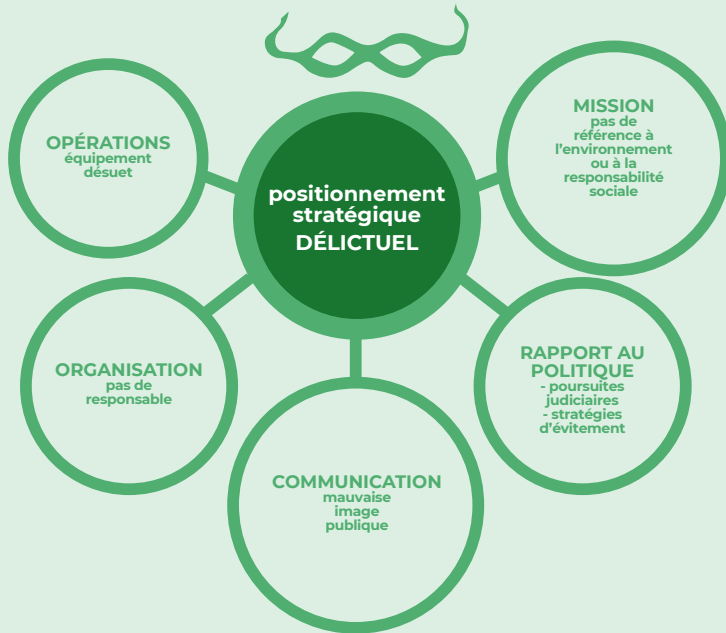
Infographie réalisée à partir de l'article :
GENDRON (C.), - G8405, *Développement durable et responsabilité sociale de l'entreprise*, dans *Éco-conception et innovation responsable*, Techniques de l'Ingénieur (juillet 2014)
www.techniques-ingenieur.fr

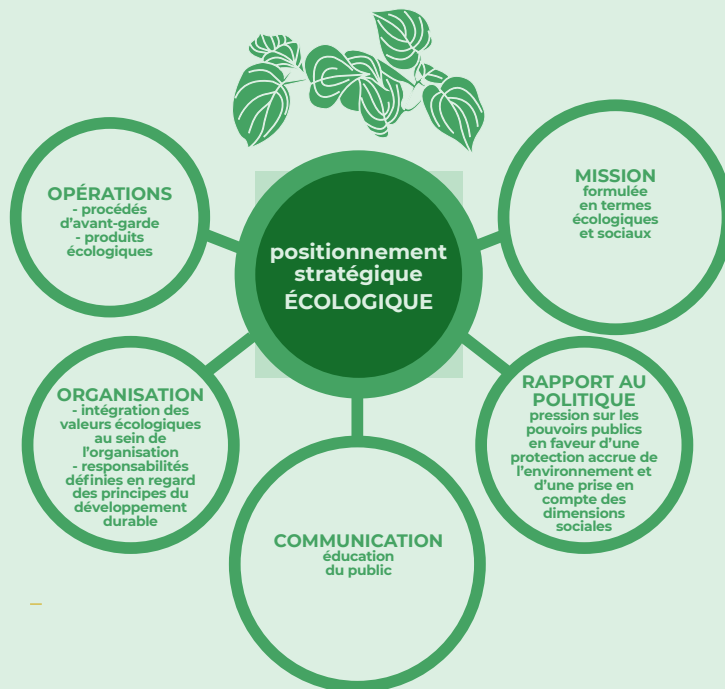
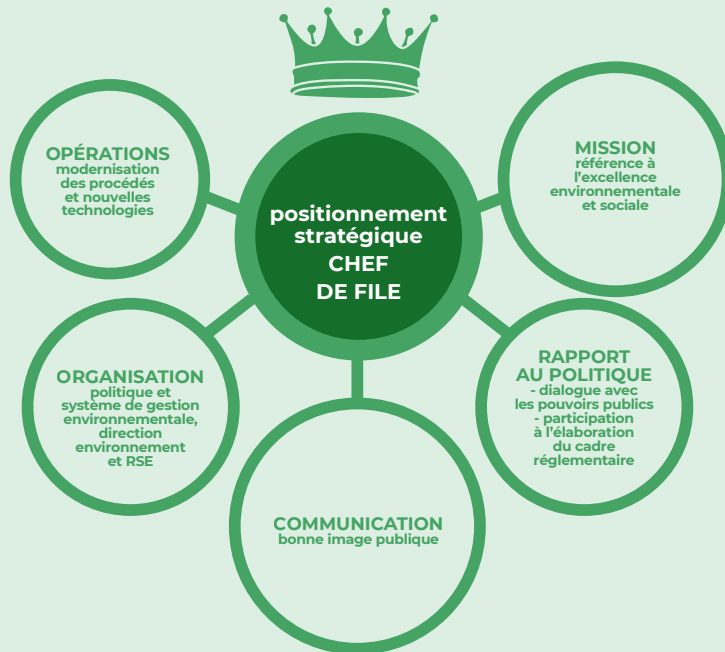
POSITIONNEMENT ET STRATÉGIE DES ENTREPRISES

Évolution de l'attitude des entreprises face à la problématique environnementale des années 1950 à nos jours



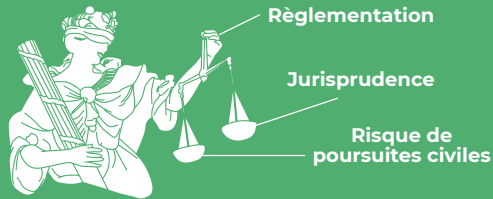
Positionnements stratégiques des entreprises en matière d'environnement et de responsabilité sociale





Types de pression à l'adoption d'un système de gestion environnementale

PRESSION JURIDIQUE



PRESSION FINANCIÈRE



PRESSION COMMERCIALE



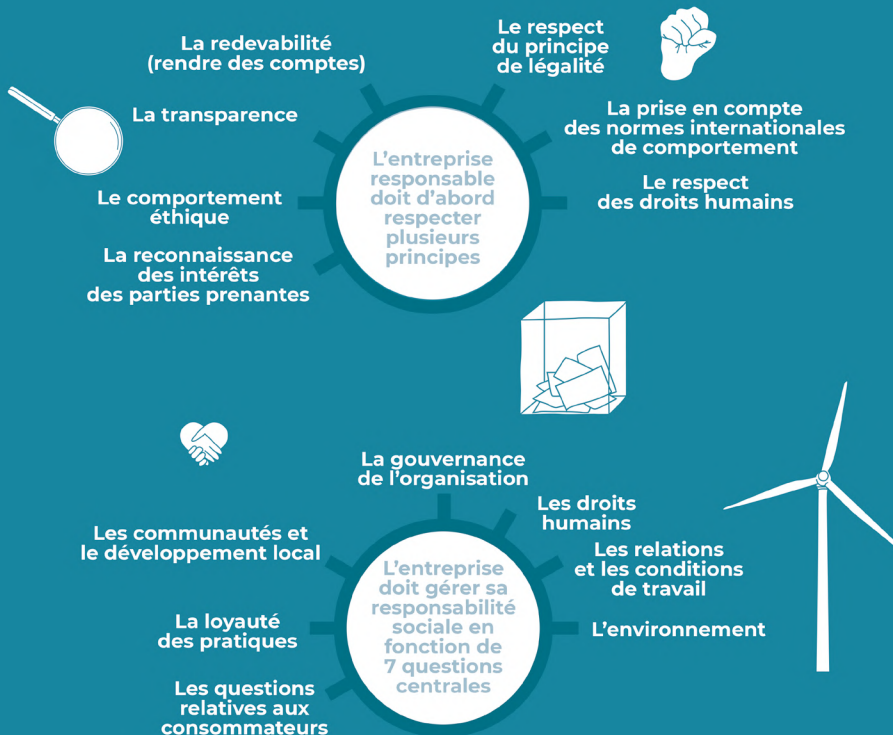
PRESSION SOCIALE



Norme ISO 26000 : 2010

« Lignes directrices relatives à la responsabilité sociétale »

« La responsabilité sociale est le moyen par lequel les entreprises peuvent contribuer au développement durable. »



SA8000 : unique norme certifiant la conformité sociale

« Ensemble de codes de conduite en matière de droits humains à l'intention des partenaires commerciaux des entreprises, chez qui elles réalisent des audits périodiques. Ces initiatives répondent aux prescriptions de la norme ISO 26000 qui précise que l'entreprise doit exercer sa responsabilité sociale dans toute sa sphère d'influence, ce qui l'étend à ses sous-traitants. »

CHAPITRES DE LA NORME SA8000

EXIGENCES DE BASE PAR CHAPITRE

Travail
des
enfants

Connaître l'âge de scolarisation obligatoire (16 ans en France) et ainsi vérifier qu'il n'y a aucun salarié présent en dessous de cet âge.



Travail
forcé et
obligatoire

Aucun travail ne devra être obtenu sous la contrainte, la sanction ou la menace d'une sanction. La liberté de mouvement et de choisir est garantie.



Hygiène
et sécurité

Garantie que l'organisation offre à l'ensemble de ses salariés des conditions de travail sûres et saines. Nous sommes au cœur des conditions de travail qui soient protectrices pour l'ensemble des collaborateurs. La formation permanente joue un rôle primordial de conformité.



Discrimination

S'assurer que toute décision est prise sur la base des compétences et des performances. S'assurer que les décisions prises ne le soient pas sur la base de critères individuels visant à interdire ou à préserver un avantage.



CHAPITRES
DE LA NORME
SA8000

EXIGENCES
DE BASE
PAR
CHAPITRE

Liberté
d'association
et droit à la
négociation
collective

Permettre l'adhésion à une représentation des salariés et permettre la négociation, avec les représentants élus, d'accords collectifs impliquant l'ensemble des salariés.



Sanctions
disciplinaires

Respecter l'intégrité physique et morale des salariés sanctionnés (sanction appropriée et évitant des mesures de punition physique, morale ou pécuniaire).



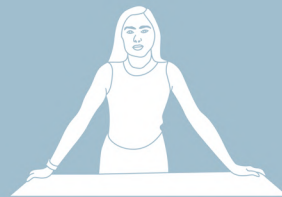
Rémunération

Vérifier que la rémunération la plus basse de l'organisation permet l'atteinte d'un niveau de salaire décent. Ceci évitera l'usage systématique d'heures supplémentaires pour pouvoir survivre. C'est un point sensible rencontré fréquemment : comment calculer un salaire de base décent, souvent différent d'un salaire minimal légal ?



Système de
management

S'assurer que l'ensemble des procédures, programmes et politiques soient écrits, appliqués et exploités.



ÉCOCONCEPTION

« Précepte central de l'économie circulaire, l'écoconception consiste à intégrer au processus de conception des produits et des services des considérations écologiques mais aussi le souci d'une maximisation de l'utilité sociale, sachant que l'impact écologique d'un produit est presque entièrement déterminé lors de sa phase de conception. »



COMMUNICATION

Parce que la performance environnementale et sociale répond à des attentes de plus en plus pressantes de la population, la communication environnementale et sociale revêt une importance toute particulière en matière de responsabilité sociale. Les pratiques communicationnelles couvrent un large spectre, allant de la promotion de la qualité environnementale des produits et de l'entreprise à la reddition de comptes et au dialogue avec les parties prenantes.

LE GREENWASHING OU ÉCOBLANCHIMENT

Le greenwashing consiste à faire valoir la qualité écologique d'un produit ou d'une organisation sans en avoir sensiblement amélioré la performance environnementale réelle.



Les sept péchés capitaux du greenwashing définis par l'organisation TerraChoice à partir d'une analyse des pratiques des entreprises :

LE COMPROMIS CACHE

commis lorsqu'on laisse croire qu'un produit est « vert » en se basant sur un nombre déraisonnablement restreint de critères, sans égard à d'autres préoccupations écologiques importantes.

Exemple : un appareil électronique dit "écologique" car économe en énergie mais qui contient des matières dangereuses



L'ABSENCE DE PREUVES

commis lorsqu'une prétention écologique ne peut être étayée par une documentation facilement accessible ou par l'agrément de tierces parties.

Exemple : une ampoule électrique annoncée "2 fois plus économique"



L'IMPRÉCISION

commis par toutes les prétentions trop mal, ou trop vaguement, définies prêtant à mésinterprétation de la part du consommateur.

Exemple : un produit dit « naturel »



LA NON PERTINENCE

commis par les prétentions écologiques qui pourraient être véridiques mais sans importance ou inutiles pour les consommateurs qui veulent se procurer des produits écologiquement préférables.
Exemple : un produit annoncé "sans chlorofluorocarbure ou CFC" alors que l'utilisation des CFC est interdite par la loi



LE MOINDRE DE DEUX MAUX

commis par des prétentions qui peuvent se révéler véridiques pour une catégorie de produits, mais qui pourraient détourner le consommateur des impacts environnementaux plus sérieux de l'ensemble de la catégorie.
Exemple : les cigarettes biologiques



LE MENSONGE

commis lorsqu'il s'agit de prétentions écologiques fausses.
Exemple : un désherbant présenté comme « biodégradable » et qui « laisse le sol propre »



LES LABELS MENSONGERS

commis lorsque des logos ou des images donnent l'impression d'une approbation d'une tierce partie alors que le produit ne possède pas de certification.
Exemple : logo "Extraits naturels"



Design graphique : Aurélie Garnier

Minerais de conflit utilisés dans l'industrie électronique

De nombreux secteurs, dont l'industrie électronique, utilisent des métaux stratégiques tels que le tantale, l'étain, le tungstène ou l'or. Les sources d'approvisionnement se trouvent en République démocratique du Congo et dans les pays voisins où l'extraction illégale participe au financement des groupes armés qui sévissent depuis près de deux décennies dans cette région, provoquant violations des droits humains et dégâts écologiques considérables.

Les chaînes d'approvisionnement de l'industrie électronique sont soumises à des exigences de contrôles accrues en raison de ces risques. La réglementation tente de réagir pour réguler ces minerais. Quels sont les outils existants pour pouvoir tracer ces minerais à travers les chaînes d'approvisionnement des industriels et sont-ils efficaces ?



MINÉRAIS DE CONFLIT

UTILISÉS DANS L'INDUSTRIE ÉLECTRONIQUE

MARIANNA REYNE

Juriste en droit de l'environnement industriel

Manager qualité et responsabilité sociétale des entreprises

Infographie réalisée à partir de l'article :

REYNE (M.) - «Minerais de conflit utilisés dans l'industrie électronique» [AC105], in Eco-conception et innovation durable, Techniques de l'Ingénieur (janvier 2016)

www.techniques-ingenieur.fr

De nombreux secteurs, dont l'industrie électronique, utilisent des métaux stratégiques tels que **LE TANTALE**, **L'ÉTAIN**, **LE TUNGSTÈNE** ou **L'OR**. Les sources d'approvisionnement de ces minerais se trouvent dans des pays où l'extraction illégale participe au **financement des groupes armés**, provoquant **violations des droits humains** et **dégâts écologiques considérables**. D'où la dénomination de «**MINÉRAIS DE CONFLIT**». La réglementation tente de réagir pour réguler et contrôler ces minerais.



3T&G

Tin
Tantalum
Tungsten
& Gold

QUE SONT LES MINÉRAIS DE CONFLIT ?

l'étain issu de la cassitérite
le tantale issu de la colombite-tantalite
le tungstène issu de la wolframite
l'or

LEUR EXPLOITATION ALIMENTE

des conflits armés



des dégâts écologiques : déforestation, érosion, pollution



des violations graves des droits de l'homme



X 3

Au cours des 30 dernières années, la demande pour ces métaux a plus que triplé



ordinateurs



téléphones portables

60%



équipements sans fil

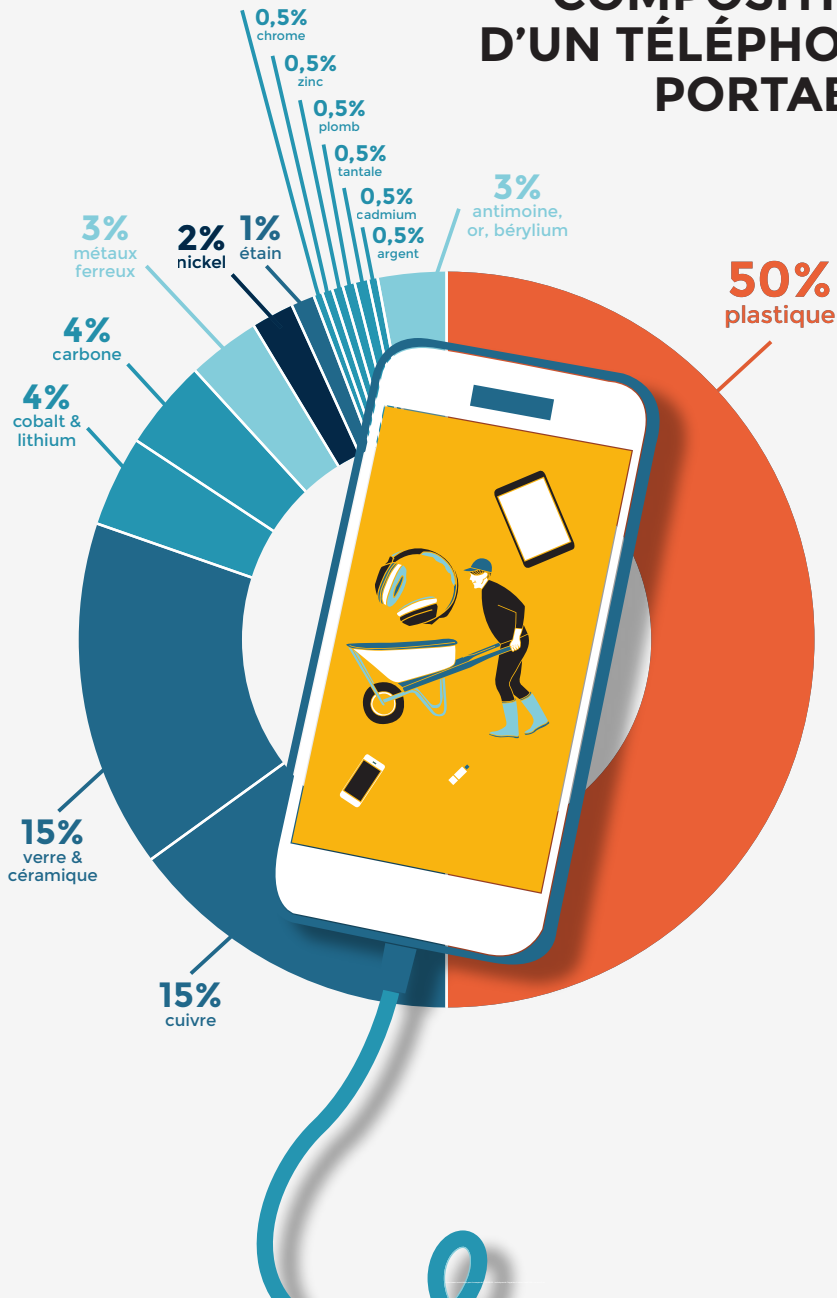
50 à 60 % du tantale extrait chaque année dans le monde est consommé par le secteur des TIC



automobiles



COMPOSITION D'UN TÉLÉPHONE PORTABLE



LES PAYS CONCERNÉS





50%

Actuellement, plus de 50% des mines de la République démocratique du Congo sont contrôlés par des groupes armés



40%

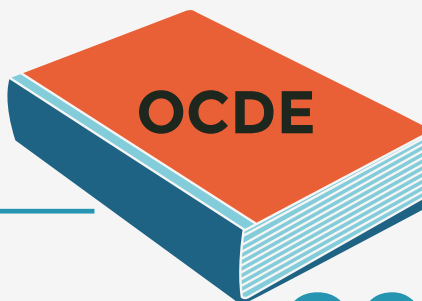
Ces 60 dernières années, plus de 40% des conflits civils étaient liés aux ressources naturelles

QUELS OUTILS DE CONTRÔLE POUR LES ENTREPRISES ?

Le Guide de l'OCDE fournit les bonnes pratiques et les recommandations sur le devoir de diligence.

DEVOIR DE DILIGENCE

Processus que les entreprises devraient exercer pour s'assurer que les minerais sont extraits et négociés dans des conditions propices à la paix et au développement, et non à l'appui de conflits.



82

entreprises et associations industrielles du secteur ont déjà mis le Guide en œuvre

Design graphique : Aurélie Garnier

Le biomimétisme

La bio-inspiration, et tout particulièrement la biomimétique, offre une possibilité unique, celle de fournir des méthodes, des directives et des outils qui s'appuient sur plus de 3,8 milliards d'années d'antériorité de résolution de problèmes via la sélection naturelle. Dans de nombreux domaines, les organismes vivants surclassent toujours grandement nos solutions technologiques. Les solutions biomimétiques sont intéressantes, non pas seulement pour leur ingéniosité, mais aussi pour leur potentiel de résilience écologique.

La nature a toujours inspiré l'homme. Il est fort à parier qu'elle nous enseignera nombre de nos innovations futures : s'en inspirer nous apprend à nous satisfaire de peu en en obtenant plus. Face à ce potentiel, il est essentiel de comprendre les enjeux, les limites et les mécanismes de cette bio-inspiration.



Illustration : Aurélie Garnier

LE BIOMIMÉTISME

Infographie réalisée à partir de l'article :
FAYEMI (P.-E.), CHEKCHAK (T.), BERSANO (G.),
MARANZANA (N.), AOUSSAT (A.). - IN218,
Biomimétisme et supports méthodologiques,
dans *Éco-conception et innovation responsable* ,
Techniques de l'Ingénieur (avril 2015)
www.techniques-ingenieur.fr

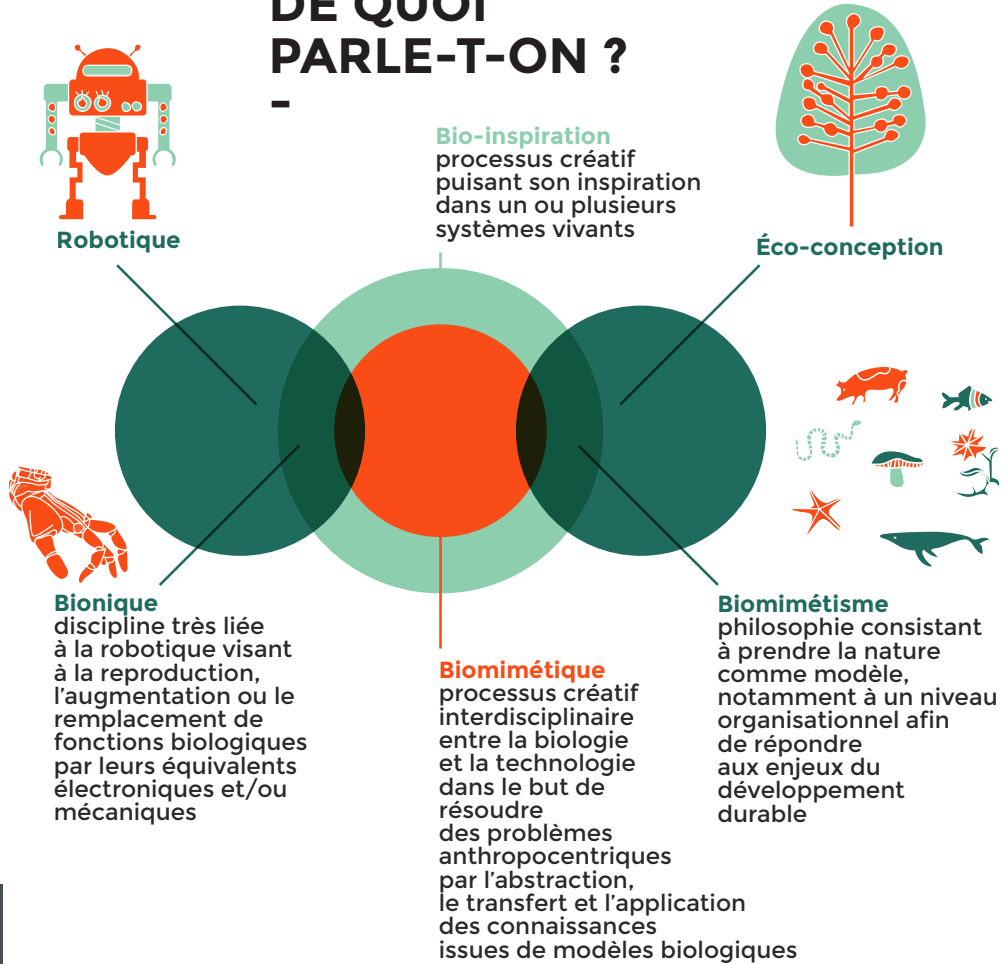
LA RÉSILIENCE ÉCOLOGIQUE...

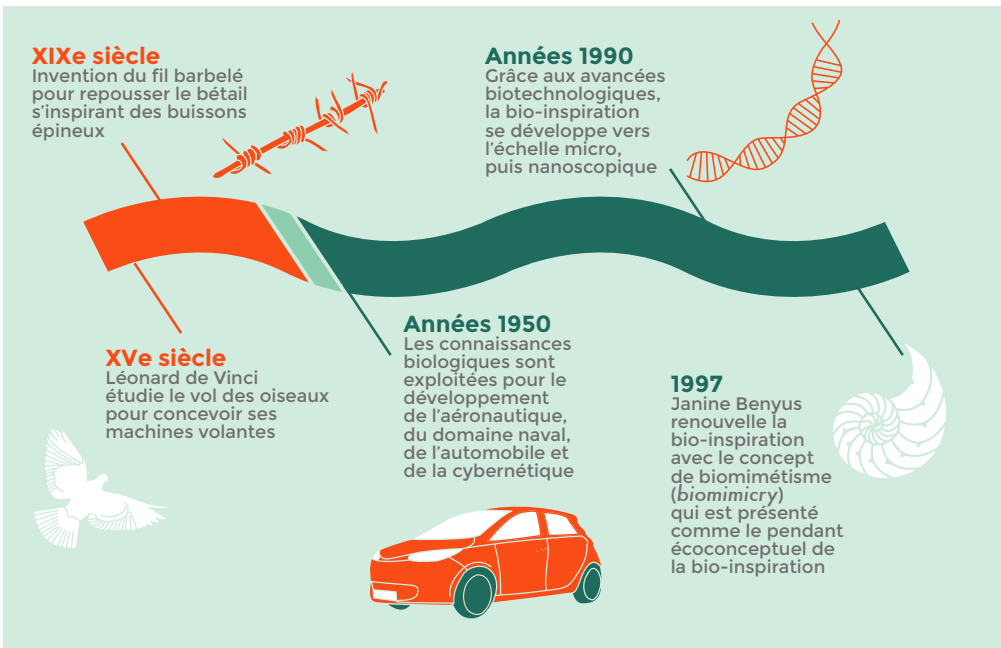
...est la **capacité** d'un écosystème, d'un habitat, d'une population ou d'une espèce à retrouver un **fonctionnement** et un **développement normal** après avoir subi une **perturbation importante**.

L'APPROCHE SYSTÉMIQUE...

Notre stratégie de développement consistant à dominer la nature et à exploiter ses ressources montre aujourd'hui ses limites.
L'approche systémique du biomimétisme revient à considérer **plus humblement** que l'humain fait partie de la nature et qu'il doit interagir avec celle-ci **comme tout autre être vivant** c'est-à-dire **dans le respect des écosystèmes et de leur équilibre**.

DE QUOI PARLE-T-ON ?





3 NIVEAUX D'INSPIRATION

les formes & les structures

Les **pales d'éoliennes** de la société WhalePower ont une **forme inspirée** de celle des **nageoires pectorales** de la baleine à bosse.



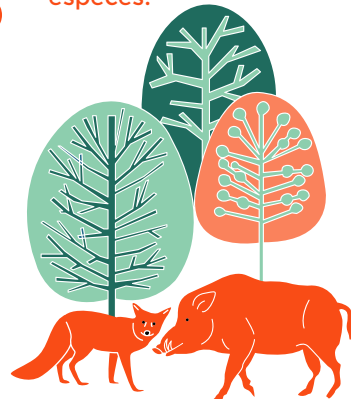
les procédés

L'**imitation de la photosynthèse** permettrait de développer des **technologies innovantes** dans le domaine du **photovoltaïque** et des **piles à combustible**.



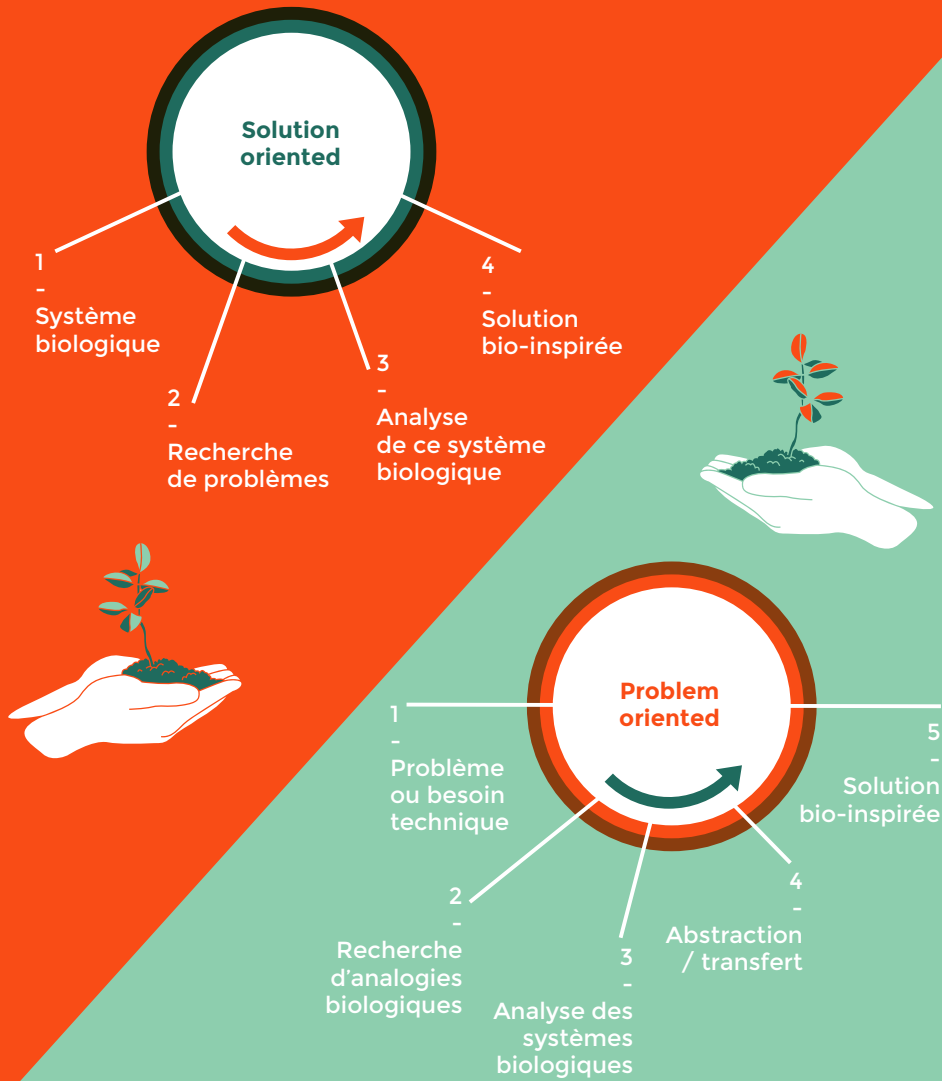
l'organisation & le fonctionnement des systèmes

L'**observation des écosystèmes forestiers** a permis de développer le concept de **permaculture**, un système agricole durable s'appuyant sur **les interactions naturelles** entre espèces.



2 PROCESSUS BIOMIMÉTIQUES DE RÉOLUTION DE PROBLÈME

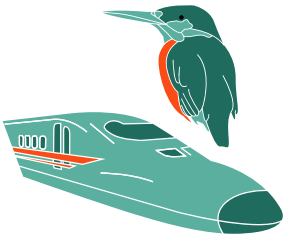
qui exigent une collaboration étroite entre ingénieurs et biologistes tout au long du processus de conception.



RÉALISATIONS

le TGV japonais inspiré du martin-pêcheur

Le Shinkansen est l'un des trains les plus rapides du monde avec ses 300 km/h de vitesse de croisière en zone urbaine. Des changements soudains de pression d'air, combinés à cette vitesse élevée, entraînaient une déflagration chaque fois que le train émergeait d'un tunnel. Ce bruit était une problématique majeure à résoudre. Fêru d'ornithologie, Eiji Nakatsu s'est inspiré de la forme longue et tranchante du bec du martin-pêcheur capable de plonger pour attraper ses proies dans l'eau sans la moindre éclaboussure.



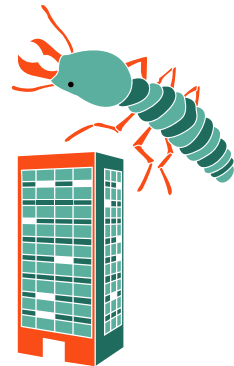
un adhésif inspiré du gecko

Ce ruban adhésif est un matériau présentant des filaments nanoscopiques inspirés des poils que l'on retrouve sous les pattes du gecko. Ces millions de «poils» petits et flexibles créent des liaisons de Van der Waals, forces d'attraction électromagnétiques intervenant au niveau moléculaire, permettant l'obtention d'un effet adhésif puissant.



un immeuble s'inspirant des termitières

Bâti en 1996, l'Eastgate Centre d'Harare (Zimbabwe) a été conçu après l'étude pendant plusieurs années par son architecte, Mick Pearce, des termitières. Ces édifices ont la capacité exceptionnelle de maintenir une température constante malgré une très forte amplitude thermique diurne. Ces insectes réalisent cette prouesse de façon passive grâce à la capacité thermique du bâtiment couplée à une gestion des flux d'air. Ce mécanisme repose sur l'ouverture et la fermeture de volets d'aération, par l'intermédiaire de structures fongiques, traversant la termitière.



ÉTAT DES LIEUX

80

départements de recherche publique investissent dans le champ de la bio-inspiration en France

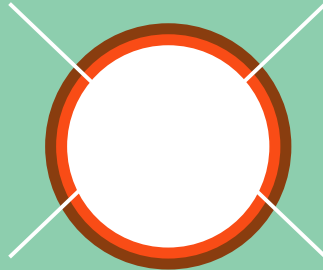


1,6

million d'emploi aux États-Unis prévus en 2025

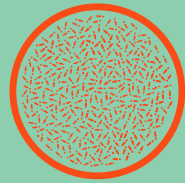
1995

Inauguration du Centre européen d'excellence en biomimétisme (CEEBIOS), à Senlis en France



11

découvertes médicales récompensées du prix Nobel s'inspirant d'organismes aquatiques



DES INDUSTRIELS IMPLIQUÉS



Verres auto-nettoyants inspirés des feuilles de lotus



Voitures décarbonées s'appuyant sur la gestion de l'énergie par le vivant

Eiffage

Habitat et aménagement des espaces inspirés des biosystèmes



Saint Gobain

Renault

Design, aménagement ferroviaire, gestion de foule, réduction de bruit, etc. bioinspirés

SNCF



Design graphique : Aurélie Garnier

L'huile de palme - Les enjeux sociétaux et environnementaux

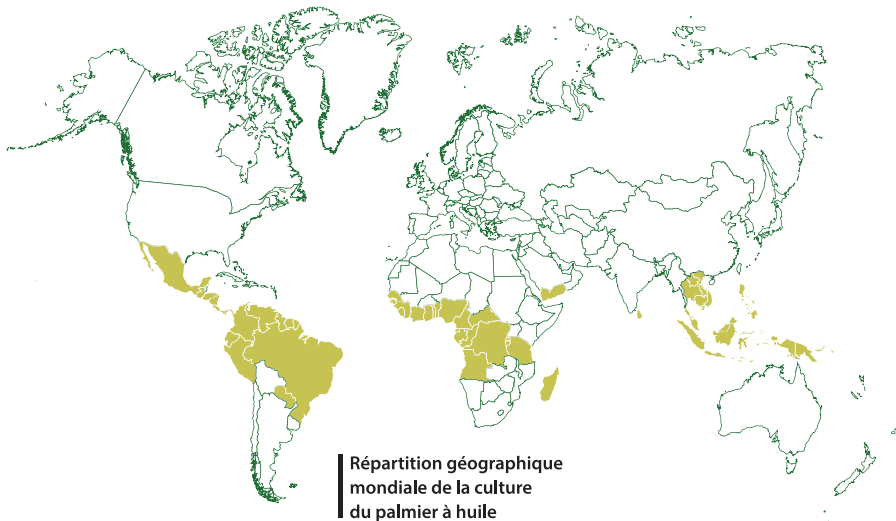
Plante oléagineuse d'exception, le palmier à huile possède des atouts naturels pour répondre aux défis combinés de la sécurité alimentaire et de l'intensification écologique. La production d'huile de palme repose sur une filière agroalimentaire globale, révélatrice des enjeux nord/sud dans leur dimension économique, sociale et environnementale. Il s'agit d'une filière mondialisée, portée par des acteurs multiples. Quand elle est correctement planifiée par les gouvernements locaux ou régionaux, l'implantation du palmier à huile se traduit le plus souvent par un fort développement économique dans les régions concernées et une importante réduction de la pauvreté rurale. Mal encadrée, l'extension des plantations provoque la disparition de forêts à grande valeur de conservation, avec des impacts négatifs sur la faune et la flore sauvage, les populations locales et les communautés indigènes.



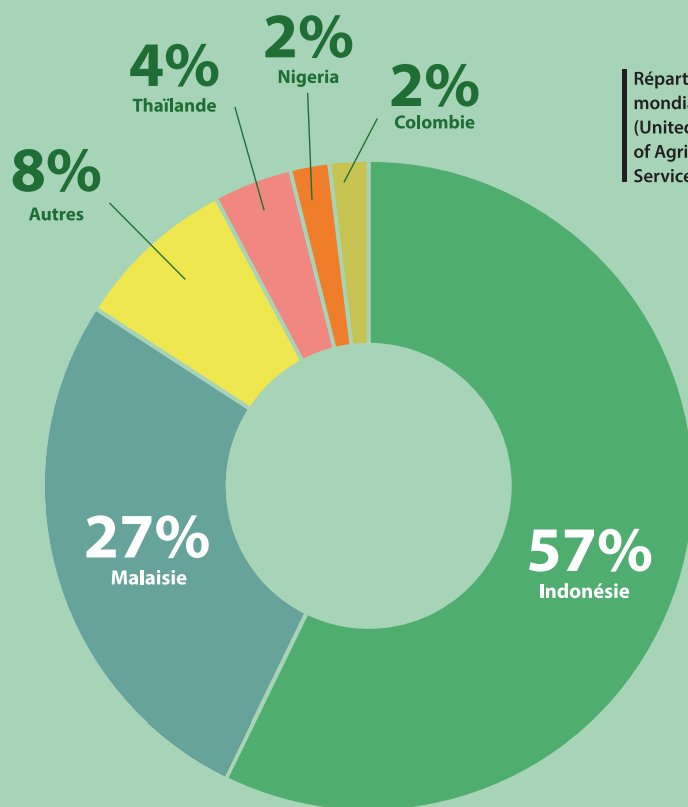
HUILE DE PALME : ENJEUX AGRONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

—
Infographie réalisée à partir de l'article : RIVAL (A.). – F6075,
Huile de palme : les défis renouvelés de la durabilité
– Accompagner et certifier les changements de pratiques,
dans Agroalimentaire, Techniques de l'Ingénieur (sept. 2020)

Le palmier à huile
est exclusivement cultivé
dans les **zones tropicales humides**

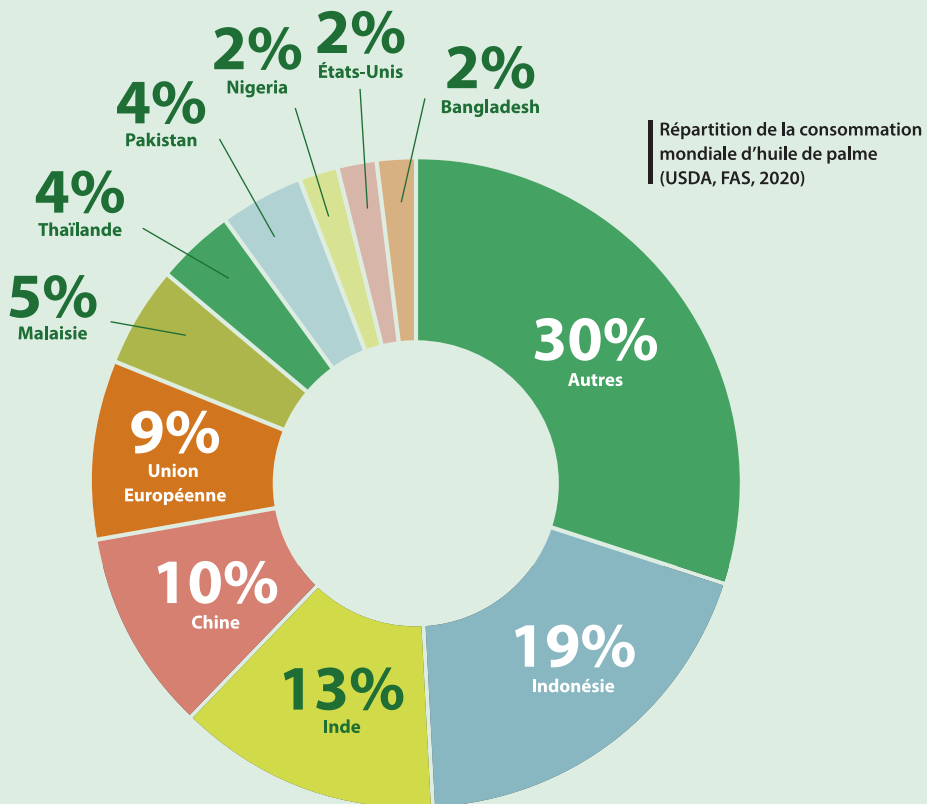


La production mondiale d'huile de palme est aujourd'hui majoritairement assurée par deux pays, l'Indonésie et la Malaisie



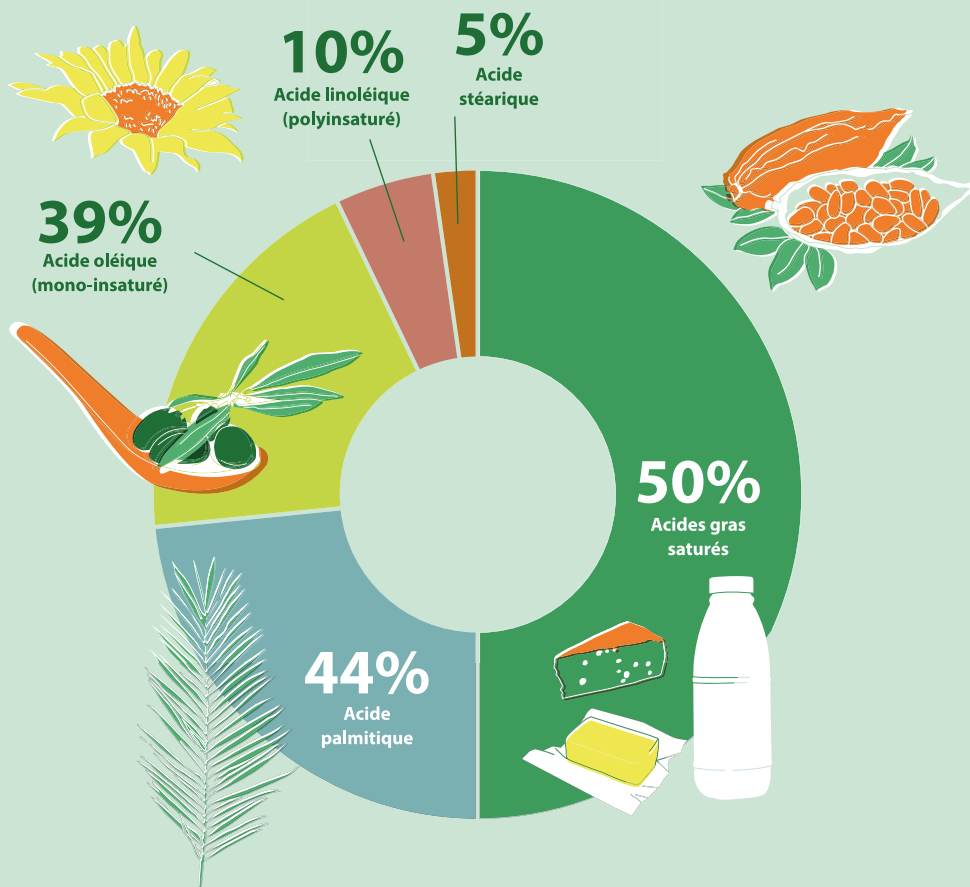
Répartition de la production mondiale d'huile de palme (United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, 2020)

La consommation est tirée par les pays du sud, portée à la fois par la **croissance démographique** et **l'élévation du niveau de vie** dans les pays émergents comme **l'Inde, l'Indonésie ou la Chine.**

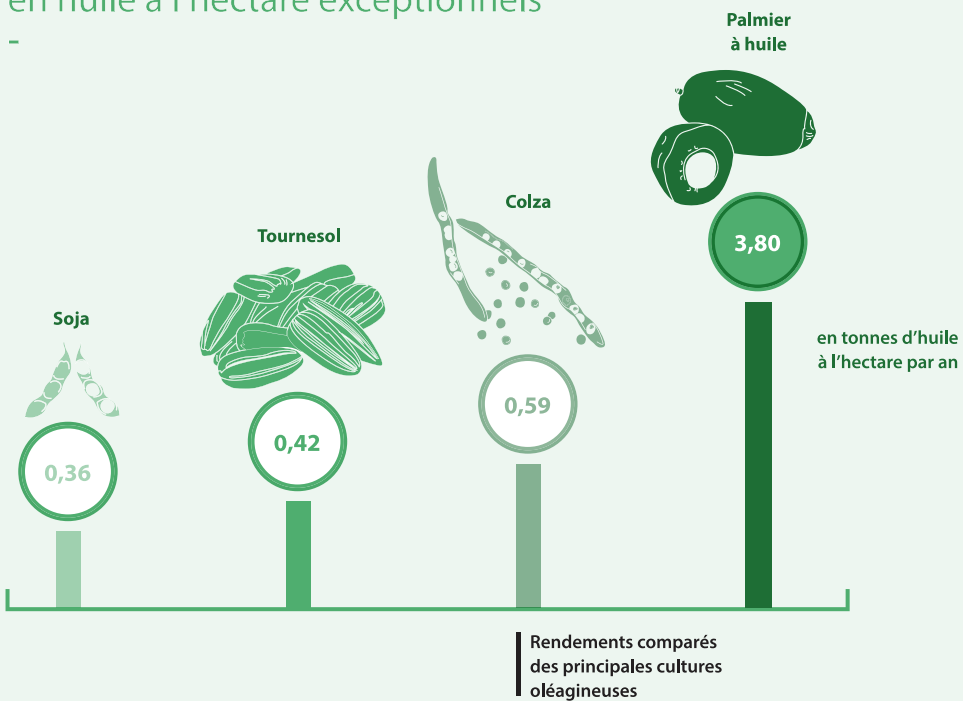


C'est la pulpe du fruit du palmier qui donne **l'huile de palme.**

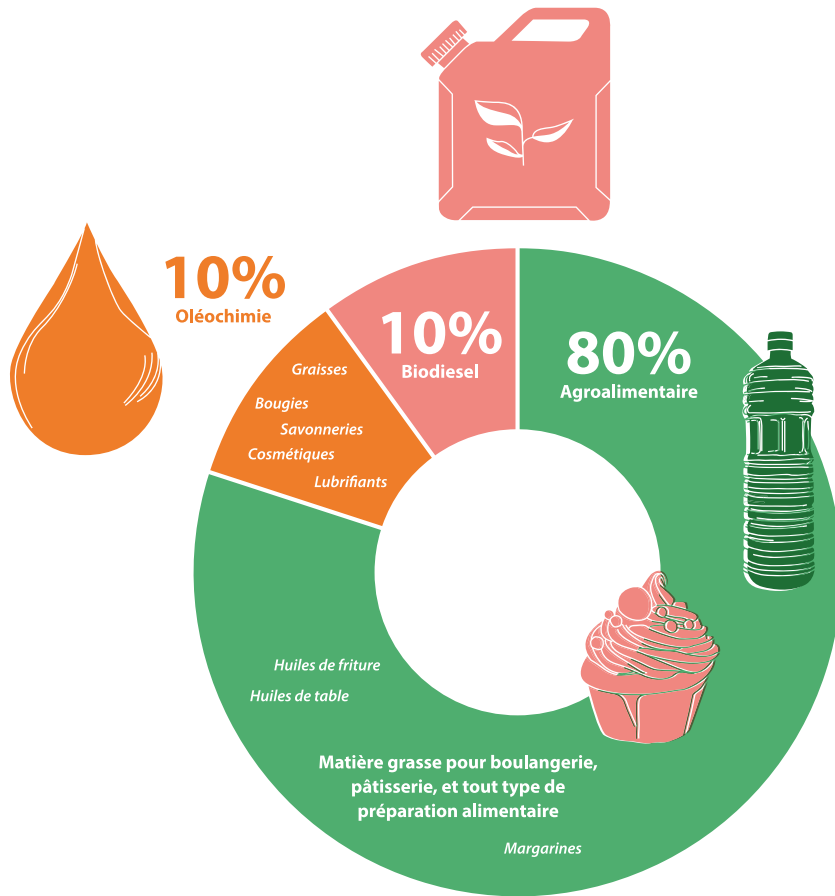
Composition
de l'huile de palme



Le palmier à huile offre des **rendements** en huile à l'hectare exceptionnels



De très nombreux usages



Cette répartition mondiale des usages diffère de celle enregistrée dans l'Union Européenne (**49% alimentaire, 18% oléochime, 33% biocarburants**)

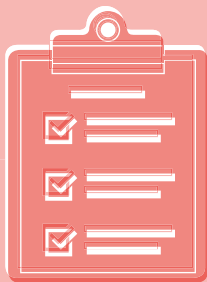
Contrairement aux idées reçues,
la production d'huile de palme ne repose pas
uniquement sur des systèmes de production
agroindustriels

3
MILLIONS



nombre de petits planteurs
de palmier à huile
(exploitant moins de 50 ha)
dans le monde.
Ils représentent environ **40%**
de la production globale
d'huile de palme.

Mal encadrée, l'extension des
plantations risque de se traduire
par la **disparition de forêts** à grande
valeur de conservation, avec des
**impacts négatifs sur les populations
locales et les communautés indigènes**



Quand elle est correctement planifiée
par les gouvernements, l'implantation
du palmier à huile se traduit par
un **fort développement économique**
et une importante **réduction**
de la pauvreté rurale.

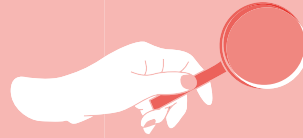
La certification internationale :

Table ronde pour une huile de palme durable (RSPO Roundtable on Sustainable Palm Oil)

Les 8 principes de **certification CSPO**



1: *Engagement de transparence*



2: *Respect des lois et règlements en vigueur*



3: *Engagement du maintien de la viabilité économique et financière à long terme*



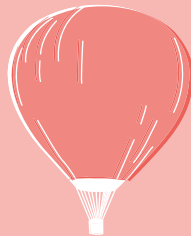
4: *Engagement des planteurs et usiniers à suivre les bonnes pratiques*

5: *Responsabilité environnementale et conservation des ressources naturelles et de la biodiversité*



6: *Gestion responsable des employés, des individus et des communautés affectés par les plantations et les usines*

7: *Développement responsable de nouvelles plantations*



8: *Engagement à une amélioration continue dans les secteurs d'activité majeurs*



En **2020**,
4,15 Mha de plantations
sont certifiés RSPO, soit **19%** environ
de la surface mondiale plantée



15,07 Mt
d'huile de palme CSPO ont été
produites en 2019
(contre 620 000 t en 2008) soit **20%**
de la production mondiale

GREENPEACE

FERRERO



Carrefour



Forest
Peoples
Programme

> **POIG (Palm Oil Innovation Group :
Groupe d'Innovation sur l'Huile de Palme)**
créé en juin **2013** par un groupe d'entreprises
(Daabon, Agropalma, NBPOL,
GoldenAgriResources) et plusieurs ONG
(WWF, Greenpeace, Forest Peoples Program,
Rainforest Action Network).



Ce groupe a contribué à la définition d'un nouveau standard RSPO Next,
qui intègre l'approche HCS (High Carbon Stock) et une redéfinition plus stricte
des critères « zéro-déforestation ».

Design graphique : Aurélie Garnier

Les plastiques dans l'océan

Les comportements humains et l'utilisation intensive du plastique associés à une faible performance des systèmes de gestion ont engendré une accumulation massive de déchets plastiques dans le milieu marin où ils représentent 50 à 80 % de l'ensemble des déchets.

Leur distribution, leurs comportements en mer, leur dégradation et leurs impacts découlent directement de leur composition et propriétés d'usage.

Ce phénomène d'accumulation des déchets plastiques est majoritairement lié à la croissance exponentielle de la population mondiale dont le développement économique s'est traduit par une explosion de la consommation globale, et notamment un recours massif à des matériaux plastiques dont la durée d'utilisation est largement inférieure aux temps nécessaires pour leur biodégradation. Depuis leur essor dans les années cinquante, la production mondiale de plastiques continue toujours d'augmenter tandis que les premiers travaux révélant leur présence en mer remontent aux années soixante et soixante-dix.

QUANTITÉ

(flottant à la surface des océans)



tonnes de plastique



milliards de particules



Les microplastiques (taille < 5 mm) représenteraient (par rapport à l'ensemble des plastiques flottants)



en nombre



en poids

La grande majorité des microplastiques sont issus de la fragmentation et de la dégradation de débris plus gros.

SOURCES DE POLLUTION



Les apports continentaux

- Les fleuves et les rivières
- Les effluents de traitement des eaux
- Les activités littorales de loisir
- Les décharges illégales, littorales ou proches des fleuves
- Le ruissellement

8 à 15 millions de tonnes de plastiques par an

Les activités maritimes

- Le trafic maritime avec les pertes volontaires ou accidentelles (conteneurs, ballasts, cargaisons)
- L'exploration et l'exploitation pétrolières et minières
- Les secteurs professionnels de la pêche et de l'aquaculture

Les événements extrêmes

- Les crues ou les catastrophes naturelles (inondations, tsunamis, cyclones)

Lors du tsunami au Japon en 2011, environ 5 millions de tonnes de plastiques ont été apportées en mer

ORIGINES PRINCIPALES DES DÉCHETS



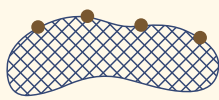
Les plastiques à usage unique (emballages, pailles, capsules, bouteilles, etc.)



Les textiles via des cycles de lavage dans les machines ou l'émission de fibres dans l'atmosphère



Les fragments issus des peintures de bateaux



Les déchets issus de la pêche

RÉPARTITION



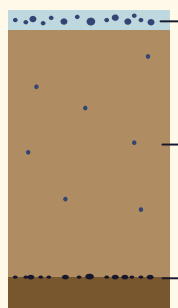
Sur les plages et les côtes, à la surface des océans et sur les fonds. Les zones les plus urbanisées jusqu'aux zones les plus éloignées de la planète car les particules flottantes sont transportées sur de très longues distances par les courants océaniques.



Le bassin Levantin
Le golfe du Bengale

Les zones les plus touchées
Densités régulièrement au-dessus du million de particules par km²

NATURE DES PLASTIQUES EN MER



À la surface des mers : majorité de polyéthylènes, de polypropylènes et de polystyrènes expansés (polymères moins denses que l'eau de mer), tailles de plusieurs centaines de micromètres à quelques millimètres.

Dans la colonne d'eau : petits microplastiques et fibres synthétiques, tailles de quelques centaines voire dizaines de micromètres.

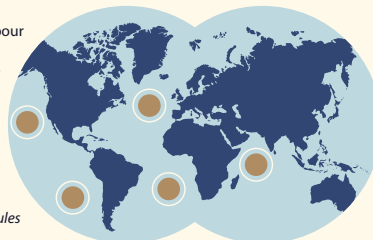
Dans les sédiments et fonds marins : polyesters ou polyacryliques (polymères plus denses), microplastiques et macrodéchets à l'abri de la lumière donc avec des cinétiques de dégradation extrêmement lentes.

ZONES D'ACCUMULATION

Zones où les courants marins sont plus faibles et convergents, appelées à tort « 7^e continent » ou « îles flottantes ».

Régions centrales pour chacun des cinq bassins océaniques (Atlantique nord et sud, Pacifique nord et sud et océan Indien)

Plusieurs centaines de milliers de particules par km²



IMPACTS SOCIOÉCONOMIQUES

SECTEUR ÉCONOMIQUE	TYPES D'IMPACTS	COÛTS SIGNIFICATIFS
Gestionnaires (municipalités, pouvoirs locaux)	Blessures sur les plages, impact esthétique, publicité négative, labellisation	Nettoyage et traitement
Tourisme	Impact esthétique, publicité négative, baisse de revenus, perte d'agrément	Baisse de revenus
Associations	Bénévolat, coûts opérationnels, gestion	Temps de bénévolat
Industrie	Maintenance, élimination des déchets, dommages aux équipements	Coûts minimes
Navigation	Dommages aux navires, opérations des secours, réparation, dragage des ports, obligations légales	Coûts de réparation
Pêche	Dommages aux engins de pêche, temps de pêche, altération des stocks	Nettoyage, réparation des engins
Aquaculture	Nettoyage des filets, maintenance	Coûts minimes
Services écosystémiques	Biodiversité, coûts de la dégradation	Coûts mal évalués

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Sur les écosystèmes



Plastisphère

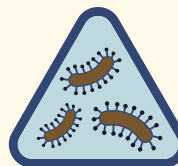
Ecosystème qui se fixe et se développe sur les plastiques (macro-organismes comme des arthropodes, mollusques, hydrides, bryozoaires, et micro-organismes comme des bactéries, virus, champignons, microalgues).



Effet « radeau »

Les plastiques vont transporter ces espèces sur de grandes échelles d'espace et de temps.

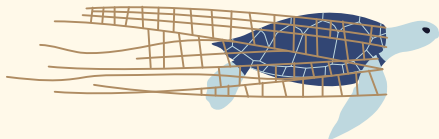
Par exemple suite au tsunami de 2011, près de 300 espèces ont été transportées des côtes japonaises aux côtes ouest américaines sur des débris majoritairement plastiques.



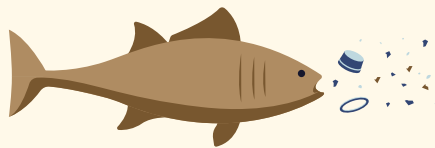
Problèmes

Espèces invasives au détriment des espèces endémiques : bouleversement de l'écosystème. Certaines espèces sont nuisibles, toxiques ou potentiellement pathogènes chez l'être humain, certains poissons ou coquillages.

Sur les organismes



Grands animaux marins, notamment les oiseaux, mammifères ou tortues, piégés dans des gros déchets plastiques.



Les micro et nanoplastiques sont ingérés par un très grand nombre d'espèces vivantes, ce qui perturbe les grandes fonctions physiologiques (croissance, digestion, défenses immunitaires, reproduction).

IMPACTS SUR LA SANTÉ HUMAINE

La présence de microplastiques a été mesurée dans des produits de la mer de consommation courante :



moules



huîtres



palourdes



langoustines



crevettes



crabes



araignées de mer

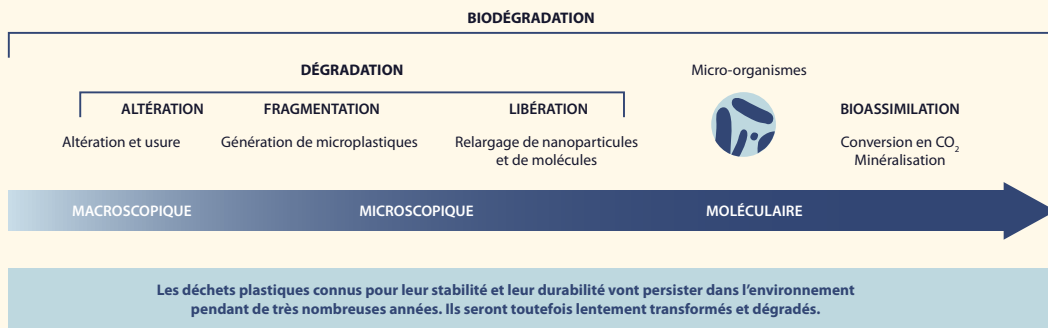


poissons



sel de table

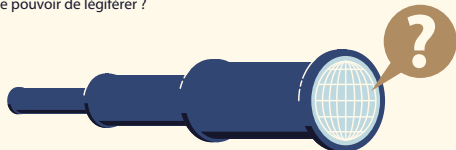
DÉGRADATION DU PLASTIQUE EN MER



URGENCE DE LA SITUATION

Questions en suspens

- Comment et quand disparaîtront ces plastiques ?
- Comment évolueront leurs concentrations ?
- Quels sont les impacts à long terme de notre exposition quotidienne et permanente à ces matériaux ?
- Comment influencer les décisions des instances politiques ayant le pouvoir de légiférer ?



Freins persistants

- La production de plastiques continue encore et toujours d'augmenter.
- Nos sociétés génèrent toujours plus de déchets.
- La question économique reste cruciale pour les industriels.
- Tous les acteurs de la société n'ont pas encore pleinement conscience de l'urgence de la situation.



Changement de paradigme

- Chaque acteur doit s'interroger sur la manière dont il conçoit la fabrication, l'utilisation et la fin de vie des plastiques.
- Industriels, politiques, ONG, scientifiques doivent s'unir pour faire progresser l'état des connaissances et favoriser leur dissémination.



QUELLES SOLUTIONS ?

1 Limiter les apports

Économie circulaire + règle des 3R :
Réduction, Réutilisation et Recyclage



2

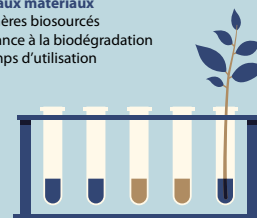
Traiter les eaux
par les stations d'épuration



3

Développer de nouveaux matériaux

Par exemple, des polymères biosourcés dont le temps de résistance à la biodégradation serait équivalent au temps d'utilisation



4

Nettoyer les océans

Il ne se justifie que localement, dans les zones touristiques ou urbaines, sur la base d'initiatives citoyennes ou localement pour des raisons économiques



Infographie réalisée à partir de l'article : GALGANI (F) et al. - BIO9300, Pollution des océans par les plastiques et les microplastiques, dans Bioprocédés, Ressources marines et biotechnologies bleues (janvier 2020) - www.techniques-ingenieur.fr - Design graphique : www.laurentduvoux.com
Techniques de l'Ingénieur © | Tous droits réservés

Design graphique : Laurent Duvoux

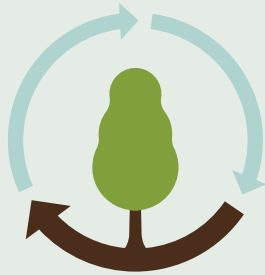
Qualité des sols

L'accumulation de nouvelles connaissances en écologie a permis de considérer le sol différemment, non plus comme un simple support inerte de production alimentaire ou de construction, mais comme un écosystème qui renferme presque 1/3 de la diversité biologique de notre planète. De plus, cette biodiversité est maintenant démontrée comme fondamentale dans la production de services écosystémiques nécessaires au développement et à la durabilité de notre société.

Les grandes avancées de la recherche dans le domaine de l'écologie des sols ont permis le développement d'outils et fortement amélioré les connaissances sur la biodiversité des sols. Ces avancées permettent aujourd'hui de développer des politiques de préservation de cette ressource en système rural et urbain afin de l'utiliser de façon durable.

Le sol est un écosystème complexe avec un patrimoine biologique riche, à même de fournir des fonctions et des services pour les sociétés humaines : production alimentaire, mitigation des changements climatiques, dépollution...

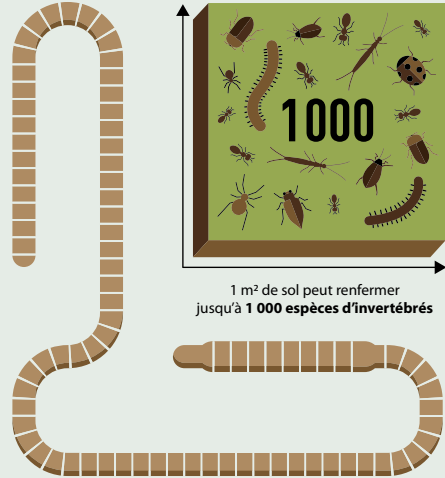
LA BIODIVERSITÉ DU SOL EN QUELQUES CHIFFRES-CLÉS



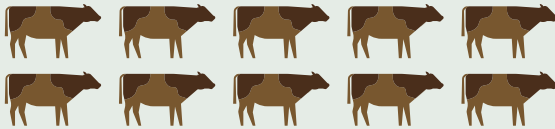
30% de la biodiversité totale de la Terre est abritée dans le sol



Le sol renferme environ 1 million d'espèces de bactéries et 100 000 espèces de champignons par gramme de sol

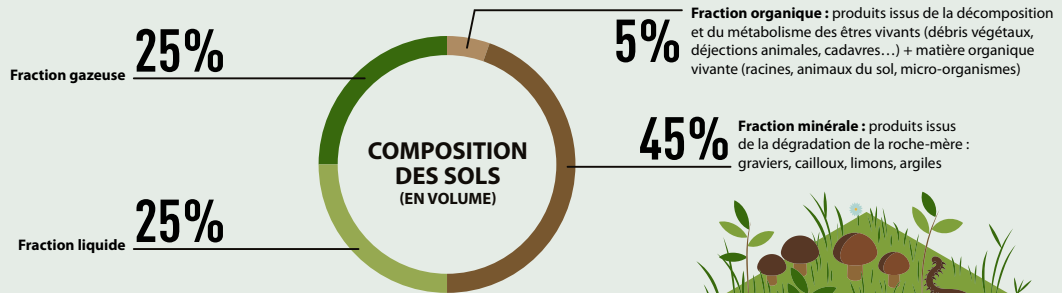


1 m² de sol peut renfermer jusqu'à 1 000 espèces d'invertébrés



10 Les communautés microbiennes du sol représentent une biomasse de 2 à 10 tonnes de carbone par hectare, (l'équivalent d'une dizaine de vaches pâturant sur la même surface)

50 ans C'est la durée nécessaire pour que toute la terre d'un champ transite par le tube digestif des vers de terre ! Les déjections des vers de terre du sol représentent entre 50 et 100 tonnes de matière excrétée par an et par hectare dans les sols



UNE MOSAÏQUE D'HABITATS RICHES ET DIVERSIFIÉS

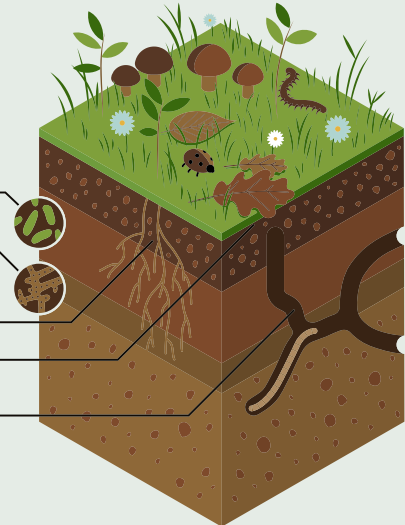
Micro-agrégats du sol : < 50 µm
Habitants : bactéries

Macro-agrégats du sol : entre 50 µm et 2 mm
Habitants : bactéries, champignons (filaments microscopiques), nématodes (vers ronds)

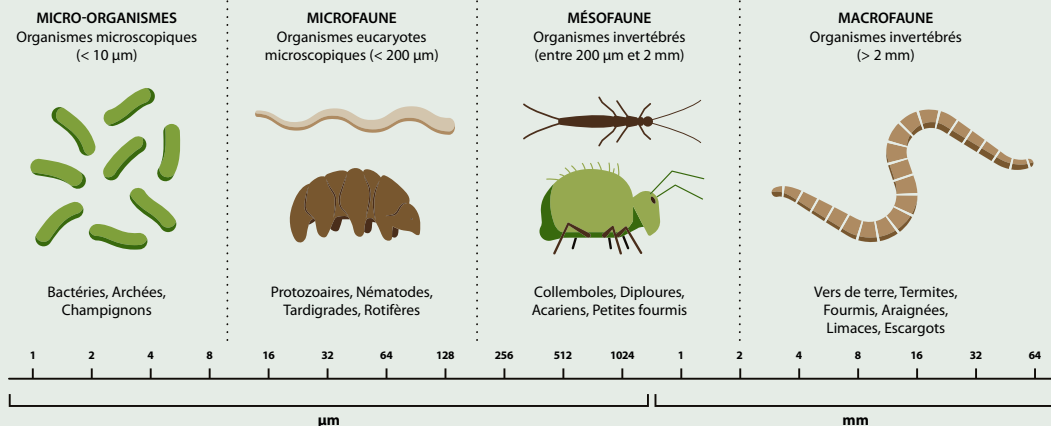
Rhizosphère : zones de quelques mm autour des racines
Habitants : bactéries et champignons (10 à 100 fois plus qu'ailleurs dans le sol)

Résidusphère : zones de quelques mm sous la litière végétale ou les résidus de culture
Habitants : forte abondance microbienne

Rhizosphère : zones impactées par les activités des lombrics (galeries et amas de déjections)
Habitants : micro-organismes

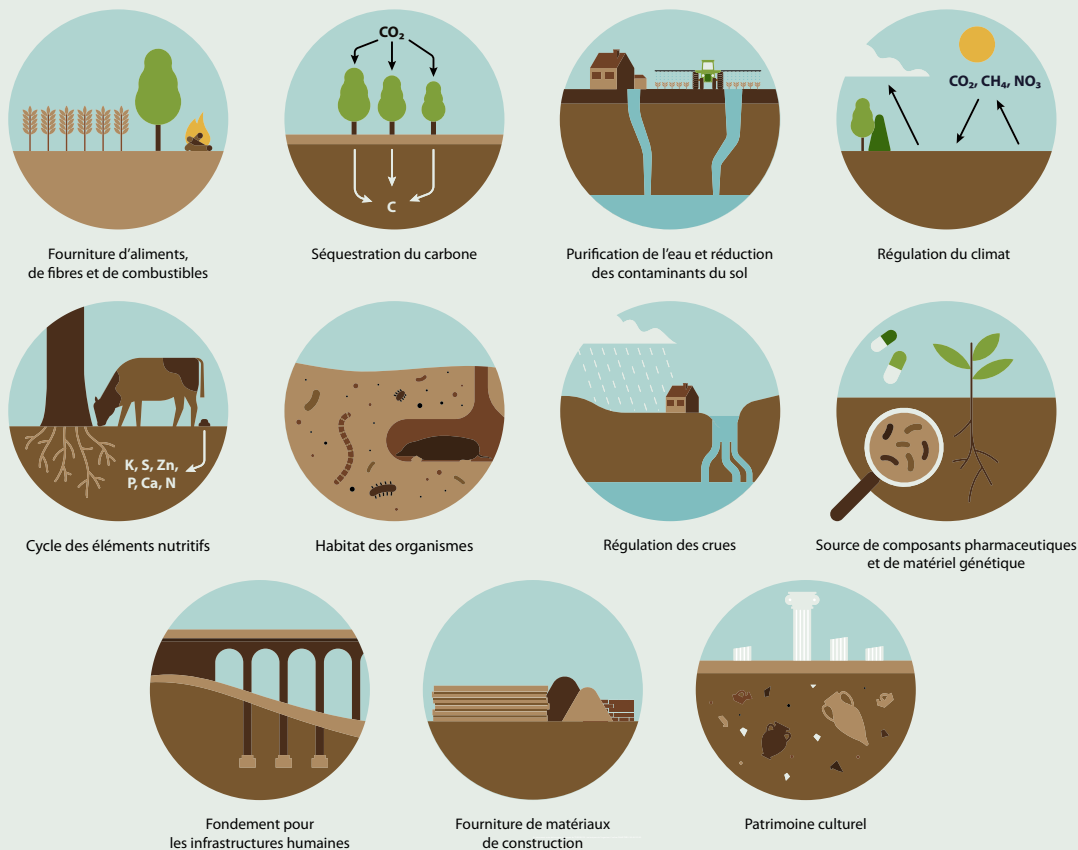


LES HABITANTS DU SOL : UNE DIVERSITÉ DE TAILLES ET DE FORMES



LE SOL : UNE MULTITUDE DE SERVICES POUR LES COMMUNAUTÉS HUMAINES

Via la faune, la flore et l'environnement physique, les sols fournissent des services essentiels à la société et à la vie sur terre.

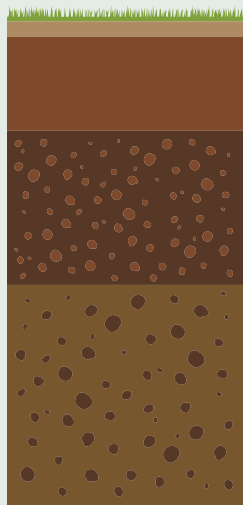


LE SOL : UNE RESSOURCE FRAGILE

Le sol est une ressource fragile, soumise à de multiples menaces et non renouvelable à l'échelle humaine. Si plusieurs siècles sont nécessaires pour le former, il peut être dégradé très rapidement sous l'effet notamment des **activités anthropiques**.

0,05 mm/an

C'est la quantité de sol formé par an en moyenne. Il faut donc, pour un sol moyennement profond (1 m à 1 m 50) environ 10 000 à 100 000 ans pour le former



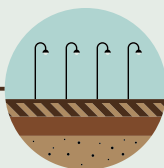
Érosion

Salinisation

Glissements de terrain et inondations



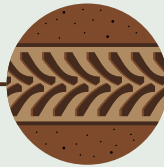
Contaminations



Urbanisation/Artificialisation



Labour



Tassement



Usage de pesticides



Perte en biodiversité

TRANSITIONS AGRICOLES ET URBAINES POUR PRÉSERVER LA QUALITÉ BIOLOGIQUE DES SOLS

Transition vers l'agroécologie



Semis sans labour



Amendements organiques



Augmentation de la couverture végétale



Réduction des intrants chimiques de synthèse

Transition vers la ville durable par le retour de la nature en ville



Trame verte (continuité des espaces verts)

Trame brune (continuité des sols)

Toits végétalisés

Friches urbaines

Jardins urbains

Forêts urbaines

Design graphique : Laurent Duvoux

Interview de Laurent Duvoux, illustrateur conceptuel

Laurent Duvoux est graphiste et illustrateur. Il collabore régulièrement avec les grands titres de presse généralistes ou spécialisés (l'Express, Libération, les Echos, etc.). Laurent Duvoux a réalisé pour Techniques de l'Ingénieur deux infographies sur la pollution plastique des océans et sur la qualité écologique des sols.

Pouvez-vous décrire votre métier en quelques mots ? Quelle place y occupe l'infographie ?

Je me définis comme un illustrateur conceptuel. C'est à dire que je vais essayer d'illustrer un sujet par la métaphore ou par le symbole visuel.

L'infographie permet justement cette mécanique pour illustrer une donnée tout comme je le ferais pour un article de presse par exemple.

Il s'agit de trouver le symbole idéal pour illustrer la donnée fournie.

Travailler à partir de données scientifiques conditionne-t-il votre créativité ?

Mon travail d'illustrateur consiste toujours à répondre à une commande et mettre en image le message que souhaite véhiculer mon client.

Illustration de presse pour accompagner un article, illustration commerciale pour présenter un projet, etc.

Les illustrations vectorielles et pictogrammes que l'on retrouve généralement dans les infographies sont un excellent moyen de mettre en image un message scientifique.

Il y a en général beaucoup de données à traiter et il faut trouver la bonne métaphore, l'analogie visuelle.

Comment résume-t-on visuellement une donnée ?

La méthode se rapproche de celle employée pour créer un pictogramme.

Une donnée, malgré son éventuelle complexité, doit pouvoir être illustrée de façon très synthétique et compréhensible.

Les données scientifiques sont-elles plus difficiles à illustrer que les mots ?

Il m'est plus facile d'illustrer des mots. Mettre en image des chiffres oblige à utiliser des graphiques (histogrammes, camemberts, diagrammes) que l'on peut éventuellement habiller visuellement mais la donnée se doit d'être compréhensible immédiatement.

En partenariat avec IXXO, éditeur de solution de veille stratégique, plusieurs cartographies interactives ont été réalisées pour représenter l'écosystème de sujets choisis : robotique, impression 3D, smart buildings. Elles permettent d'analyser les liens entre les acteurs, les technologies et les enjeux.

Robotique collaborative

Transition énergétique, écologique, organisationnelle, numérique, sociétale... nos sociétés industrialisées sont en pleine mutation. Si nous voulons répondre à ces enjeux de manière efficace, un nouveau modèle d'usine agile, en réseau, propre et résolument tourné vers l'innovation doit émerger. Le concept d'usine du futur est ainsi la réponse formulée par la France pour conserver et développer une activité industrielle compétitive et génératrice de richesses et d'emplois.

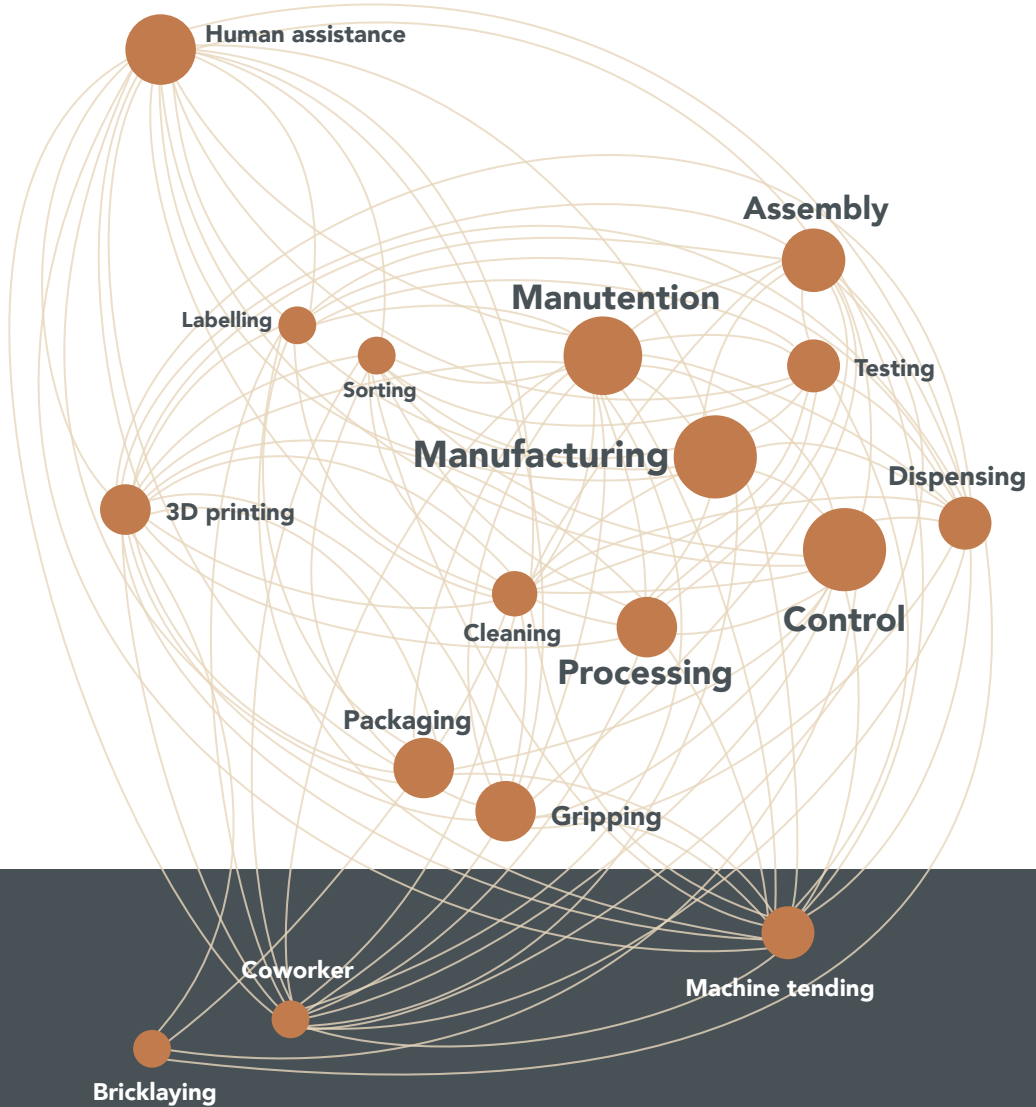
Cela fait plus de 60 ans que la robotique s'est installée dans le paysage industriel avec l'arrivée des robots Unimate. D'abord pensée pour être totalement

autonome, elle trouve une nouvelle place dans l'Industrie du Futur en devenant collaborative.

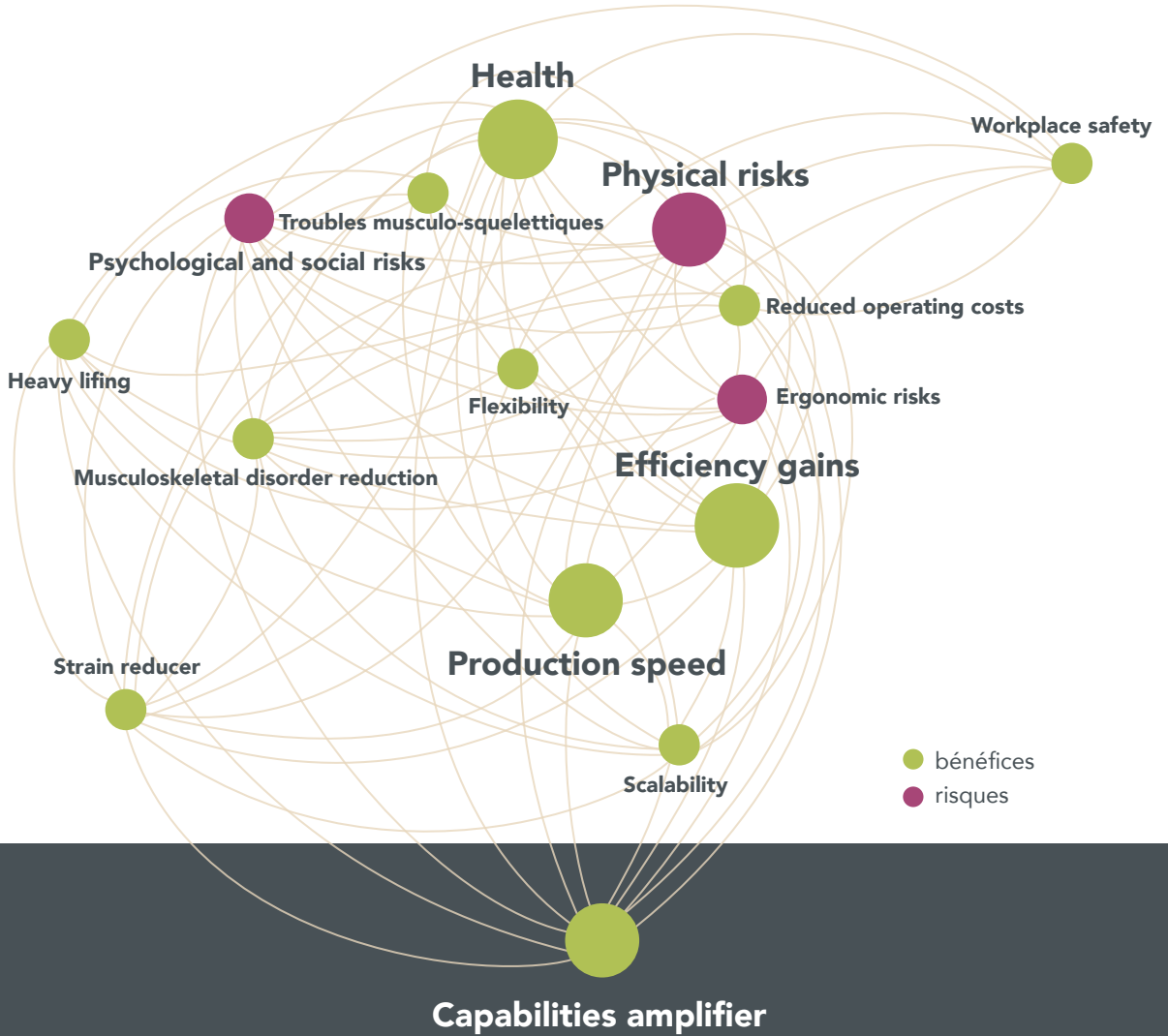
En effet, l'industrie du futur est résolument centrée sur l'humain : on sait maintenant que si les robots ne remplaceront pas les humains ils peuvent en revanche les affranchir des tâches les plus pénibles.

Exosquelettes, robots mobiles, îlots collaboratifs, bras robotisés, ces nouveaux outils intéressent de plus en plus les industriels : en 2017, les investissements dans les robots industriels ont ainsi augmenté de 30 % et il est certain que le marché de la cobotique devrait exploser dans un avenir très proche.

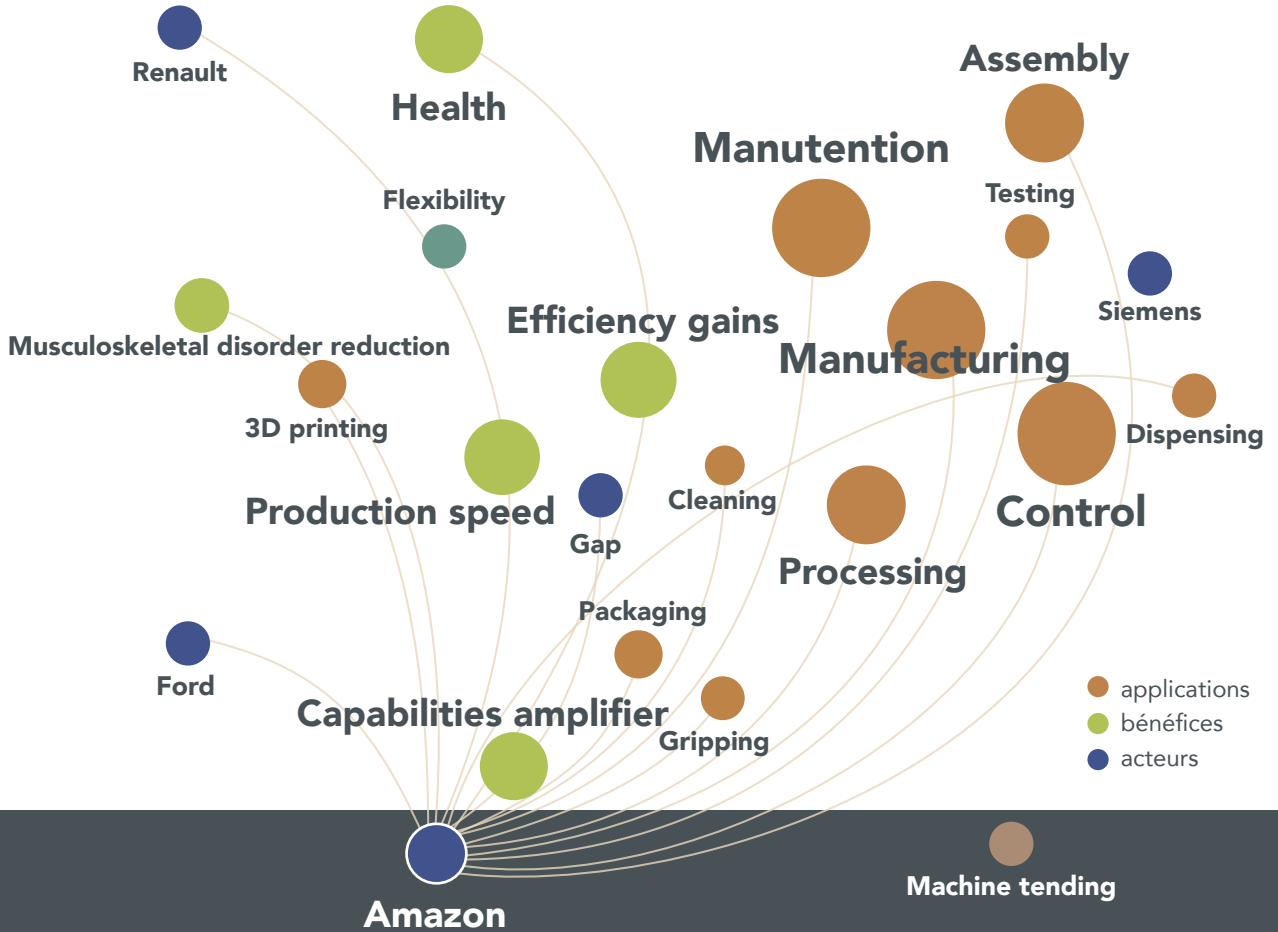
Les principaux domaines d'application de la cobotique



Principaux bénéfices et risques liés à l'utilisation de la cobotique en milieu industriel



Domaines d'applications et bénéfices de l'utilisation de robots mobiles par Amazon pour ses entrepôts logistiques

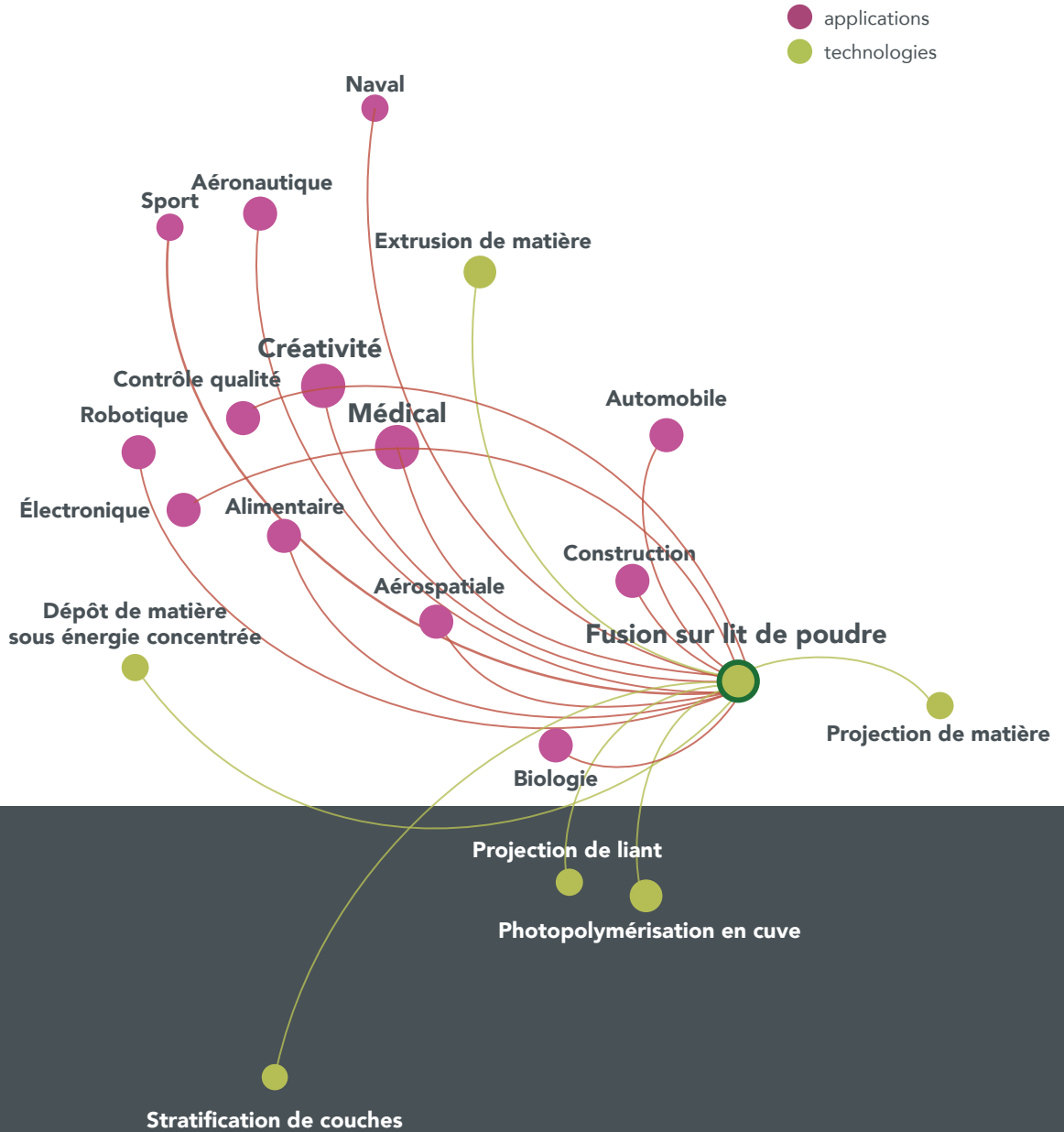


Fabrication additive

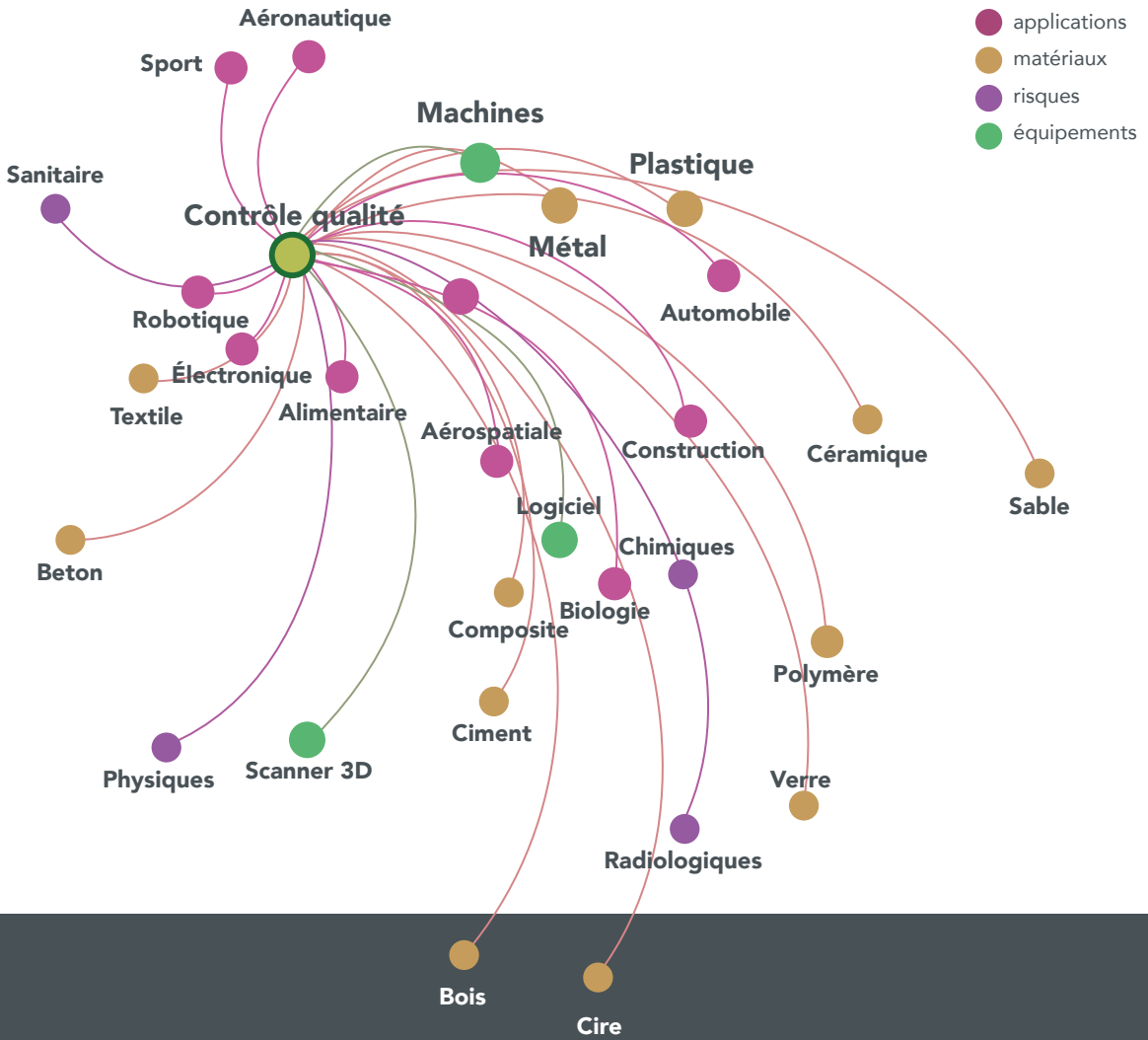
En 2012, l'Union européenne a identifié six domaines technologiques innovants qui permettront aux industries européennes de gagner de nouveaux marchés et d'accroître leur compétitivité. Les technologies de fabrication avancées et en particulier la fabrication additive font partie de ces Technologies Clés Génériques (Key Enabling Technologies, ou KET).

Le champ d'application de la fabrication additive a longtemps été limité au prototypage rapide et aux opérations de R&D. Depuis quelques années, sous l'impulsion des industriels, ces nouvelles technologies de fabrication ont amorcé leur intégration à tous les secteurs d'activité. Avec une croissance de plus de 20 % par an, le marché de la fabrication additive est ainsi en route vers la maturité.

Applications et technologies de la fabrication additive (focus sur la technologie de fusion sur lit de poudre)



Les problématiques de contrôle qualité, technologies, applications et matériaux associés



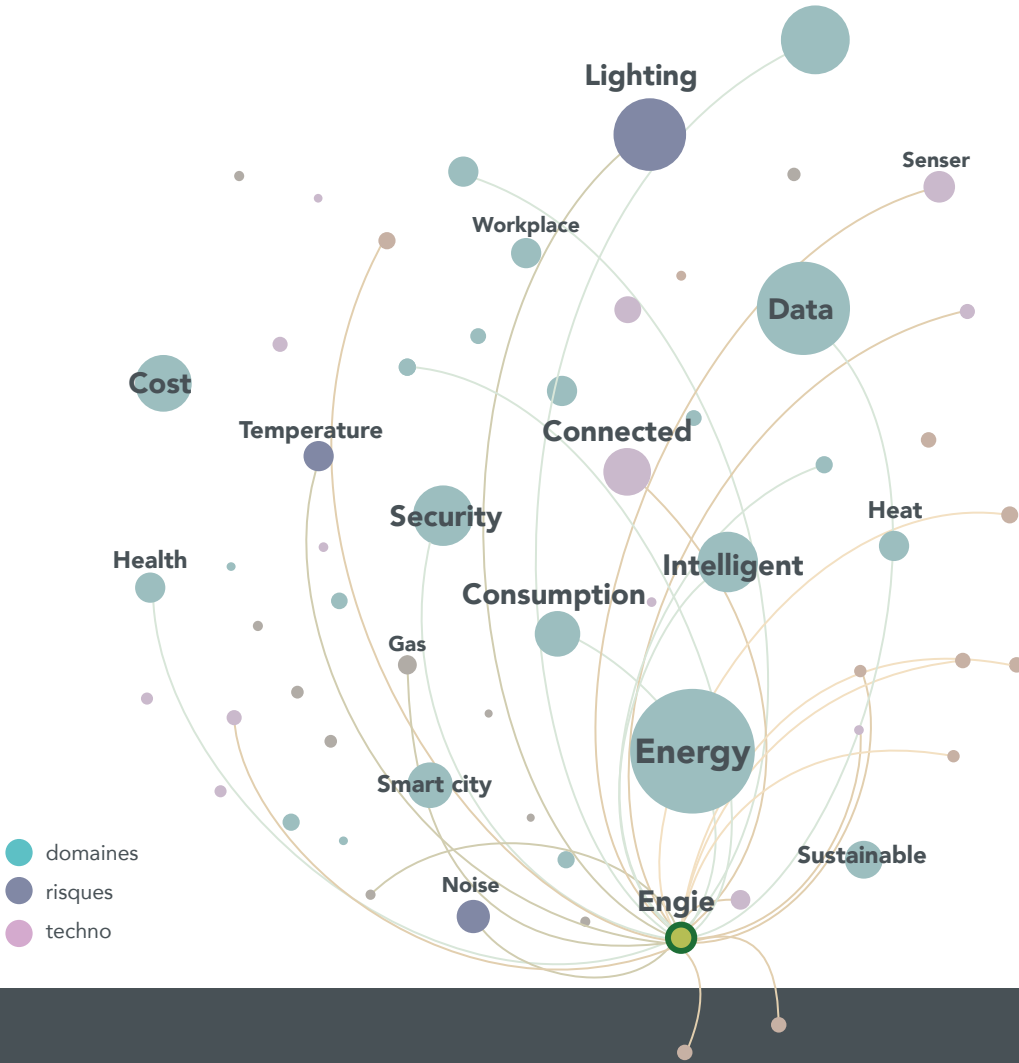
Smart buildings

Smart-buildings, Smart-cities, Smart-grids... l'apparition récente d'une multitude de termes « Smart » est le signe de profonds changements technologiques, organisationnels ou sociétaux.

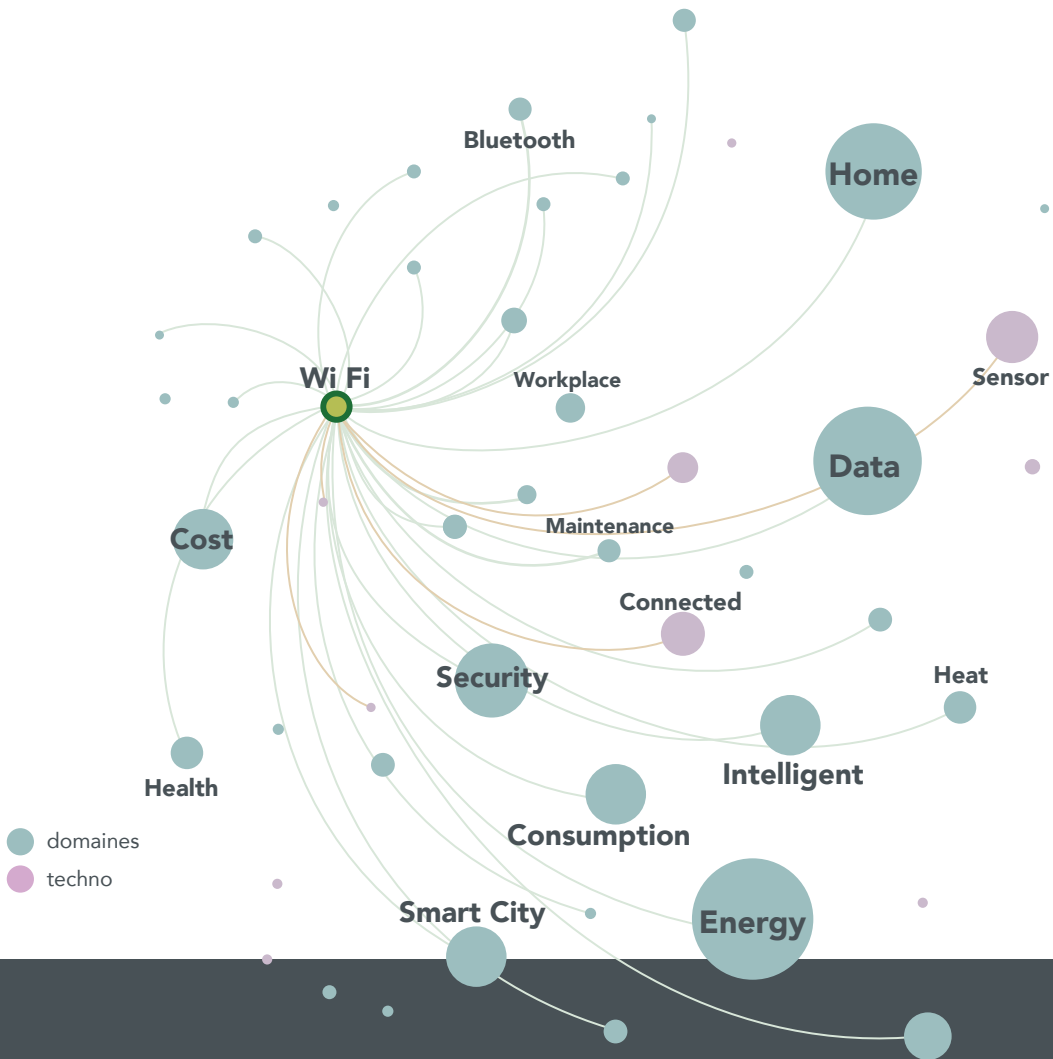
En effet, la transformation numérique annoncée est en cours, apportant son lot de promesses et d'incertitudes. La ville de demain sera nécessairement plus intelligente, car elle devra apporter des réponses concrètes au changement climatique, notamment au travers d'une gestion durable et optimale de sa consommation énergétique.

Par ailleurs, le principe même de *Smart-city* repose en grande partie sur l'existence de bâtiments intelligents, connectés entre eux et capables de gérer leur consommation énergétique.

Domaines d'applications et technologies liés à l'acteur Engie, très présent sur la thématique Smart-buildings



Domaines d'applications et technologies liés à l'utilisation du Wi-Fi en matière de Smart-buildings



Interview de Louis-Marc Perez, Directeur commercial chez IXXO, la datavisualisation au service de la veille stratégique des entreprises

Pouvez-vous présenter IXXO en quelques lignes ?

IXXO est un éditeur de logiciels de fouille, d'agrégation et d'analyse d'informations au service de la veille et de l'intelligence stratégique pour les PME et Grands groupes. Notre solution « IXXO Beyond Data » permet d'agréger des informations issues à la fois du web, de sources avec abonnements ou de contenus internes. Grâce à des techniques d'intelligence artificielle, cet outil analyse les informations en opérant des regroupements sémantiques ou de co-occurrences.

Est-ce que la dataviz a toujours fait partie de votre solution ? Si oui, a-t-elle évolué et comment ?

La dataviz a toujours été une de nos préoccupations à la fois pour l'analyse d'informations et pour la création de rapports de synthèse. Les principales difficultés auxquelles nous nous sommes confrontés sont la précision et la justesse des informations analysées. IXXO travaille principalement sur des contenus non structurés provenant du web ou de fichiers « bureautiques ». Or d'une part une information n'est pas une donnée, d'autre part selon les formats, des informations non voulues (publicités ou *side news*) viennent polluer le sens original des informations. Nous avons mis l'accent sur le nettoyage automatisé de ces contenus et sur l'identification de données dans le texte. Nous proposons une solution intégrée d'acquisition d'informations et d'analyse de celles-ci où le client final maîtrise toute la chaîne de valeur. Récemment, nous avons automatisé l'ensemble des processus nous permettant de délivrer en quelques heures une carte heuristique de relations auto-organisées autour des problématiques du client.

A quel stade du processus de veille la dataviz est-elle utilisée et qu'apporte-t-elle ?

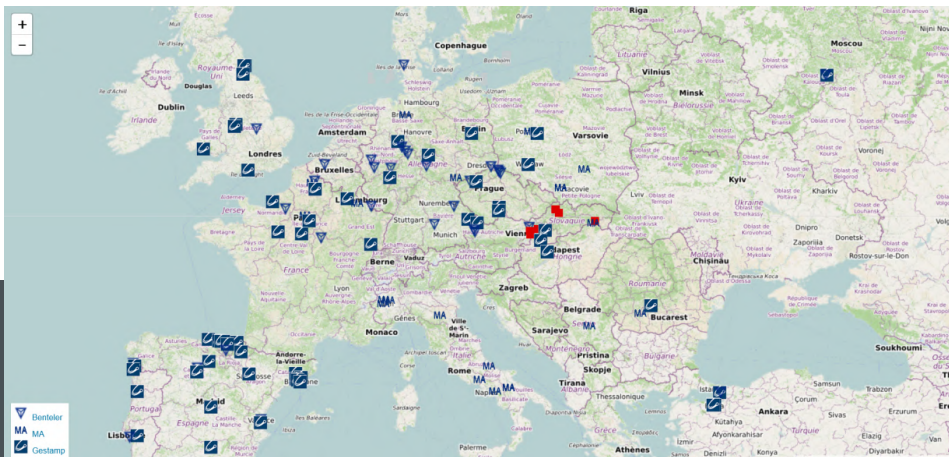
La visualisation de données intervient à plusieurs niveaux :

- Pour les spécialistes de l'information, elle vient en soutien de l'analyse et du tri de l'information. Elle permet d'analyser à l'aide de graphiques simples les tendances à la hausse ou à la baisse. Elle aide également à identifier des signaux avant-coureurs ou signaux faibles, par exemple pour identifier de nouveaux entrants sur un marché.

- En synthèse de l'activité du professionnel et en pilotage de la cellule de veille, la dataviz permet de visualiser d'une manière synthétique l'utilisation de la plateforme logicielle.
- Pour le décideur, elle aura un rôle de synthèse mais aussi d'ouverture pour amener à une meilleure décision.

Quels types de dataviz avez-vous développés et mis en place pour votre outil, et à quels besoins répondent-ils ?

- Clusters en couleurs : la clusterisation (ou regroupement) d'informations sur un corpus de documents. Basée sur de l'intelligence artificielle, cette technique permet d'identifier et de regrouper des termes saillants présents. Le concept central est celui qui regroupe le plus d'informations.
- Cartographies interactives : ces cartes font parler les données et les informations. Elles permettent de voir les liens et d'analyser les informations collectées selon le prisme de chacun des clients. Ce faisant, cette visualisation recontextualise le fonds documentaire et permet une lecture par les métiers.
- Carte géolocalisée : nous l'utilisons principalement pour répondre à des préoccupations métiers comme l'identification de ressources (usines, capacités de production, etc.) afin d'améliorer la prise de décisions.



Retour d'expérience – Cartographie interactive du fonds documentaire de Techniques de l'Ingénieur

Quel est l'intérêt de la cartographie interactive pour Techniques de l'Ingénieur ?

Depuis quelques années, la datavisualisation, ou dataviz, est devenue un véritable outil de communication utilisé pour mieux saisir les informations et prendre des décisions. Pour Techniques de l'Ingénieur, l'enjeu était d'expérimenter ces nouveaux outils de représentation graphique des connaissances pour permettre l'accès aux publications de manière plus intuitive, interactive et faire émerger de nouveaux concepts.

Actuellement, les Editions TI couvrent un corpus de plus de 13 000 documents (articles de référence, fiches pratiques, articles d'actualités, livres blancs...) classés selon une arborescence classique par thématique : automatique, électronique, matériaux... Dans 90 % des cas, l'accès aux documents se fait par l'utilisation de mots-clés dans le moteur de recherche. Les résultats comprennent généralement plusieurs centaines de références accessibles par des listes sur plusieurs dizaines de pages. L'exploration plus fine du contenu nécessite d'utiliser des filtres, d'affiner les mots-clés par itération ou par l'utilisation d'opérateurs booléens. Cette recherche peut être fastidieuse pour les utilisateurs et au-delà des deux premières pages, les résultats ne sont pas ou très peu exploités.

L'objectif de ce projet de cartographie était de proposer un outil de navigation simplifié afin de proposer une vision de l'ensemble des résultats de recherche sur une seule page. La réflexion sur l'interface utilisateur était également au cœur du projet : nous voulions permettre l'accès aux données de manière plus intuitive et interactive afin d'inciter les utilisateurs à explorer les contenus. Nous voulions également décroquer les contenus de la classification traditionnelle et proposer des approches transversales par « concept » pour faire apparaître des liens entre les documents de collections différentes et faire émerger des regroupements inédits.

Comment avez-vous mis en place ce nouvel outil ?

Dans un premier temps, l'équipe éditoriale a analysé le corpus des différentes ressources documentaires et identifié 10 grands groupes de mots-clés ou « concepts » organisés eux-mêmes en plusieurs sous-niveaux : matériau, procédé, propriété, industrie... Cette analyse sémantique a abouti à la construction d'un thésaurus de près de 1 000 termes. Tous ces mots-clés ont ensuite été utilisés pour décrire ou « taguer » l'ensemble des 13 000 documents actuellement en ligne.

En parallèle, une application web a été développée en collaboration avec l'agence Bakasable pour visualiser et interagir sur ces données. L'objectif était d'aboutir à une interface qui fédère l'ensemble des documents et qui soit la plus intuitive possible. Des développements informatiques ont été nécessaires pour intégrer la cartographie dans notre site Internet et intégrer les différents flux de données.

D'autres fonctionnalités ont été ajoutées : ajout d'un moteur de recherche permettant d'accéder aux mots-clés, possibilité de trier les documents par date de parution ou ordre alphabétique, tri par type de documents.

Sélectionnez le terme qui vous intéresse

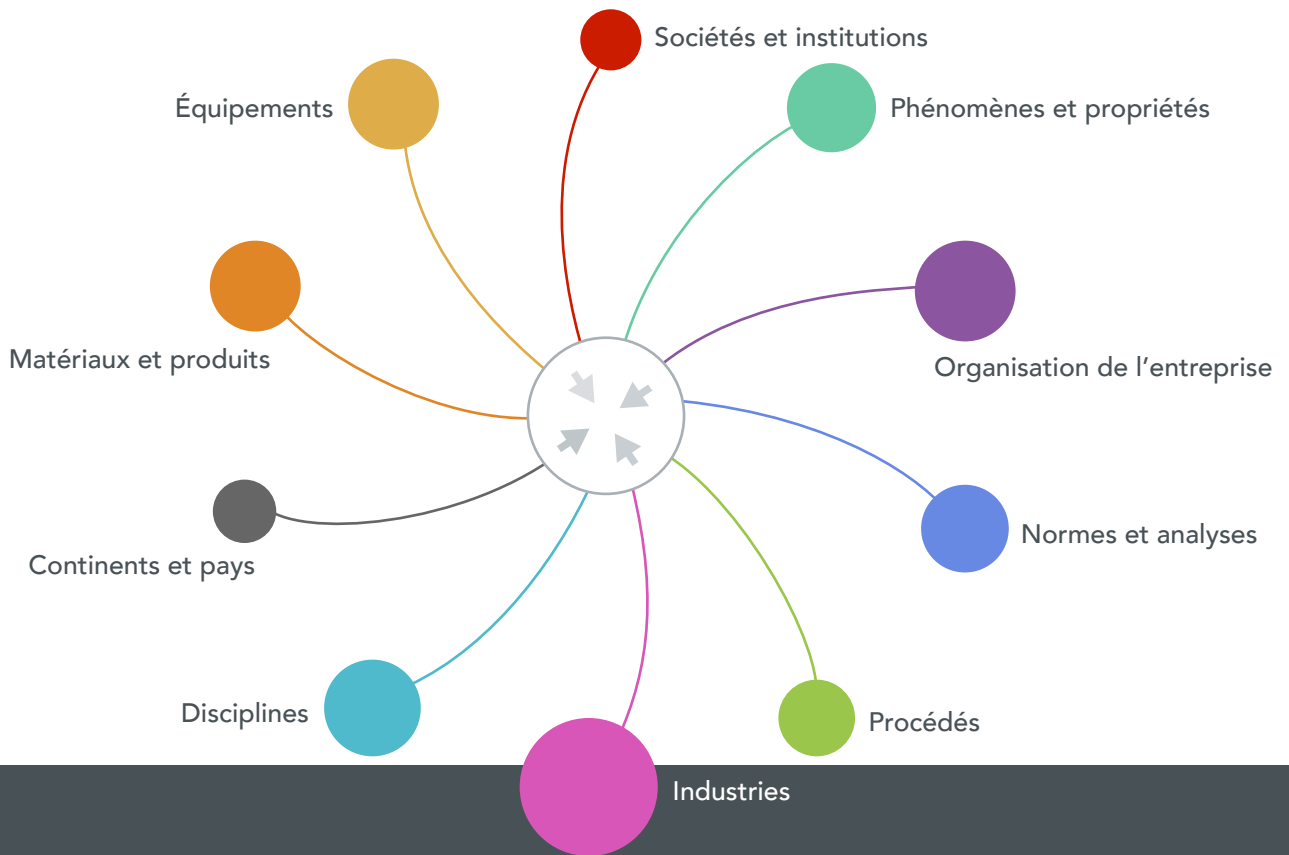
13073 articles trouvés

Titre [v] [1/2] [1/2]

- +500 GW : l'Asie va dominer les investissements dans les
- 1,2-Dibromoéthane (j6270)
- 1 milliard d'euros supplémentaires pour la transition
- 10 chiffres sur les vapeurs français (25720)
- 10 façons dont votre esprit vous manipule (2854)
- 10 méthodes pour transformer votre gestion des nomenclatures
- 10 milliards d'euros pour la transition écologique en Île-de-
- 10 propositions pour débloquer l'éolien en France (51303)
- 100% business et innovation (40113)
- 100% de gaz renouvelable en 2050 ? (51839)
- "100% de renouvelables en 2050": l'étude de l'Ademe publiée

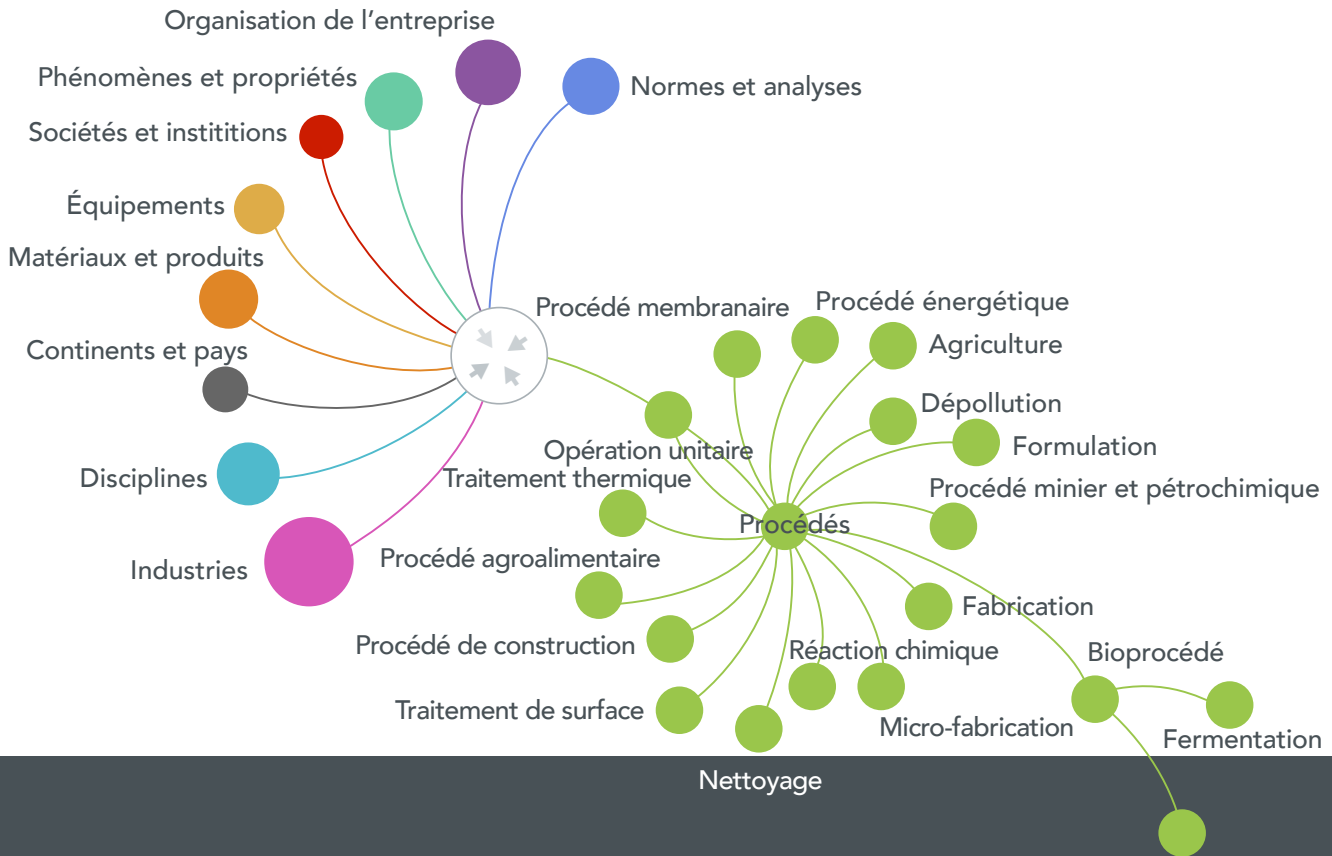
Outil de cartographie interactive TI : l'utilisateur peut naviguer dans les concepts et voir les résultats de recherche sur un seul écran.

Cartographie interactive de Techniques de l'Ingénieur non dépliée

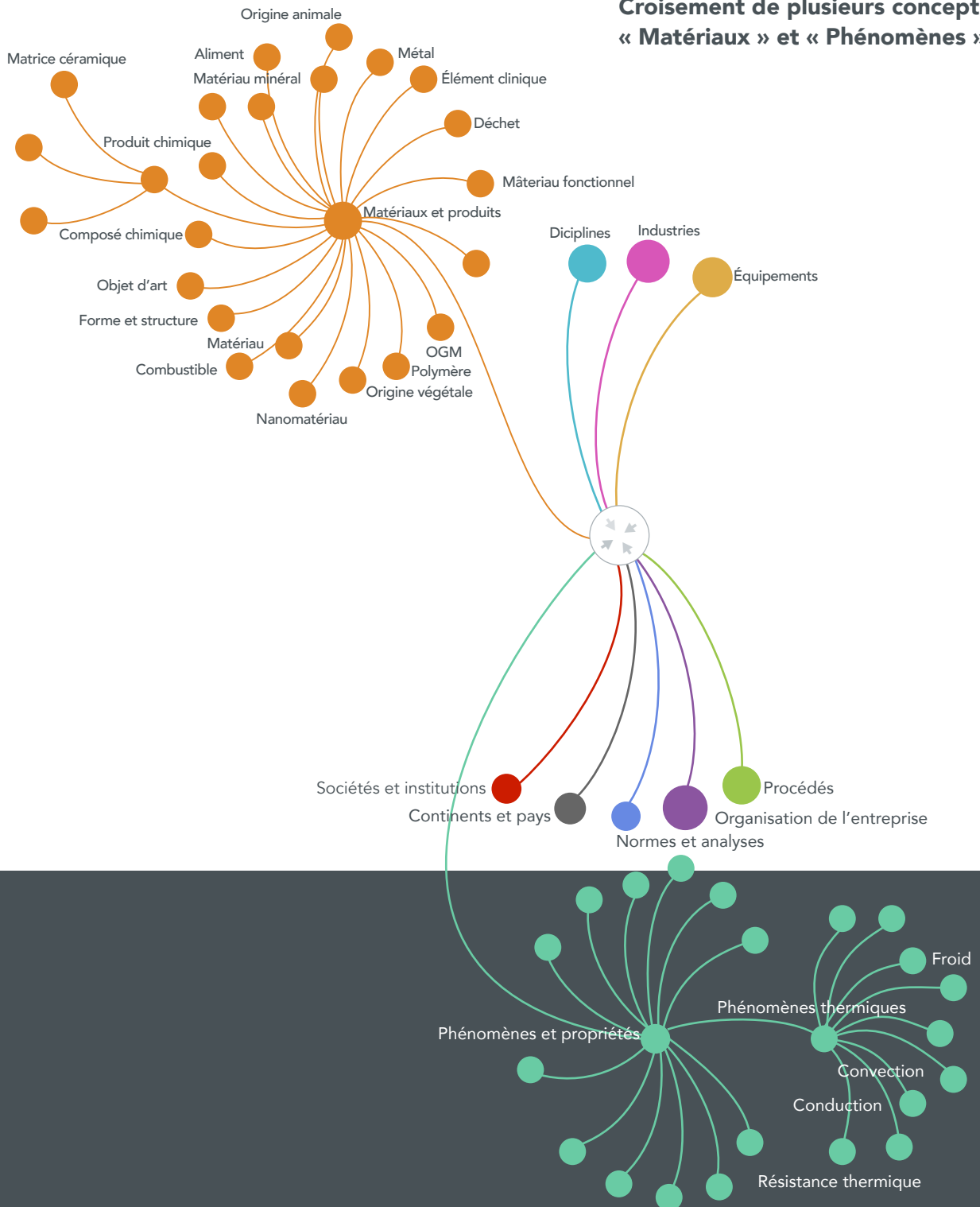


Chaque sphère représente le terme du thésaurus de premier niveau.
La taille de la sphère est en relation avec le nombre de documents liés.

Cartographie dépliée sur le concept « Procédés »



Croisement de plusieurs concepts « Matériaux » et « Phénomènes »



Gagnez du temps et sécurisez vos projets en utilisant une source actualisée et fiable



RÉDIGÉE ET VALIDÉE
PAR DES EXPERTS




MISE À JOUR
PERMANENTE



100 % COMPATIBLE
SUR TOUS SUPPORTS
NUMÉRIQUES



SERVICES INCLUS
DANS CHAQUE OFFRE

- + de 340 000 utilisateurs chaque mois
- + de 10 000 articles de référence et fiches pratiques
- Des Quiz interactifs pour valider la compréhension 

SERVICES ET OUTILS PRATIQUES



Questions aux experts*

Les meilleurs experts techniques et scientifiques vous répondent



Articles Découverte

La possibilité de consulter des articles en dehors de votre offre



Dictionnaire technique multilingue

45 000 termes en français, anglais, espagnol et allemand



Archives

Technologies anciennes et versions antérieures des articles



Info parution

Recevez par email toutes les nouveautés de vos ressources documentaires

*Questions aux experts est un service réservé aux entreprises, non proposé dans les offres écoles, universités ou pour tout autre organisme de formation.

Les offres Techniques de l'Ingénieur

INNOVATION

- Éco-conception et innovation responsable
- Nanosciences et nanotechnologies
- Innovations technologiques
- Management et ingénierie de l'innovation
- Smart city – Ville intelligente

MATÉRIAUX

- Bois et papiers
- Verres et céramiques
- Textiles
- Corrosion – Vieillessement
- Études et propriétés des métaux
- Mise en forme des métaux et fonderie
- Matériaux fonctionnels. Matériaux biosourcés
- Traitements des métaux
- Élaboration et recyclage des métaux
- Plastiques et composites

MÉCANIQUE

- Frottement, usure et lubrification
- Fonctions et composants mécaniques
- Travail des matériaux – Assemblage
- Machines hydrauliques, aérodynamiques et thermiques
- Fabrication additive – Impression 3D

ENVIRONNEMENT – SÉCURITÉ

- Sécurité et gestion des risques
- Environnement
- Génie écologique
- Technologies de l'eau
- Bruit et vibrations
- Métier : Responsable risque chimique
- Métier : Responsable environnement

ÉNERGIES

- Hydrogène
- Ressources énergétiques et stockage
- Froid industriel
- Physique énergétique
- Thermique industrielle
- Génie nucléaire
- Conversion de l'énergie électrique
- Réseaux électriques et applications

GÉNIE INDUSTRIEL

- Industrie du futur
- Management industriel
- Conception et production
- Logistique
- Métier : Responsable qualité
- Emballages
- Maintenance
- Traçabilité
- Métier : Responsable bureau d'étude / conception

ÉLECTRONIQUE – PHOTONIQUE

- Électronique
- Technologies radars et applications
- Optique – Photonique

TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION

- Sécurité des systèmes d'information
- Réseaux Télécommunications
- Le traitement du signal et ses applications
- Technologies logicielles – Architectures des systèmes
- Sécurité des systèmes d'information

AUTOMATIQUE – ROBOTIQUE

- Automatique et ingénierie système
- Robotique

INGÉNIERIE DES TRANSPORTS

- Véhicule et mobilité du futur
- Systèmes aéronautiques et spatiaux
- Systèmes ferroviaires
- Transport fluvial et maritime

MESURES – ANALYSES

- Instrumentation et méthodes de mesure
- Mesures et tests électroniques
- Mesures mécaniques et dimensionnelles
- Qualité et sécurité au laboratoire
- Mesures physiques
- Techniques d'analyse
- Contrôle non destructif

PROCÉDÉS CHIMIE – BIO – AGRO

- Formulation
- Bioprocédés et bioproductions
- Chimie verte
- Opérations unitaires. Génie de la réaction chimique
- Agroalimentaire

SCIENCES FONDAMENTALES

- Mathématiques
- Physique Chimie
- Constantes physico-chimiques
- Caractérisation et propriétés de la matière

BIOMÉDICAL – PHARMA

- Technologies biomédicales
- Médicaments et produits pharmaceutiques

CONSTRUCTION ET TRAVAUX PUBLICS

- Droit et organisation générale de la construction
- La construction responsable
- Les superstructures du bâtiment
- Le second œuvre et l'équipement du bâtiment
- Vieillessement, pathologies et réhabilitation du bâtiment
- Travaux publics et infrastructures
- Mécanique des sols et géotechnique
- Préparer la construction
- L'enveloppe du bâtiment
- Le second œuvre et les lots techniques