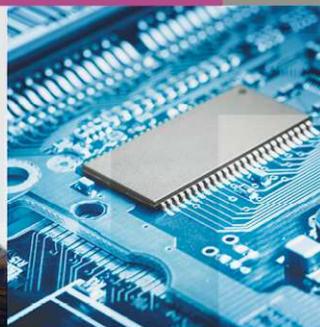
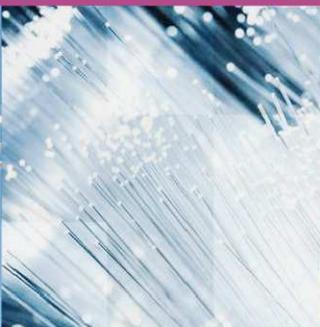


EFFETS DE LA TRANSITION NUMERIQUE SUR LE SECTEUR DE L'ENVIRONNEMENT

EN TERMES D'ACTIVITES, METIERS ET COMPETENCES



Mai 2016



PLAN
MARSHALL
4.0



TABLE DES MATIERES

METHODOLOGIE	3
LES CONTOURS DE L'ECONOMIE NUMERIQUE	4
Les caractéristiques principales de cette transition.....	4
LE SECTEUR DE L'ENVIRONNEMENT.....	8
Consommation d'énergie primaire	8
Consommation d'énergie produite à partir de sources renouvelables	9
Pollution de l'air : oxydes d'azote	9
Pollution de l'eau : nitrates	9
Changements climatiques : gaz à effet de serre	9
Déchets municipaux.....	10
LA TRANSFORMATION NUMERIQUE ET LE SECTEUR DE L'ENVIRONNEMENT	11
Les produits intelligents	11
Les ressources intelligentes et l'efficacité énergétique	11
Les interfaces hommes-machines.....	12
Les machines connectées et intelligentes.....	13
Les capteurs, satellites et drones intelligents	14
Les plates-formes de partage.....	15
Les imprimantes 3D	16
Les déchets contrôlés.....	16
EVOLUTION DES METIERS ET COMPETENCES DU SECTEUR.....	18
METIERS EN EVOLUTION	18
NOUVEAUX METIERS	20
BIBLIOGRAPHIE	23
Ouvrages	23
Sites consultés.....	23

Anticiper les évolutions, la transformation et l'émergence des métiers constitue un axe majeur de la mission d'analyse et d'information sur le marché du travail du Forem. Ce dispositif prospectif se déploie à deux niveaux : au plan des perspectives sectorielles (ou filières), et ensuite au plan des métiers ou compétences.

Le Forem a entamé en 2013 une démarche visant à déterminer - à l'aide d'une approche globalisante et objectivante - les « métiers d'avenir » pour la Wallonie. Si la prospective est considérée ici comme l'élaboration de futur(s) probable(s) ET souhaitable(s), l'issue visée reste pragmatique. Ces analyses visent à influencer l'offre de services interne mais aussi externe au Forem (accompagnement/formation/orientation), à favoriser le partenariat et à informer le public.

Une première étude exploratoire intitulée « [Métiers d'avenir pour la Wallonie](#) » parue en septembre 2013 a permis de dégager les grandes tendances d'évolution des secteurs de l'économie et, brièvement, leur impact sur les métiers.

Sur base des métiers d'avenir ainsi identifiés, une analyse en profondeur « métier par métier », se fondant sur la méthode [Abilitic2Perfom](#)¹ est mise en œuvre depuis 2014 et permet de mieux cerner les évolutions des métiers et d'adapter, après l'analyse de grands domaines de transformation attendus, l'offre de prestations.

En 2016, Le Forem poursuit la démarche prospective et s'inscrit dans plusieurs axes du Plan Marshall 4.0 dont une finalité est de soutenir l'innovation numérique. En effet, la transition numérique touche en profondeur l'ensemble des secteurs d'activités ainsi que les métiers et les compétences. Il convient dès lors non seulement de « prendre le train du numérique », mais également d'anticiper pour le service public de l'emploi quelles seront les opportunités de demain.

Dans cette optique, l'analyse qui suit explore le secteur de l'environnement en Wallonie sous l'angle de la [transition numérique](#). Les développements en matière de hardware, de logiciels, d'interfaces et de connectivités ouvrent le champ des possibles, revisitent les pratiques et les rôles de chacun des acteurs.

¹ Abilitic2Perfom est une méthode d'anticipation des compétences basée sur l'animation de groupes d'experts lors d'ateliers successifs.

Le domaine de la formation professionnelle se doit donc de suivre ce mouvement, voire même de l'anticiper. Les compétences aujourd'hui requises pour l'exercice de tel ou tel métier évoluent parfois fortement. Les travailleurs sont amenés à posséder davantage de connaissances dans des domaines de plus en plus larges.

Cette publication tente d'éclairer comment les évolutions liées à la transformation numérique de l'économie wallonne impactent le contenu des métiers, les compétences déjà aujourd'hui et à un horizon temporel de 3 à 5 ans.

METHODOLOGIE

Début 2016, les collaborateurs du service d'analyse du marché de l'emploi et de la formation du Forem ont réalisé une première analyse bibliographique sur les effets de l'émergence de l'économie numérique. Ce document qui synthétise la littérature ainsi que la veille du secteur, adopte par ailleurs la grille de lecture du bureau de consultance Roland Berger dans le rapport « [Regards sur l'économie wallonne, Economie du numérique](#) » pour structurer les contenus en terme de leviers, enjeux.

Lors du premier trimestre 2016, cette synthèse a été soumise de manière individuelle à un panel d'experts wallons actifs dans le secteur (opérateurs de formation, entreprises, centres de compétences, pôles de compétitivité, etc.)². Ceux-ci ont été principalement sollicités par courriel via un questionnaire sur l'adéquation de ces tendances au niveau wallon, les besoins en compétences et en prestations qui en découlent.

Des avis collectés ont été confrontés, consolidés et intégrés dans une nouvelle synthèse qui fait l'objet de cette publication.

² La liste des différents organismes et institutions sollicités est disponible à la fin de ce document.

LES CONTOURS DE L'ECONOMIE NUMERIQUE

On parle de transition « numérique » ou « digitale » de l'économie depuis le début des années 2000, avec l'apparition de nouvelles technologies de l'information et de la communication qui ont rapidement gagné une grande partie des activités de l'économie et de la société civile.

L'arrivée de ces technologies dites « de rupture » s'inscrit dans les évolutions des technologies de l'informatique qui ont démarré dans les années 70 avec l'invention du microprocesseur. Ce dernier a préparé l'avènement des ordinateurs personnels. Internet a ensuite permis leur mise en réseau et favorisé, plus récemment, le développement de grappes d'innovations technologiques associées telles que l'Internet mobile, le Cloud computing, l'Internet des Objets et le Big Data.

Un ensemble d'innovations arrive ainsi maintenant à maturité en même temps en termes de hardware de production (imprimante 3D, robots...) et d'informations (stockage des données, datacenters...), en termes de logiciels (réseaux sociaux, solutions cloud, Big Data...), d'interfaces (systèmes embarqués, capteurs, communication machine à machine...) ou de connectivité (large bande passante mobile, fibre optique...). Tantôt solution à part entière, tantôt facilitateur, ces technologies concernent tous les secteurs de l'économie³.

Le concept d' « économie numérique », souvent confondu avec les secteurs qui comptent des activités de commerce de détail en ligne et de marketing, se propage de secteur en secteur, jusqu'aux activités manufacturières, agricoles, de la santé ou énergétiques. Ainsi, c'est l'économie dans son ensemble qui devient « numérique ». Ce tournant parfois qualifié dans les publications abondantes sur le sujet, de « xième⁴ révolution industrielle » (après la vapeur,

³ Roland Berger Strategy Consultants, Regards sur l'économie wallonne, Economie par le numérique, SOGEP, septembre 2015.

⁴ Bruno Colmant considère la révolution digitale comme la troisième révolution économique, « [...] celle de la mobilité du capital et de l'information » dans Itinera institute, « L'économie digitale va-t-elle pulvériser les états? ». Le très médiatisé, Jeremy Rifkin, parle de la troisième révolution industrielle (après la vapeur et la convergence entre moteur à combustion interne et réseaux électriques) qui selon lui, naît de la convergence des technologies de la communication et des

l'électricité et l'informatisation) semble se distinguer des précédentes « révolutions » par la vitesse à laquelle l'expansion a lieu dans les manières de produire et de consommer.

Les caractéristiques principales de cette transition

■ La globalisation de la chaîne de valeur

La transition digitale permet de piloter plus facilement des chaînes de valeurs de plus en plus globales et de répartir les processus de production géographiquement afin de profiter des particularités des marchés locaux répartis dans diverses régions du monde. Cette optimisation amplifie le processus de mondialisation.

Une étude de Brynjolfsson et Mc Afee⁵ suggère que l'automatisation, c'est-à-dire, le remplacement structurel de nombreuses tâches humaines par des processus digitaux et par la dématérialisation des réseaux physiques (remplacés par Internet ou des guichets numériques), permettrait la relocalisation de certaines activités, les avantages comparatifs des délocalisations vers des pays à bas salaires devenant moindres.

■ L'émergence de nouveaux modèles d'affaires

Les technologies innovantes de la communication se diffusent rapidement dans les organisations, mais aussi dans la société civile⁶. A disposition des consommateurs, elles leur permettent de prendre part à la création de valeur en utilisant quotidiennement des applications numériques, en produisant eux-mêmes des biens ou des services ou même en remettant sur le marché des biens inutilisés sur des plateformes web. L'économie partagée ou collaborative,

énergies renouvelables. De son côté, le Gouvernement wallon nomme son plan de développement économique « Marshall 4.0 » : « Cette nouvelle orientation entend positionner la Wallonie en pointe dans le cadre de la quatrième révolution industrielle qui s'affirme aujourd'hui, avec la numérisation poussée des échanges économiques et productifs, dans un système global connecté ».

⁵ BRYNJOLFSSON (E.) et MC AFEE (A.), *Deuxième Âge de la machine. (Le) Travail et prospérité à l'heure de la révolution technologique*, 2015.

⁶ Le dernier baromètre des usages numériques en Wallonie montrait d'ailleurs que la conversion du GSM vers le smartphone est en pleine croissance, les possesseurs de ce dernier étant passés de 25 à 39 % en un an. (Digital wallonia.be, Baromètre 2015 des usages numériques des citoyens wallons, octobre 2015).

est un nouveau modèle économique dans lequel l'usage prédomine sur la propriété. L'utilisation des plateformes par des particuliers a un effet de désintermédiation certain sur les activités des services. Ainsi, la croissance récente des plateformes en ligne peut être considérée comme la formalisation de l'économie informelle, en remplaçant en quelque sorte les paiements de la main à la main par des paiements en ligne « traçables »⁷.

Des nouvelles formes de travail⁸ se développent. Elles se caractérisent par un brouillage des frontières à plusieurs niveaux, entre vie professionnelle et vie privée, entre statut de salarié et d'indépendant, entre producteur et consommateur, mais aussi entre le statut de collaborateur bénévole et de salarié.

Le développement des plateformes en ligne, mais aussi d'autres technologies comme le cloud computing influencent également le rapport au collectif dans le monde du travail. En effet, le cloud par exemple, de par la possibilité qu'il offre d'utiliser des infrastructures informatiques situées dans des endroits différents (par exemple OneDrive, GoogleDocs, etc.), accélère le développement de toutes les formes de travail à distance et de travail virtuel. Certains travailleurs sont ainsi isolés et il semble que leur mode d'appartenance soit davantage personnalisé. Dans ces nouvelles formes de travail où certains travailleurs ne partagent plus de temps de co-présence, ni parfois même de co-activité, les identités professionnelles se construisent autrement. D'ailleurs, de nombreux travailleurs isolés (indépendants et télétravailleurs salariés) vont vers des espaces de co-working pour retrouver du lien social dans des espaces de co-présence sans co-activités.

■ L'information comme ressource stratégique

Les individus connectés en réseau forment une « multitude »⁹ puissante. L'entreprise gagne à se lier et être à l'écoute de ces individus connectés via

⁷ VALENDUC (G.) et VENDRAMIN (P.), *Le travail dans l'économie digitale : continuités et ruptures*, ETUI Working Papers, mars 2016.

⁸ Par exemple : « Le crowd working désigne le travail effectué à partir de plateformes en ligne qui permettent à des organisations et des individus d'accéder à d'autres organisations ou individus pour fournir des services, des produits en échange de paiement ». Valenduc (G.) et Vendramin (P.), *Le travail dans l'économie digitale : continuités et ruptures*, ETUI Working Papers, mars 2016.

⁹ COLIN (N.), *La richesse des nations après la révolution numérique*, Terra Nova positions, novembre 2015.

divers canaux d'interactions et notamment les réseaux sociaux. Les technologies du Big Data capables de capturer, analyser et fournir des recommandations précises et en temps réel aux entreprises se développent particulièrement autour de l'exploitation à grande échelle des données partagées par les individus via des applications. Bien que l'exploitation des données clients, qu'elles soient obtenues directement auprès des clients, observées (préférences de navigation sur internet, coordonnées géographiques, etc.), ou déduites d'une analyse, pour améliorer les produits et services ne soit pas une nouveauté de l'économie numérique, la croissance de la puissance de traitement et de stockage des données a facilité l'utilisation massive des données. L'ensemble de la littérature existante s'accorde pour dire que l'information digitalisée devient encore plus qu'hier une ressource économique stratégique.

■ L'effet de réseau et le risque de monopole

Le développement de plateformes web utilisant de nouveaux modèles d'affaires transforme les modalités de la concurrence en renforçant une logique de marché où « le gagnant prend tout ». Les marchés de biens et de services digitalisés obéissent en effet à un régime de concurrence monopolistique ou oligopolistique qui se base uniquement sur la performance relative par rapport aux autres compétiteurs, et non sur des critères de prix et de qualité comme dans les marchés traditionnels. Le producteur de biens ou de services arrivé en premier est capable de capter la quasi-totalité du marché car le consommateur a peu d'intérêts à préférer les performances moindres d'un compétiteur dont les prix ne sont de toute façon pas plus bas.

Les prix du marché sont bas car les coûts de production et de distribution sont indépendants du volume produit et nécessitent uniquement un investissement initial. L'économie digitale est par conséquent intensive en capital, mais la reproduction a un coût unitaire très bas, voire nul. C'est le principe du « coût marginal zéro », présenté notamment par Jeremy Rifkin¹⁰.

Cette dynamique renforce l'effort d'innovation en services réclamé aux entreprises pour répondre à la demande de la multitude, sous peine que celle-ci aille trouver son bonheur auprès de ses concurrents. Les monopoles en place

¹⁰ RIFKIN (J.), *La nouvelle société du coût marginal zéro*, 2014.

sont donc fragiles et la participation des utilisateurs, leur intégration et les synergies qui peuvent être mises en place avec la « multitude », permettent aux grandes entreprises du numérique actuelles de maintenir leur monopole¹¹.

Les leviers de la transformation numérique des entreprises

Divers facteurs, leviers¹² de changement permettraient aux entreprises et organisations wallonnes et d'ailleurs de tirer parti de la transformation numérique. Ces leviers peuvent être appliqués dans tous les types d'organisations et tous les secteurs d'activités, néanmoins ils prennent forme différemment selon que l'entreprise évolue dans une activité principalement industrielle ou de service.

La transformation numérique des services semble être en marche depuis plus longtemps que dans l'industrie. Dès le développement massif d'internet, la création d'un site web est devenue une nécessité absolue. Aujourd'hui c'est le canal mobile qui s'ajoute. Le défi des entreprises actives dans les services est donc en partie d'être présentes sur chacun des canaux (physique, Internet, mobile), mais aussi de gérer leur intégration dans le parcours client pour qu'ils ne soient pas néfastes l'un pour l'autre, mais complémentaires. Un autre levier consiste à d'enrichir l'expérience client via la réalité augmentée, la géolocalisation en magasin ou grâce aux résultats des analyses Big Data personnalisées lorsque les clients font des achats en ligne. De manière plus globale, la personnalisation, individualisation du parcours client permet une réelle différenciation sur le marché.

L'application industrielle des nouvelles technologies pourrait contrer le phénomène de désindustrialisation européenne face à la concurrence mondiale et augmenter la compétitivité des entreprises industrielles en optimisant les coûts. L'analyse Big Data en lien avec les technologies de capteurs et censeurs embarqués couplés à des systèmes ERP¹³ permettrait une interconnectivité

¹¹ COLIN (N.), op. cit., novembre 2015 ; OECD, *Relever les défis fiscaux posés par l'économie numérique*, chapitre 4. Economie numérique, nouveaux modèles économiques et principales caractéristiques, 2014.

¹² Roland Berger Strategy Consultants, Regards sur l'économie wallonne, Economie par le numérique, SOGEP, septembre 2015.

¹³ L'ERP vient de l'anglais « Enterprise Resource Planning ». Les solutions ERP permettent une meilleure intégration des applications informatiques (gestion des commandes, des stocks, de la paie, de la comptabilité...) d'une entreprise.

complète entre les différentes activités de la chaîne de valeur. Ceci favorise alors le pilotage en continu de la production, mais aussi l'utilisation des ressources nécessaires en matières premières et en énergie. De plus en plus, on anticipe l'avènement de systèmes autonomes et de machines qui sont capables de s'organiser et d'améliorer leurs processus en interagissant avec les opérateurs humains. La personnalisation est également un levier primordial de transformation de l'industrie. Il s'agit ici du fruit d'une production faite à la demande grâce à des machines multifonctions comme par exemple l'imprimante 3D. En d'autres termes, il s'agit d'un procédé de personnalisation de masse qui combine la flexibilité et les avantages du « fait sur mesure » aux faibles coûts de la production de masse.

Les effets sur le marché de l'emploi

Aux effets d'automatisation (remplacement structurel de nombreuses tâches humaines par des processus digitaux) s'ajoutent des effets de dématérialisation (réseaux physiques remplacés par Internet ou guichets, rendant les coûts de reproduction quasiment nuls) ainsi que des effets « d'intermédiation/désintermédiation » qui placent les particuliers au cœur des phases de production et de consommation.

Les nouveaux modèles d'affaires, portés par de puissants effets de réseau (à l'échelle mondiale) et l'exploitation des données à grande échelle, remettent en cause les réglementations et le modèle social en place, mais aussi certains fondements du travail, notamment les liens de sociabilité¹⁴ via de nouvelles formes de travail plus flexibles.

Dans ce contexte en devenir où l'évolution technique est rapide et favorise de nouvelles activités en entraînant la disparition / l'apparition de certains emplois, les programmes de formations initiales, mais aussi professionnelles doivent être assurément au moins adaptés - au plus imaginés pour assurer la montée en compétences générales en adéquation avec la transformation digitale des employeurs.

¹⁴ VALENDUC (G.) et VENDRAMIN (P.), *Op.cit.*, ETUI Working Papers, mars 2016.

L'ENVIRONNEMENT

LE SECTEUR DE L'ENVIRONNEMENT

Le décret du 27 juin 2013 relatif à la stratégie wallonne de développement durable donne la définition suivante du développement durable pour la Wallonie : « *Le développement durable consiste en un développement qui a pour objectif l'amélioration continue de la qualité de vie et du bien-être humains, tant localement que globalement, et qui garantit la capacité de répondre aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations à venir à satisfaire les leurs. Sa réalisation implique la prise en compte du taux de renouvellement des ressources naturelles et du maintien de la biodiversité. Elle implique également de continuer un processus de transition qui mobilise les acteurs sociétaux et les fonctions sociales (économie, sociale, culturelle) en vue d'assurer un usage optimal de tous les types de ressources (immatérielles, humaines, naturelles, financières,...) et une réduction continue du prélèvement des ressources non-renouvelables.* »¹⁵

Le développement durable a donc pour but de garantir aux générations présentes et futures la capacité de répondre à leurs propres besoins. Il doit donc être considéré sur le long terme en prenant en compte les aspects économiques, environnementaux, sociaux et culturels. Le développement durable représente l'objectif à atteindre en réponse à la crise écologique et sociale qui se manifeste par : le changement climatique, la raréfaction des ressources naturelles, la déforestation, l'appauvrissement de la biodiversité, l'augmentation du CO₂, etc.

Dans ce rapport, nous nous intéresserons aux questions relatives à l'environnement. La préservation de l'environnement est un des trois piliers du [développement durable](#)¹⁶.

De nouveaux concepts voient le jour comme celui de l'environnement en lien avec le numérique. Selon ce concept, la puissance technologique, économique et culturelle du numérique serait mise au service de l'environnement.

¹⁵http://www.wallonie.be/sites/wallonie/files/pages/fichiers/approche_methodologique_et_proposit ion_dindicateurs.pdf

¹⁶ Les deux autres piliers étant l'efficacité économique et l'équité sociale.

Différents thèmes peuvent être abordés quand on parle de l'environnement, nous n'en citerons que quelques-uns énoncés ci-après.

Consommation d'énergie primaire

La consommation d'énergie a des conséquences néfastes sur l'environnement. La pression de la concurrence sans cesse plus forte et la libéralisation des marchés de l'énergie menacent les efforts d'utilisation rationnelle de l'énergie. C'est pourquoi, il est important que le gouvernement mène une politique de l'énergie durable qui concilierait les intérêts socio-économiques et les impératifs écologiques¹⁷.

En 2013, la consommation d'énergie primaire atteignait 47,4 millions de tonnes équivalent pétrole (tep). L'objectif politique fédéral pour 2020 est de réduire la consommation d'énergie primaire de 15,1 % par rapport à 2005 (39,6 tep) soit 5,9 %.

L'énergie est issue du capital environnemental et est indispensable à l'activité économique, qui permet la production de biens et de services répondant aux besoins des êtres humains. Les énergies actuellement utilisées sont principalement non renouvelables. Il s'agit des énergies fossiles et de l'énergie nucléaire. L'utilisation des énergies non-renouvelables pose d'importants problèmes environnementaux.

En effet, les réserves d'énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon) sont limitées et la combustion de ces matières émet notamment des gaz à effet de serre et des particules fines. L'énergie nucléaire comporte des risques de fuites radioactives et d'accidents graves, et pose la question de la gestion à long terme (100.000 ans) des déchets nucléaires.

Pour qu'un développement soit durable, l'accroissement de la production de biens et de services doit se faire tout en réduisant les quantités de ressources non renouvelables consommées pour assurer cette production.

¹⁷http://www.belgium.be/fr/environnement/consommation_durable/economie_d_energie#sthash.vqAuKwGS.dpuf

Consommation d'énergie produite à partir de sources renouvelables

En 2013, la part de la consommation d'énergie produite à partir de sources d'énergie renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie s'élevait à 7,9 % en Belgique. L'objectif politique fédéral est d'atteindre en 2020 une part de 13 % d'énergie produite à partir de sources d'énergie renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie.

Les sources d'énergie renouvelables prises en compte sont les énergies hydroélectrique (à l'exclusion des centrales de pompage), éolienne, solaire, aérothermique, géothermique, hydrothermique, marine et hydroélectrique, la biomasse, les gaz de décharge, le gaz des stations d'épuration d'eaux usées et les biogaz. Pour la biomasse, seule la part biodégradable des déchets ménagers et autres déchets est considérée comme une source d'énergie renouvelable, suivant la Directive européenne 2009/28/CE (UE, 2009).

L'utilisation des énergies renouvelables contribue au développement durable, car elles offrent deux avantages par rapport aux sources d'énergie les plus utilisées actuellement que sont les combustibles fossiles (tels que pétrole, gaz et charbon) et l'énergie nucléaire. D'une part, elles n'épuisent pas des ressources naturelles limitées et d'autre part, elles provoquent beaucoup moins de nuisances, que ce soit en termes de pollution atmosphérique, d'émissions de gaz à effet de serre ou de production de déchets radioactifs.

Pollution de l'air : oxydes d'azote

En 2013, les émissions d'oxydes d'azote s'élevaient à 208 ktonnes en Belgique. L'objectif politique fédéral est de limiter les émissions d'oxydes d'azote à 176 kt par an entre 2010 et 2019, puis à 172 kt par an à partir de 2020.

Les oxydes d'azote (NO_x) sont des polluants atmosphériques qui causent directement ou indirectement des dommages sociaux et environnementaux importants. Les émissions d'oxydes d'azote prennent en compte l'ensemble des sources, notamment l'utilisation d'énergie pour le transport, les industries et le chauffage.

Pollution de l'eau : nitrates

En 2012, la concentration moyenne de nitrates dans l'eau des rivières belges s'élevait à 3,79 mg NO₃-N/l. Entre 1992 et 2012, la concentration moyenne de nitrates dans l'eau des rivières a sensiblement diminué.

Les eaux de surface (rivières, lacs...) sont exposées à de nombreuses formes de pollutions issues de l'industrie, l'agriculture et les ménages. L'infiltration de nitrates, notamment issus de l'agriculture, perturbant le contenu en oxygène de l'eau en est un exemple. Ceci est plus spécifiquement la conséquence de l'utilisation d'engrais minéraux de synthèse et d'engrais organiques. Si ces engrais sont appliqués en trop grande quantité ou au mauvais moment, la part d'azote non absorbée par les plantes rejoint les eaux souterraines et les eaux superficielles, causant leur eutrophisation¹⁸.

Changements climatiques : gaz à effet de serre

Les gaz à effet de serre (GES) sont présents naturellement dans l'atmosphère. Ils créent un effet de serre naturel qui maintient la température moyenne de l'atmosphère à son niveau historique. Par ailleurs, les activités de consommation et de production de biens et de services émettent des GES qui constituent une pression sur cet équilibre climatique. Il y a désormais un large consensus scientifique pour reconnaître que les émissions de GES liées aux activités humaines sont responsables de l'augmentation observée de la température sur terre. C'est pourquoi l'un des principaux objectifs d'un développement durable est de diminuer les émissions anthropiques¹⁹ de GES pour limiter le réchauffement global et éviter toute « *perturbation anthropique dangereuse du système climatique* »²⁰.

Les GES considérés sont : le dioxyde de carbone (CO₂), le protoxyde d'azote (N₂O), le méthane (CH₄) et trois familles de gaz fluorés (HFC, PFC, SF₆), non couverts par le Protocole de Montréal (HFC, PFC, SF₆). Le principal GES est le CO₂, principale-

¹⁸ Il s'agit du processus par lequel des nutriments s'accumulent dans un milieu et/ou un habitat (terrestre et/ou aquatique).

¹⁹ Relatif à l'activité humaine. Qualifie tout élément provoqué directement ou indirectement par l'action de l'homme : érosion des sols, pollution par les pesticides des sols, relief des digues, etc. Du grec anthropos (homme).

²⁰ CNUED, 1992, Art. 2.

ment émis lors de l'utilisation des combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz) ou par la déforestation. Le CO₂ est responsable d'environ 80 % de l'effet de serre anthropique.

Déchets municipaux

En 2012, la quantité de déchets municipaux par habitant s'élevait à 459 kg dans le pays. Par ailleurs, la part des déchets incinérés avec récupération d'énergie a fortement augmenté passant de 42 % des déchets incinérés en 1995 à 95 % en 2012.

Les déchets sont générés lors de la production et de la consommation de biens échangés sur les marchés (p.ex. les déchets d'emballages). Les déchets exercent des pressions importantes sur l'état de l'environnement. Ces pressions ont lieu soit quand les déchets sont directement rejetés dans l'eau et les sols (p.ex. les excédents de peinture déversés dans l'eau), soit lors de leur transport et de leur traitement.

Les déchets peuvent faire l'objet de différents traitements : mise en décharge, incinération, compostage, réutilisation, récupération, recyclage. Si les pressions exercées sur l'environnement par certains de ces traitements sont moins élevées que par d'autres, tous ces traitements affectent l'environnement. Des exemples de ces pressions sont les pollutions des sols, de la nappe aquifère ou de l'atmosphère près des décharges, les nuisances visuelles et olfactives des décharges, les pollutions de l'atmosphère liées aux incinérateurs, les émissions de poussière et la mise en décharge des résidus finaux lors du recyclage. Ces pollutions environnementales peuvent à leur tour entraîner des problèmes de santé.

Pour limiter les pressions exercées par les déchets, il est important de réduire le volume de déchets générés et d'opter pour des systèmes de traitement qui réduisent au maximum les pressions exercées sur l'environnement. La prévention, de même que la récupération, la réutilisation et le recyclage permettent en outre de réduire l'utilisation de ressources naturelles fortement sollicitées. L'économie circulaire, collaborative et de partage prennent tout leur sens dans ce cadre-là.

LA TRANSFORMATION NUMERIQUE ET LE SECTEUR DE L'ENVIRONNEMENT

Dans son rapport, Roland Berger identifie plusieurs leviers fonctionnels, tant en relation avec la production industrielle, qu'avec les secteurs des services, et qui constituent les axes par lesquels une entreprise peut tirer parti de la transformation numérique. Les pages qui suivent, abordent l'impact actuel et futur de la numérisation dans le secteur de l'environnement au travers de ces leviers.

Les produits intelligents

Proposer des produits intelligents, simples d'utilisation et automatisés est un défi à réaliser par les fabricants actuellement.

Dans le domaine de la construction, le projet ZEHR (Zero Energy House Renovation) est un projet résidentiel inédit en Belgique et en Europe. La maison abrite quatorze capteurs qui mesurent la température, l'humidité et le CO₂. La domotique est commandée par capteurs. Tous les appareils ménagers sont intégrés dans ce système connecté et commandés intelligemment tout comme la pompe à chaleur. Des batteries durables ont été installées afin de lisser au maximum les écarts entre le jour et la nuit et entre l'été et l'hiver. La chaleur estivale (géothermie) utilisée l'hiver est stockée dans des citernes souterraines. La protection solaire est entièrement automatique grâce aux capteurs mais se commande aussi simplement via des commutateurs. Ce concept intègre treize maisons de la même rue. Chaque maison paie séparément afin d'utiliser le réseau comme une batterie (microgrid). De l'électricité verte est injectée dans le système de manière uniforme. Les maisons reçoivent une pile à combustible ou une batterie pour stocker leur électricité.

Un autre objet utilisé dans le bâtiment intelligent²¹ est le thermostat connecté qui devient intelligent et n'a plus besoin d'être programmé. Des sociétés comme Nest aux USA, Netatmo ou Qivivo en France, ont lancé sur le marché divers thermostats intelligents. Dès son installation, le thermostat intelligent apprend

²¹ Pour plus d'exemples, veuillez-vous référer au document relatif aux effets de la transition numérique sur le secteur de la construction en termes d'activités, métiers et compétences.

les habitudes de vie et se programme lui-même. Il tient aussi compte du changement de saisons, de l'ensoleillement, etc.

Un dernier exemple de produit intelligent est celui qui a été créé par une société française qui a intégré des ordinateurs connectés à Internet à l'intérieur de radiateurs classiques. Il est donc possible à l'heure actuelle de chauffer un appartement ou un bureau en recyclant la chaleur des ordinateurs. L'originalité de cette solution réside dans le fait que ce radiateur numérique met à distance la puissance de calcul de ses serveurs à la disposition d'entreprises. En échange, le chauffage est gratuit pour l'occupant des lieux.

Comme intérêts à la généralisation de ces produits intelligents, il y a l'automatisation des bâtiments et la rationalisation de l'énergie qui seront certainement amenées à de plus en plus se généraliser, tout au moins pour toutes les constructions neuves et dans la mesure du possible en cas de rénovation.

Les différents produits domotiques permettraient de vérifier à la maison en temps réel la consommation d'électricité des appareils ménagers à l'aide d'une application. Cela favoriserait la réalisation d'économie d'énergie, de chaleur, d'eau... les capteurs permettent de déterminer automatiquement dans quelle mesure et où il faut ventiler pour obtenir un climat optimal.

A terme, l'intérêt accru pour les solutions domotiques pourrait créer de nouveaux emplois pour la fabrication des équipements, ou encore leur installation dans les foyers mais aussi pour des métiers autour de la maintenance et de la réparation des objets de domotique.

Les ressources intelligentes et l'efficacité énergétique

Le développement de produits intelligents permet de disposer de ressources intelligentes. En effet, la création de produits tels que les thermostats intelligents, capteurs, etc. permet une meilleure gestion des ressources.

A l'horizon 2020, plus de 70 % de la population mondiale devrait vivre dans de grands centres urbains où la concurrence sera croissante. Cette évolution, synonyme de nombreux défis, nécessite de repenser nos villes et communes pour les rendre intelligentes. Avec, au cœur de ce processus, l'utilisation de

technologies innovantes et un rôle capital à jouer pour les entreprises de technologie, tous les acteurs de la recherche et de l'innovation et les petites et moyennes entreprises. La création d'un banc d'essai dans le monde réel devrait aider à comprendre les enjeux tels que les changements climatiques qui soulèvent des défis sociétaux, énergétiques et alimentaires, ... et entre autres ceux liés à l'économie d'énergie, à l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité, à la réduction des émissions de CO₂ pour respecter les engagements de réduction des gaz à effet de serre.

L'idée est de mettre la technologie au service de villes intelligentes (smart cities) plus durables, sur le plan environnemental, social mais aussi économique, en améliorant la mobilité, les modes de consommation (énergétique), la gouvernance, la gestion des déchets, les bâtiments, la santé, l'espace public, la gestion de l'eau, les réseaux de communication modernes, la politique portuaire intégrée, etc. Ce serait la prochaine étape de la révolution de l'information, la connexion de tout, du transport urbain aux dispositifs médicaux, en passant par les appareils ménagers. L'accès et le partage de l'information a un impact sur le développement durable (économie d'énergie, moins de pollution et de pressions sociales, diminution des coûts, ...).

La société ABB, active dans les domaines de l'énergie et de l'automatisation, fait partie d'Universal Smart Energy Framework (USEF). Ce consortium a créé un « standard ouvert » pour le développement de produits, services et solutions « smart energy » en vue d'accélérer le déploiement de smart grids²² en Europe. Avec ce software, les différentes entités peuvent mieux communiquer entre elles et s'échanger des données. La création d'un marché de l'énergie durable est ainsi facilitée.

Le réseau électrique du futur (smart grid) permettra de « déplacer » la consommation électrique en fonction des variations du prix de l'électricité via une communication sans fil entre les appareils et les fournisseurs d'électricité. Concrètement, cela signifie qu'à chaque partie du réseau, on associe un système de communication particulier (satellite, courants porteurs en ligne (CPL), Wifi

²² Le **smart grid** est une des dénominations d'un réseau de distribution d'électricité dit « intelligent » qui utilise des technologies informatiques de manière à optimiser la production, la distribution et la consommation d'électricité.

longue portée (fibre optique), radio fréquence...), qui permet un échange d'informations et une adaptation des acteurs en fonction des données reçues.

Cependant, l'utilisation d'objets connectés appelle à la prudence dans la mesure où tout objet connecté est lié à une application mobile. Par exemple : des cafetières électriques révélant les mots de passe Wifi de leur propriétaire, des systèmes de sécurité domestiques commandés par smartphone et pouvant être leurrés par des aimants. Le spécialiste de la sécurité informatique Kaspersky a publié une étude mettant en lumière les failles de sécurité de plusieurs objets connectés pour la maison. Il est possible de se protéger contre le piratage grâce à des dispositifs de sécurité comme le Bitdefender BOX, outil qui se place entre le router et tous les appareils connectés de la maison. Ces dispositifs permettent de bloquer certains téléchargements de logiciels malveillants, ou des connexions indésirables.

Les transformations des énergies

La directive sur la performance énergétique du bâtiment (PEB) génère un grand développement de nouveaux matériaux, systèmes de production et produits permettant d'atteindre les objectifs de consommation et de capacité de production d'énergie des bâtiments. Pour ce faire, le recours à des « solutions hybrides » paraît nécessaire. Par exemple, une installation associant les panneaux solaires à une pompe à chaleur assure la production d'eau chaude sanitaire jusqu'à hauteur de 90 % des besoins. Les fenêtres aussi sont concernées par la récupération et la production d'énergie grâce à l'intégration de photopiles. Des chercheurs de l'Université de Kassel en Allemagne ont développé un béton photovoltaïque (baptisé DysCrete) qui, lorsqu'il est exposé à la lumière naturelle, est capable de produire de l'électricité.

Les interfaces hommes-machines

Le numérique rend l'information disponible à tous par l'intermédiaire du Web, la 3D, ... L'accessibilité numérique entre dans le champ de l'environnement sous la forme par exemple du développement d'une seule source numérique, de la baisse de la bande passante utilisée pour véhiculer les informations électroniques, de la diminution du temps de recherche d'une information, de la diminution des travaux de maintenance, etc.

La société Engie M2M dédiée à l'installation, l'exploitation et la maintenance du réseau cellulaire Sigfox lance le premier réseau comparable à la technologie du sonar dédié à l'Internet des objets en Belgique. Les communications passant par ce réseau seront éco-énergétiques et bon marché. En ouvrant la voie à une utilisation plus large de la connectivité Machine-to-Machine (M2M), ce réseau permettra aux clients belges de connecter tous les objets à Internet. Pour les énergéticiens, l'Internet des objets permettra le développement de nouvelles activités et d'applications telles que le comptage intelligent, la détection des fuites d'eau, la gestion intelligente des bâtiments et de la mobilité verte.

L'approche M2M offre la possibilité aux fabricants, aux producteurs d'énergie et à d'autres entreprises de contrôler leurs produits à distance.

Les machines connectées et intelligentes

Les robots font leur entrée dans la vie de tous les jours pour détecter des problèmes dans la qualité de l'air, des pollutions du sol ou de l'eau. Dans le domaine de la gestion des réseaux d'eau, des évolutions technologiques majeures sont à signaler telles que la présence de caméras pour faciliter la surveillance, l'intervention de robots guidés par l'intermédiaire de la fibre optique et le développement de méthodes d'analyse de l'état des canalisations enterrées et des matériaux qui les composent. Ces méthodes sont complétées d'outils de diagnostics et de modélisations numériques pour permettre d'évaluer la durée de vie résiduelle d'un réseau.

Pour les déchets, il existe des perspectives d'évolution du ramassage avec la mécanisation de la collecte (collecte robotisée, ...).

L'analyse de la qualité de l'air (exposition des travailleurs aux composés organiques volatils), de la pollution de l'eau ou des sols afin de garder un environnement sain sont de réels enjeux économiques. Un air pollué peut causer diverses pathologies, faire baisser la productivité et entraîner de l'absentéisme. Diya One de Partnering Robotics est un robot qui analyse et purifie l'air des environnements de travail dès qu'il détecte une pollution (chauffage, peinture, tabac, parfums corporel ou d'intérieur, ...). Il se déplace facilement grâce à une

caméra à 360 degrés et à une vingtaine de capteurs. Quand une pollution est détectée, il crée une bulle d'air pur en aspirant la pollution et il alerte le responsable de la maintenance pour lui indiquer que l'endroit est à traiter.

Il existe également des systèmes qui analysent le comportement des personnes (p.ex. des personnes âgées à leur domicile pour leur permettre de rester le plus longtemps possible chez elles). La maison connectée pour accompagner le maintien à domicile ! Lors des périodes de canicule, les opérateurs et les collectivités sont ainsi les destinataires des informations qui arrivent sous forme de notifications.

Super Citizen Smart Sensors (SCSS) est un service de production en temps réel de données environnementales proposant une solution modulable permettant d'évaluer la qualité de l'air intérieur et extérieur, le bruit, la chaleur, l'humidité, la lumière... et de rendre ces données publiques via l'Open data. Ces données sont accessibles et exploitables pour un grand nombre (collectivité, citoyens...). Il s'agit aussi de favoriser la sensibilisation citoyenne pour amorcer le changement des comportements.

La préservation de l'environnement peut aussi rimer avec « faire du chiffre » (limiter les déchets, le transport, les émissions de CO₂, promouvoir le réutilisable, etc.). Une caractéristique de l'époque est l'enjeu de l'incorporation du durable dans la production qui répond à la devise : « produire plus avec toujours moins d'impact ». L'Oréal peut être considérée comme une usine 100 % verte. Elle utilise la bio méthanisation et l'associe à une politique d'économie d'énergie totale. Une unité de production de biogaz est couplée aux besoins en électricité et en chaleur de sa chaîne de production, c'est la cogénération. La chaleur locale de la cogénération est utilisée pour sécher des boues issues du traitement des eaux de la station d'épuration. Dans la serre solaire de 800 m², un robot brasse les boues en permanence, qui sont séchées sous l'effet combiné du soleil et/ou de la chaleur résiduelle de l'unité de cogénération. Cette approche réduit leurs poids de 75 % et fait l'économie de 80 camions par an pour les évacuer. Cela réduit également les émissions de CO₂ et produit du combustible industriel (p.ex. sous forme de pellets ou encore du substrat de ciment en valorisant les cendres).

Les capteurs, satellites et drones intelligents

Les nouvelles technologies tels que les capteurs, les satellites, les drones... deviennent progressivement indispensables à la protection de l'environnement. Les technologies qui reposent sur des connexions, des réseaux électriques et de télécommunications ne pourront pas fonctionner partout car il reste des endroits sauvages qui ne sont pas connectés. La généralisation de liaisons par satellite, d'antennes microcellulaires et de sources d'électricité solaires plus abordables pourront aider à venir à bout de ces difficultés.

La connaissance de l'état des milieux naturels et non naturels, ainsi que celle de la dynamique de leur évolution est indispensable à la protection de l'environnement. La nécessité d'obtenir des informations précises, à différentes échelles, sur ces espaces implique l'utilisation des moyens d'observation les plus performants.

La survie de l'humanité dépend des réserves de la planète en ressources naturelles : poissons, eau, bois, minerais et terres arables. Cependant, la reconstitution de ces ressources dépend du capital naturel de la planète : forêts, pâturages, couches arables, lacs, cours d'eau et océans. L'accroissement de la productivité agricole et l'expansion des infrastructures critiques ont permis d'améliorer la qualité de vie de milliards d'individus, mais ont dangereusement appauvri ce capital naturel.

Les imageries satellites à haute résolution collectées par le satellite QuickBird ont permis en 2012 le recensement de certaines populations animales qui sont rares et qui sont dans des endroits menacés.

Les images satellites et la cartographie numérique documentent les effets des activités minières (dégâts, fractures hydrauliques), de l'exploitation du pétrole et du gaz et de la pêche illégale dans des endroits reculés sur l'environnement. Les séries d'images satellite portent sur une seule zone pour créer des animations permettant de visualiser les mutations du paysage à travers le temps.

Ces techniques permettent d'éclairer les décisions en matière d'utilisation des terres, de développement et de protection de la nature en soulignant clairement les avantages et les inconvénients potentiels associés à différents choix de développement qui pourraient être faits. Elles visualisent la manière dont les

choix de développement affectant le capital naturel, et donc les flux de biens et de services entre l'environnement et l'homme se font. Les autorités sont capables d'identifier les zones qui peuvent fournir les meilleurs retours sur investissement en termes de capital naturel, et donc contribuer à lutter contre l'érosion, préserver les ressources hydriques, empêcher la désertification et protéger la biodiversité.

Le Natural Capital Project a permis de mettre au point une technologie pour gérer le capital naturel et prévoir comment les évolutions dans la gestion des terres, les infrastructures et l'utilisation des ressources affecteront les réserves hydriques, ligneuses et halieutiques ainsi que les défenses naturelles contre les inondations et l'érosion. La technologie phare du projet nommé Invest est une suite de logiciels « open source », permettant de mesurer le capital naturel au moyen de cartes, de courbes de tendance et de bilans élaborés à partir de données relativement simples.

Le programme redd+ (Réduire les Emissions de la Déforestation et de la Dégradation des forêts) vise à dédommager les pays qui s'appuient sur la conservation des forêts pour réduire leurs émissions de carbone globales. Les scientifiques utilisent des capteurs commandés à distance, des technologies d'imagerie laser et des algorithmes statistiques avancés permettant d'observer à la fois les arbres et la forêt avec une précision extraordinaire allant jusqu'aux signatures chimiques des arbres. Ces méthodes d'observation des forêts pourraient permettre de dégager des milliards de dollars pour financer des programmes de préservation innovants dont on pourrait prouver les avantages en matière de réduction des émissions et de biodiversité, mais aussi du point de vue social, voire financier.

De la même façon, les Technologies de l'information et de la communication (TIC) sont utilisées pour le pilotage des appareils d'observation. Cependant le traitement des données et la modélisation sont très fortement consommatrices d'énergie. L'extraction et le traitement des matières premières nécessaires à la construction de ces appareils causent d'importants dommages à l'environnement. En particulier, l'utilisation des terres rares, à l'image du lithium utilisé pour les batteries, est source de rejets polluants extrêmement néfastes. A noter que l'empreinte environnementale des produits de haute technologie est accentuée par leur faible taux de collecte et de recyclage.

L'utilisation de technologie de « dernier cri » (drones, satellites, ...) pour la protection de l'environnement, bien qu'elle permette l'optimisation des réponses, présente aussi un coût environnemental. La mise sur orbite des satellites, la production et le fonctionnement des avions, hélicoptères et drones se font au prix d'une consommation d'énergie considérable. Cependant ces techniques permettent de réduire l'impact sur le climat en contrôlant les pertes d'énergie dans les bâtiments et de réaliser une économie d'énergie sans qu'aucune mesure ou visite sur place ne soit nécessaire.

Par exemple, la ville de Schaerbeek utilise des drones équipés de caméras thermographiques qui enregistrent les émissions de chaleur aux quatre coins de la commune. Les données recueillies sont alors récupérées et analysées par le logiciel Elyx 3D de l'entreprise 1Spatial. Au final, on obtient une carte 3D de Schaerbeek où l'on peut distinguer précisément les émissions de chaleur de chaque bâtiment. Un autre cas est celui du Gaz réseau Distribution France (GRDF) qui expérimente l'utilisation des drones pour la réalisation de diagnostics de déperdition d'énergie d'habitations, à l'aide de caméras infrarouges.

Une autre application dans l'utilisation des drones concerne la question de la maintenance des centrales solaires photovoltaïques qui peut être délicate. Le centre de contrôle d'EDF gère l'exploitation de 540 centrales sur tout le territoire français. Il fait appel à des drones équipés de caméras thermiques pour détecter les dysfonctionnements des centrales. Il développe également une surveillance à distance via un centre de contrôle où la production de l'ensemble des centrales peut être suivie en temps réel.

Les installations ne sont pas à l'abri de défaillances techniques et sont souvent exposées aux agressions extérieures. Du fait du montage en série des panneaux photovoltaïques, un seul élément défaillant peut mettre à mal l'ensemble de l'installation et perturber la production d'électricité. Les exploitants de centrales font donc appel à de nouvelles technologies pour garantir un fonctionnement optimal de leurs installations et les revenus financiers qui en découlent. L'objectif premier est de détecter le plus rapidement possible la moindre défaillance et si possible d'intervenir à distance.

Certains centres proposent déjà des formations pour les pilotes de drones professionnels. Par exemple en Wallonie, EspaceDrone propose une formation à la thermographie et à la photogrammétrie par drone. Son centre théorique est

situé à l'Axisparc de Louvain-la-Neuve et le centre pratique se trouve à l'ULModrome de Liernu (Éghezée). EspaceDrone a déjà formé plus de 180 futurs pilotes depuis 2014.

En Belgique, un accord vient d'être obtenu. Les vols commerciaux des drones seront autorisés : jusqu'à 10 mètres pour un usage privé et 90 mètres en exploitation professionnelle. Une aubaine pour des secteurs comme la sécurité, l'agriculture, etc... Selon le fondateur d'IDRONECT, quelques 2.000 emplois devraient être créés à court terme en rapport avec le domaine de l'aviation.

Une plateforme « IDRONECT »²³ est accessible aux utilisateurs de drones. La plateforme s'occupe de tout le volet administratif mais aussi de fonctions de tracking et de géorepérage (ou gardiennage virtuel). Ce point introduit le suivant.

Les plates-formes de partage

Pour relever les défis et analyser les solutions les plus adéquates visant à tendre vers une meilleure gestion des matières non énergétiques et énergétiques, les partenaires se mettent ensemble pour construire des plateformes pour améliorer notre environnement.

L'économie collaborative/de partage se met en place. Trois critères favorisent cette tendance lourde. Tout d'abord, la crise économique qui rend le coût de la propriété des objets de plus en plus élevée et parfois inaccessible à un seul particulier. Ensuite, la recherche d'une économie durable et enfin la disponibilité des technologies Internet et mobiles sans lesquels ce mode de transactions serait impossible. Le but de l'économie collaborative est de favoriser un « win-win » économie-environnement. Elle doit permettre de trouver le mix des instruments régionaux et fédéraux le plus adapté pour une gestion efficace des matières non énergétiques (dont en ce compris les déchets) afin de créer de la croissance et des emplois et d'améliorer notre environnement.

La plateforme « Resource Efficiency » est une plateforme web qui est un consensus entre les administrations régionales et fédérales des matières « économie et environnement », et regroupe un ensemble d'instruments qui peut stimuler le recyclage.

²³ www.dronelog.be

Les « donneries virtuelles » sont souvent conçues à l'échelle d'une commune. Ces sites Internet permettent aux citoyens de signaler les objets en bon état qu'ils souhaitent donner ou dont ils ont besoin. On y retrouve des électroménagers, des meubles, des livres ou encore des plantes. Pour offrir une nouvelle vie à ces objets, il suffit de contacter le donateur par e-mail et de s'accorder sur le moment de retrait au domicile de ce dernier. En plus de réduire la masse de déchets, des pratiques de développement de plateformes favorisent les rencontres entre les habitants et voient émerger un élan de solidarité.

Dans l'optique de créer un projet de ville intelligente, un hub créatif (TRAK(K)) a été développé à Namur. Ce hub est un espace de co-création multidisciplinaire dont le but est de favoriser l'émergence de projets créatifs. Il met en relation les entreprises, les particuliers, les développeurs, les designers, les chercheurs...

Les imprimantes 3D

De nombreuses initiatives se sont lancées pour utiliser l'impression 3D comme fer de lance de l'écologie, que ce soit pour fabriquer des objets plus propres, pour transformer des déchets inexploités en produits du quotidien, pour protéger l'environnement ou tout simplement communiquer de manière innovante sur des sujets.

Adidas présentait fin 2015 une chaussure innovante entièrement recyclée à partir de déchets plastiques issus de la mer. Réalisée en partenariat avec l'association Parley for the Oceans et la firme i.Materialise, la basket présente une semelle imprimée en 3D à partir des technologies SLS²⁴. L'impression 3D permet de développer des produits personnalisés aux mesures de chaque personne.

Une autre entreprise Solar Sinter (Angleterre) utilise une imprimante 3D reposant sur l'empilement de couches de sable solidifiées sous l'effet du soleil. Grâce à un système de panneaux solaires et de loupes, l'imprimante est capable d'atteindre une température de 1000°C afin de fusionner des grains de sable. Elle est capable de matérialiser en 3D des objets de plusieurs dizaines de centimètres.

²⁴ Selective Laser Sintering (SLS) est une technique de prototypage rapide par frittage laser sélectif sans phase liquide.

Algopack et Le FabShop (France) ont développé le SeaWeed Filament, un matériau pour imprimantes 3D conçu à base d'algues cultivées et récoltées en Bretagne. L'algue qui ne nécessite ni engrais ni pesticides, est déjà largement utilisée dans l'industrie de la plasturgie. Ces nouvelles techniques permettent d'explorer les problématiques liées aux pénuries de matières premières et de présager des possibilités exceptionnelles pour les habitants de zones reculées.

Les déchets contrôlés

L'éco-logistique est une démarche de réduction des nuisances environnementales générées par les activités logistiques tout au long de la chaîne de production. Aujourd'hui, la mise en œuvre de plusieurs types de programmes de développement durable est possible tels que la certification ISO 14001 concernant le management environnemental, l'utilisation d'énergies renouvelables, la réduction de la consommation d'eau, le tri et le recyclage des emballages (programme Eco-Emballages), etc.

Pour l'industrie du traitement du déchet, il y a un double enjeu et avantage au développement de la numérisation en support des procédés de production :

- La numérisation suppose la programmation : sous réserve évidemment de secret de fabrication, et compte tenu des obligations REACH²⁵, cela implique qu'une composition détaillée d'un produit (réalisé sur base d'un mélange maîtrisé) soit potentiellement disponible ... ceci posant les bases d'un système de traçabilité des déchets plus performant et d'un système d'informations permettant aux technologies de traitement de déchets de focaliser sur les substances (soit pour améliorer la reconnaissance du produit à trier par exemple, soit pour déterminer quels produits pourraient ou non intégrer des chaînes de production en aval (après traitement) en fonction des charges incluses... La numérisation permet donc une sorte de fichage numérique des produits qui pourrait servir de référentiel à intégrer dans des machines de traitement.

²⁵ Registration, evaluation, authorization of chemicals – voir document : Effets de la transition numérique sur la chimie et les sciences du vivant.

- La numérisation des chaînes de production pourrait également trouver son développement dans les chaînes automatisées de traitement de déchets et en améliorer l'efficacité. Cet effet pourrait se retrouver renforcé en permettant la liaison entre les systèmes automatisés de ces chaînes de production (maîtrise énergétique, gestion des débits en fonction des mesures réalisées sur les zones de stockage amont ou aval de la chaîne) et en permettant de lier les « fiches » de déchets entrants dans les processus et les fiches de matériaux recyclés à produire en fonction des filières de valorisation en aval.

Au niveau des points de collecte, la numérisation des produits et leur fichage doivent permettre grâce à des logiciels de développer et de mettre à disposition des entrepreneurs du recyclage, des machines de traitement sécurisées, de prédire les interactions, et idéalement de prétablir les risques de mélange (pouvant donc anticipativement arrêter, ralentir, adapter le rythme, ...) des machines de traitement.

EVOLUTION DES METIERS ET COMPETENCES DU SECTEUR

Après avoir décrit les principaux facteurs et leviers qui pourraient influencer le secteur de l'environnement durable en Wallonie dans les cinq années à venir, cette rubrique résume les effets attendus sur les métiers du secteur, notamment en regard de la transition numérique. Les métiers ou fonctions mis en avant dans le tableau sont ceux dont les contenus évoluent, émergents ou présentent un potentiel de croissance.

Les métiers identifiés en 2013 sont pour la plupart des métiers transversaux. Ils sont directement impactés par les différents leviers. Ces métiers peuvent être consultés dans la publication « *Métiers d'avenir : états des lieux sectoriels et prospectifs de futur* »²⁶.

Educateur, enseignant, architecte, exploitant en agroforesterie, apporteur de projets pour coopératives de financement sont autant de fonctions ou métiers qui seront demandés dans les entreprises du secteur de l'environnement ces prochaines années. Ce sont des métiers transversaux à bon nombre d'autres secteurs d'activités wallons.

Les frontières entre les métiers sont moins nettes qu'avant. Les compétences requises pour exercer le métier mêlent des compétences en informatique, en industrie, etc. aux compétences de bases. La formation continue devrait suffire dans les prochaines années pour acquérir ponctuellement le complément de compétences nécessaires pour appréhender les nouveaux équipements. Un prérequis reste toutefois indispensable.

Au niveau des métiers propres au secteur de l'environnement, le tableau qui suit reprend les métiers mis en avant par les experts consultés dans le cadre de ce travail.

METIERS EN EVOLUTION	NOUVEAUX METIERS
Conseiller énergie tertiaire/résidentiel	Agent de maintenance polyvalent en énergies renouvelables (AMPER)
Conseiller énergie industrie	Responsable QHSSE
Monteur en ventilation	Conseiller en gestion des bâtiments intelligents
Poseur de panneaux solaires	Technicien en installation domotique
Ingénieur énergéticien	Facilitateur en économie circulaire
Responsable de la logistique	Waste to energy developer
	Waste sourcing expert
	Data product/waste analyst
	Pilote de drones professionnel

METIERS EN EVOLUTION

■ CONSEILLER ENERGIE TERTIAIRE/RESIDENTIEL

Il s'agit d'une personne de contact et d'information pour la population/les agents économiques (ménages, entreprises ou pouvoirs publics) sur toutes les questions relatives à l'énergie et à la protection de l'environnement. Le conseiller énergie tertiaire/résidentiel étudie quelles sont les mesures qui peuvent être prises pour une utilisation rationnelle de l'énergie et pour préserver au maximum l'environnement.

■ CONSEILLER ENERGIE INDUSTRIE

Il s'agit d'une personne de contact et d'information pour l'industrie sur toutes les questions relatives à l'énergie et à la protection de l'environnement. Le conseiller énergie industrie étudie quelles sont les mesures qui peuvent être prises pour

²⁶ Le Forem, *Métiers d'avenir : états des lieux sectoriels et prospectifs de futur*, septembre 2013.

une utilisation rationnelle de l'énergie et pour préserver au maximum l'environnement.

D'ici 2020, le métier de conseiller en environnement à orientation industrie devra répondre aux besoins des entreprises. L'objectif poursuivi est le même que pour le conseiller environnement tertiaire/résidentiel mais avec des compétences propres à l'industrie.

■ MONTEUR EN VENTILATION

L'activité de monteur en ventilation est en plein développement. Elle concerne les professionnels du chauffage, climatisation ou de l'électricité qui se spécialisent dans la ventilation mécanique de l'habitation. L'installation correcte d'un système de ventilation performant selon le type de bâtiment devient de plus en plus essentielle dans le lieu d'habitation. En effet, que ce soit dans les nouvelles constructions à basse énergie ou dans les habitations bénéficiant d'une meilleure isolation et d'une meilleure étanchéité à l'air, il devient primordial de prévenir les risques d'une mauvaise qualité d'air intérieur. Le monteur en ventilation veille également à la bonne isolation des conduits. On assiste à l'arrivée de nouvelles technologies et des nouveaux produits qui nécessitent l'acquisition de nouvelles connaissances et de nouvelles compétences de la part des concepteurs/installateurs en ventilation. De plus, le monteur ne doit pas négliger la protection contre les poussières des matériaux qu'il stocke.

La conception du système de ventilation mécanique contrôlée et des plans d'implantation est primordiale et sera réalisée en bureau d'études par un ingénieur. Le système doit être conçu dans les règles de l'art et permettre de maintenir la qualité d'air intérieur. La maintenance préventive pourra être assurée par un agent de maintenance polyvalent en énergies renouvelables. Il assure le remplacement des filtres et procède au nettoyage des conduits. Ce professionnel doit savoir identifier des pathologies existantes et proposer des solutions.

Le réglage de la ventilation doit être intégré dans la maintenance. Les configurations standardisées (usines et bureaux d'études) ne permettent pas d'assurer la qualité de l'air poursuivie. La formation des utilisateurs (ou au minimum du « technicien » à demeure) doit également être assurée.

■ POSEUR DE PANNEAUX SOLAIRES

Après des années difficiles pour ce secteur, l'aérovoltaïque est une innovation dans le monde de l'énergie solaire qui devrait booster ce marché²⁷. En plus d'assurer une production d'électricité suivant le même principe que le photovoltaïque, l'aérovoltaïque permet d'assurer une partie non négligeable du chauffage du logement via la récupération de la chaleur produite par la production d'électricité sous les panneaux. Cet air chaud est filtré préalablement à son insufflation dans le logement permettant ainsi par la même occasion l'apport d'un air neuf et sain. Enfin, le système aérovoltaïque possède la capacité de ventiler un air frais durant les nuits chaudes d'été. De plus, la production d'électricité via un système de panneaux solaires rencontre les besoins liés aux nouveaux équipements en production de chauffage et eau chaude sanitaire, notamment les pompes à chaleur.

■ INGENIEUR ENERGETICIEN

Il réalise une étude du projet de construction en vue de déterminer les futures consommations d'énergie du bâtiment, selon le nombre d'habitants, l'orientation du terrain, les matériaux et équipements choisis²⁸. Cette étude thermique est donc effectuée à partir des plans de la construction, car ils permettent d'avoir une idée précise de la configuration des parois, des surfaces et des apports solaires. L'étude tiendra aussi compte du mode d'utilisation et d'entretien de la future maison (température de chauffage, périodes d'absence de la maison, quantité d'eau chaude sanitaire consommée...).

Dans le cas de bâtiment existants, le particulier fera plutôt appel à un auditeur en énergie afin de réaliser un audit. Cet état des lieux des consommations énergétiques par usage (chauffage, ventilation, eau chaude sanitaire, éclairage) a pour objectif de mettre en place des actions correctives sur le logement et ses équipements permettant ainsi d'améliorer sa performance énergétique. L'auditeur peut s'aider d'une analyse thermographique de l'habitation afin de visualiser, à l'aide d'une caméra, les défauts d'isolation, les ponts thermiques, les fuites d'un appareil de chauffage ou d'un plancher chauffant.

²⁷ <http://www.quelleenergie.fr/economies-energie/aerovoltaique/>

²⁸ <http://www.quelleenergie.fr/magazine/batiments-durables/pourquoi-realiser-etude-thermique-construction-maison-18750/>

■ RESPONSABLE DE LA LOGISTIQUE

Pour assurer la continuité de la production et sa cohérence (flux synchrone), le responsable logistique utilise des outils et indicateurs de plus en plus performants qui offrent une traçabilité des différentes étapes du processus logistique: planification et optimisation des stocks, suivi des flux d'informations et des flux matières... L'écologistique se développe dans le secteur sous différents aspects : reverse logistique (maîtrise des flux de retour) et service après-vente, tri et recyclage des emballages, formation à l'écoconduite, mutualisation des entrepôts, transport multimodal (route, rail, fluvial, aérien, maritime combinés) faiblement énergivore. En matière de sécurité, le responsable logistique applique, en liaison avec le chargé qualité, hygiène, sécurité, sûreté et environnement ou le spécialiste des transports de matières dangereuses, des règles spécifiques qui évoluent régulièrement, comme le nouveau règlement européen CLP (étiquetage et emballage des substances et des mélanges) ou la réglementation sur le transport des marchandises dangereuses. Enfin, l'internationalisation des opérations de flux et une forte concurrence ont obligé les entreprises à revoir leurs organisations, en décloisonnant les différents flux physiques et informationnels tout au long de la chaîne logistique. Cela implique pour le responsable logistique un travail de coordination renforcé. Des logiciels lui permettent de rationaliser l'ensemble de la chaîne logistique (de la commande à la facturation), d'effectuer des simulations (suivis quotidien et mensuel du niveau des stocks).

NOUVEAUX METIERS

■ AGENT DE MAINTENANCE POLYVALENT EN ENERGIES RENOUVELABLES (AMPER)

L'agent de maintenance est un professionnel du génie climatique capable d'effectuer la maintenance préventive et corrective des pompes à chaleur, des installations de production solaire (thermique et photovoltaïque) et de la ventilation mécanique contrôlée. Il assure également les contrôles nécessaires sur le plan de la sécurité et des performances des appareils. Après avoir diagnostiqué une panne, il pourra effectuer les petits travaux de maintenance ou faire appel à un spécialiste pour les plus gros travaux.

L'agent de maintenance polyvalent en énergies renouvelables doit avoir des compétences dans les domaines suivants en plus de l'électricité :

- physique et techniques du chaud,
- physique et techniques du froid,
- électromécanique,
- thermodynamique.

Ainsi que disposer d'empathie pour comprendre les besoins des utilisateurs (la standardisation étant difficile).

Il est compétent pour les matières suivantes :

- solaire thermique,
- solaire photovoltaïque,
- pompe à chaleur,
- ventilation mécanique contrôlée,
- performance énergétique du bâtiment,
- thermographie,
- isolation des tuyauteries et étanchéité à l'air.

■ RESPONSABLE QHSE (QUALITE - HYGIENE - SECURITE - SURETE - ENVIRONNEMENT)

Il est le garant de la bonne mise en oeuvre de la politique de l'entreprise, la connaissance de la réglementation et des normes qualité, santé et sécurité est requise pour tous les postes : ergonomie des postes de travail, sécurité de l'ensemble du personnel, sûreté des installations industrielles, analyse des risques... et une adaptabilité à ces environnements. Des compétences dans les domaines de la modélisation et la simulation numérique, l'écoconception, la valorisation de l'énergie, le recyclage, l'écotoxicologie sont également recherchées.

Par ailleurs, de nombreux domaines émergents nécessitent de nouvelles compétences techniques : nanomatériaux, simulation moléculaire, biotechnologies blanches, microstructuration, catalyse, dépôt de couche mince, matériaux fonctionnels, intelligents et de performance, capteurs, procédés membranaires, fabrication rapide, élaboration de composites, assemblages multimatériaux, contrôle non destructif.

■ CONSEILLER EN GESTION DES BATIMENTS INTELLIGENTS

La gestion technique du bâtiment regroupe l'ensemble des techniques et des études tendant à intégrer aux immeubles (bâtiments individuels, industriels, administratifs, commerciaux) tous les automatismes en matière de sécurité, de gestion de l'énergie, de communication et d'environnement. Elle doit répondre aux besoins de sécurité, de confort d'ambiance et de confort d'activités pour permettre un nouveau type d'habitat : « les immeubles intelligents ».

Le bachelier en gestion technique du bâtiment aura pour mission de mettre à disposition des usagers de l'habitat, des locaux commerciaux, administratifs ou industriels, des équipements et des services associés capables d'assurer des fonctions telles que la maintenance technique des bâtiments, la gestion économique des énergies du bâtiment, la sécurité et protection, la maîtrise du confort thermique, acoustique et visuel, la gestion des informations et les communications²⁹.

■ TECHNICIEN EN INSTALLATION DOMOTIQUE

Si la domotique est apparue dans les années 1980, le métier du technicien en installation domotique a fort évolué depuis que les appareils peuvent être connectés entre eux. On peut considérer que le métier aujourd'hui et demain ne ressemble plus à celui des débuts. Selon le site « métier de demain », ce métier est en plein essor.

Dans les bâtiments à usage domestique ou tertiaire, le technicien en domotique réalise l'implantation, la pose, les raccordements, le paramétrage, la mise en service et la maintenance d'installations de distribution de l'énergie électrique, de gestion du confort, de systèmes de surveillance, de sécurité, d'économies d'énergie et de communication, pour des installations neuves, en extension, en adaptation ou en rénovation.

La domotique ayant recours à des disciplines aussi variées que l'électrotechnique, l'informatique ou l'électronique, ce professionnel est un technicien de haut niveau extrêmement polyvalent³⁰.

²⁹ <http://www.studyrama.be>

³⁰ <https://www.kelformation.com/fiches-metiers/domoticien.php>

■ FACILITATEUR EN ECONOMIE CIRCULAIRE

C'est une personne qui implémentera dans les organisations (entreprises ou territoires) une stratégie d'économie circulaire.

Le métier de facilitateur en économie circulaire pourra se retrouver dans divers secteurs et principalement dans les secteurs industriels et les industries manufacturières ; l'immobilier, la location et les services aux entreprises. L'employeur potentiel sera une grande entreprise, un territoire, une intercommunale et/ou un parc d'activités. Selon les experts, ce poste n'est pas donné à un débutant car il s'agit d'un poste à haut niveau confié à un cadre expérimenté qui connaît bien la culture de l'entreprise. Ce poste sera occupé par une personne de référence qui alimente tout le temps la direction. Si des perspectives d'évolution sont en place avec des plans de formations ciblés sur la fonction, les personnes pourraient accroître leurs compétences au sein même de l'entreprise. Les compétences requises pour ce métier sont :

- avoir des compétences en intelligence stratégique, en économie ;
- identifier et mobiliser les personnes ressources pour fonctionner en réseau ;
- être capable de connecter des informations et des ressources entre elles ;
- maîtriser les enjeux, les définitions et les outils de l'économie circulaire ;
- posséder une ouverture d'esprit (out of the box, innovation) ;
- être capable d'identifier les plus-values de l'économie pour le public concerné ;
- communiquer de façon orale et écrite (technologies de l'information et de la communication) ;
- avoir des compétences en psychologie des organisations ;
- développer une vision/analyse stratégique ;
- posséder les qualités d'un bon pédagogue ;
- connaître les outils et la gestion de projets ;
- développer de l'empathie.

■ WAST TO ENERGY DEVELOPER

Cette fonction peut être déclinée en entreprise de production (qui a donc ses composants à gérer et des sources d'approvisionnement à assurer dans le temps), au sein d'entreprises de conseil, au sein d'institutions publiques (cadre réglementaire, appui au développement technologique...).

Cette fonction consiste à :

- Analyser les différents composants d'un « matériau – produit » à la lumière des considérations techniques, économiques, réglementaires, pour les affecter à la valorisation énergétique et/ou matière ;
- Identifier des process de traitement à développer le cas échéant (nouveau produit qui arrive sur le marché, pensée cycle de vie) ;
- Développer et mettre en oeuvre les modalités techniques nécessaires à la production énergétique (optique de Energy sourcing).

■ WASTE SOURCING EXPERT

Ce métier identifie, stabilise et consolide les gisements de matières et/ou composants dans la perspective de raccourcir les circuits d'approvisionnement (vision multidisciplinaire).

■ DATA PRODUCT/WASTE ANALYST

Ce métier consiste à recenser les produits/déchets, identifier leurs composants, orienter vers des modalités de traitement (transformation matière et/ou production énergétique) légalement et techniquement valables, le tout en veillant à l'actualisation des données. Cette fonction pourrait servir à conseiller les orientations politiques.

■ PILOTE DE DRONES PROFESSIONNEL

Un drone ou *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) est un aéronef sans passager ni pilote qui peut voler de façon autonome ou être contrôlé à distance depuis le sol. La taille d'un drone aérien peut aller de quelques centimètres pour les modèles miniatures à plusieurs mètres pour les drones spécialisés (surveillance, renseignement, transport, ...).

Devenir pilote de drones dans un cadre professionnel déterminé par la législation belge nécessite une formation pratique et théorique. Le drone, dans son utilisation professionnelle est régit par les mêmes règles et restrictions que les appareils grandeur nature. Le pilote doit donc connaître parfaitement les lois de la météorologie, de l'aérologie, et doit savoir lire les cartes et les informations à l'attention des pilotes. Il est, de plus, garant de la maxime en aviation « voir et être vu », et il est responsable de la sécurité des personnes et des biens.

Dans le secteur de la construction, le pilote de drone pourra réaliser des thermographies, inspecter des ouvrages, réaliser des cartographies, etc.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages

Le Brynjolfsson (E.) et Mc Afee (A.), Deuxième Âge de la machine. (Le) Travail et prospérité à l'heure de la révolution technologique, Paris, 2015

Colin (N.), La richesse des nations après la révolution numérique, Terra Nova positions, novembre 2015

COLMANT (B.), L'économie digitale va-t-elle pulvériser les états?, Opinion Itinera institute, septembre 2015

En Wallonie, recycler pour réindustrialiser ? Dailysciences- 13/03/2015

Forem, Métiers d'avenir : états des lieux sectoriels et prospectifs de futur, septembre 2013

Jean-Claude Quintart, Mise au vert gagnante, Athena - Novembre 2015

Mark Mills, the cloud begins with coal, Digital Power Group, 2013

OECD, Relever les défis fiscaux posés par l'économie numérique, chapitre 4. Economie numérique, nouveaux modèles économiques et principales caractéristiques, 2014

Philippe Dessalle, Même le thermostat devient intelligent, Le Soir 25/09/2014

Rifkin (J.), La nouvelle société du coût marginal zéro, 2014

Roland Berger Strategy Consultants, Regards sur l'économie wallonne, Economie du numérique, SOGEPa, septembre 2015

SPW, indicateurs de développement durable, approche méthodologique et proposition d'indicateurs dans le cadre de la 1ère stratégie wallonne de développement durable, juin 2014

Tom Michielsen, Contrôler sa consommation d'électricité, L'echo 18/11/2015

Valenduc (G.) et Vendramin (P.), Le travail dans l'économie digitale : continuités et ruptures, ETUI Working Papers, mars 2016

Vidéo conférence avec Cécile de Joux : professeur des Universités, CNAM Paris

Sites consultés

<http://planmarshall.wallonie.be/>

<https://www.digitalwallonia.be/>

<http://www.indicators.be/fr/indicator/>

<http://www.quarnot-computing.com/>

<http://www.lefigaro.fr/societes/2015/04/01/20005-20150401ARTFIG00057-drones-gdf-suez-entre-au-capital-de-redbird.php>

<http://hightech.bfmtv.com/produit/diya-one-le-robot-qui-purifie-l-air-de-nos-bureaux-942172.html#>

http://www.expoprotection.com/site/FR/Apix_miniarurise_analyse_de_gaz,11658,ZoomId-770143,FromPage-.htm#POylFU3q1Rlfl1o.99

<http://www.express.be/business/fr/technology/classement-des-villes-belges-les-plus-intelligentes-genk-est-la-ville-intelligente-la-plus-avancee-du-pays/178517.htm>

<http://www.rslnmag.fr/post/2014/12/09/Objets-connectes-par-milliards-environnement-.aspx>

<http://www.rslnmag.fr/post/2014/01/17/recolte-de-donnees-les-abeilles-championnes-de-la-prevision-environnementale-1.aspx>

<http://www.lettresnumeriques.be/2015/02/20/presentation-de-%C2%AB-lirtuel-%C2%BB-plateforme-de-pret-numerique-du-reseau-de-lecture-publique-belge-a-la-foire-du-livre-de-bruxelles/>

<http://www.engie.com/journalistes/communiques-de-presse/engie-reseau-internet-objets-belgique/>

<http://www.consoglobe.com/drone-agriculture-cg>

<http://www.rslnmag.fr/post/2014/08/12/50-milliards-dobjets-connectes-en-2020-quel-impact-sur-notre-consommation-denergie-.aspx>

https://www.accenture.com/t20150521T071945_w/bw-en/acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/Outlook/Documents/2/Accenture-Outlook-Using-Digital-Tech-Spin-Circular-Economy.pdf

<http://www.actu-environnement.com/ae/news/nouvelles-technologies-protection-satellites-drones-avions-traitement-donnees-impact-environnemental-21482.php4#>

<http://www.lme.be/conference-economie-circulaire/>

<http://listes.agora.eu.org/listinfo/donnerie#ailleurs>

http://www.cesw.be/uploads/publications/fichiers/Wallonie/W128_web.pdf

<http://www.defi-metiers.fr/breves/letude-ececli-prevoit-le-developpement-de-30-000-etp-lhorizon-2019>

<http://community.electrabel.be/t5/Blog/Avec-ses-drones-Schaerbeek-devient-une-smart-city/ba-p/2557>

<http://www.3dnatives.com/impression-3d-ecologie-21012016/>

<http://www.espacedrone.be/>

<https://www.francebarter.coop/GUIDE-PRATIQUE-BARTER-echanges-inter-entreprises.pdf>

<https://www.trakkBe>

http://www.belgium.be/fr/environnement/consommation_durable/economie_d_energie#sthash.vqAukwGS.dpuf

Le Forem – Office wallon de la formation professionnelle et de l'emploi

*« Effets de la transition numérique
sur le secteur du développement durable
en termes d'activités, métiers et compétences »*

Mai 2016
Boulevard Tirou, 104
6000 Charleroi

www.leforem.be

Cette étude a été réalisée par le service
Analyse du marché de l'emploi et de la formation

Rédaction et réalisation :
Cécile Roelandt

Nous remercions toutes les personnes qui ont participé à cette
publication :

Centre de compétences environnement,
Volta
Greewin

Institutions et organismes sollicités afin de participer au recueil d'avis d'experts
et aux synthèses :

AGORIA, Centre de compétences environnement, Polygone de l'eau, Cluster
tweed, Greenwin, Valplus, ULG, ENGIE, Volta, Ecorce, ELIOSYS, AIE,
Ecoconstruction, Innergic, Formelec, Ressources, Eco-conseil, ...

Editeur responsable : Marie-Kristine Vanbockestael

Direction : Jean-Claude Chalon

Supervision et coordination : Jean-Marc Manfron, Sandra Pfoest