Impacts environnementaux et climatiques des outils numériques

Agence du Numérique

digital wallonia .be

Résumé

Ce rapport fait suite à la décision du Gouvernement wallon de mandater l'Agence du Numérique pour :

- La coordination d'une étude sur les impacts environnementaux et climatiques des outils numériques ;
- La proposition de pistes de recommandations à court, moyen et long terme pour le Gouvernement wallon.

Le rapport s'inscrit dans un processus de positionnement de la Région wallonne sur le lien entre le numérique et l'environnement. Il capitalise sur les mécanismes existants et sur le niveau de maturité de la région quant à la mise en place de domaines d'actions porteurs et répondant à un besoin régional bien défini.

Ce travail s'appuie sur :

- Des avis d'experts composés d'acteurs de recherche et d'entreprises de conseil dans la thématique ;
- Les réelles attentes formulées par les acteurs stratégiques wallons ;
- L'expertise des agents de l'Agence du Numérique.

Rapport publié en Mars 2022

Agence du Numérique

digital wallonia .be

Table des matières

Principaux constats *6*

Un consortium d'experts pour la réalisation de l'étude 8

La prise en compte l'ensemble du cycle de vie des outils numériques 9

Les avancées numériques ne sont pas sans conséquence 10

Les avancées numériques offrent aussi de nombreuses opportunités 12

Les catastrophes naturelles 13

L'économie de la fonctionnalité 14

Une mobilité durable 15

Attention aux effets rebonds 15

Les modes de comportement au centre de tout 17

En conclusion, l'usage du numérique fait toute la différence 17

Guide pratique pour réussir sa transformation *18*

Transformation environnementale : toujours avantageuse pour les entreprises 19

Une méthodologie pour guider et inspirer les entreprises 20

Modèle de Hilty 21

Choix des technologies numériques 22

Différentes applications du numérique 24

Changements structurels accompagnant l'usage du numérique 25

Modèle Éviter, Réduire, compenser (ERC) 27

L'international pour inspiration *31*

45 bonnes pratiques internationales inspirantes 32

Priorité au Green IT 33

Le numérique est abordé dans sa globalité 34
La priorité à la protection du climat et à la gestion des déchets 35
Soutenir et renforcer les filières du réemploi, du reconditionnement et de la réparation des DEEE 36
Lutter contre l'obsolescence programmée, en y intégrant l'obsolescence logicielle et indirecte 37
Mettre l'innovation numérique au service de la préservation de l'environnement et de la biodiversité 38
Soutenir des modes de consommation numérique plus responsables 39
Mettre la data au service de l'environnement et de la gouvernance de la transition écologique 41

Perceptions et attentes des acteurs wallons 43

Une large consultation en ligne 44

Un atelier participatif inspirant 47
Vers une industrie plus optimisée et durable 47
Vers des modes de consommation et d'usages plus responsables 48
Vers un déploiement plus rapide de l'économie circulaire et fonctionnelle grâce au numérique 49

Des domaines d'action pour la Wallonie 50

Critères de sélection 51
Critère 1 : Déclaration politique régionale wallonne 2019-2024 51
Critère 2 : Stratégie de spécialisation wallonne S3 51
Critère 3 : Stratégie régionale Circular Wallonia 52
Critère 4 : Stratégie régionale Digital Wallonia 52
Critère 5 : Constats de l'étude et recommandations des experts 53

Des systèmes de production plus durables 55
Court terme: accélérer la modernisation des processus de production des entreprises wallonnes 55
Moyen terme: Intégrer la dimension environnementale et circulaire dans les processus de production 56
Long terme: Soutenir la RDI dans des technologies numériques au profit d'une industrie 4.0 à moindre impact environnemental 57

Vers des solutions et des usages numériques plus respectueux de l'environnement 57
Court terme : Sobriété des usages numériques 58
Moyen terme : Assurer la prolongation du cycle de vie des solutions numériques 59
Long terme : RDI dans l'écoconception et l'éco-design des solutions numériques 59

Mobilisation des acteurs autour de business modèles basés sur le partage et sur l'économie circulaire et fonctionnelle 60
Court terme: Soutenir la sensibilisation, le partage et l'apprentissage 61
Moyen terme: Soutenir les démarches volontaires transversales 61
Long terme: Encourager les dynamiques et partenariats internationaux 62

Circularité, valorisation et réemploi des matériaux et des ressources 62
Court terme : Développer des partenariats entre la filière du réemploi, du recyclage et du traitement des déchets et les industries 63
Moyen terme: Renforcer la RDI dans les technologies numériques de pointe de substitution, de traitement et de valorisation des matériaux 64
Long terme : Renforcer une offre locale diversifiée de matériaux et de composants recyclés limitant l'approvisionnement international 65

Une dynamique wallonne en marche 66

Des systèmes de production plus durables 67

Vers des solutions et des usages numériques plus respectueux de l'environnement 69

Mobilisation des acteurs autour de business modèles basés sur le partage et sur l'économie circulaire et fonctionnelle 70

Circularité, valorisation et réemploi des matériaux et des ressources 71

La Wallonie, une région déjà engagée 73

Cadre méthodologique et sources 74

Contexte et intérêt pour la thématique 75

Un projet de positionnement pour la Wallonie 75

Tour d'horizon de la revue de la littérature 76

Analyse des attentes et des besoins des acteurs stratégiques wallons 76

Benchmark international des bonnes pratiques 77

Pistes des recommandations 78

Suite du projet **78**

Liste des sources consultées **79**

Tour d'horizon de la revue de la littérature 79

Benchmark international 82

Recommandations et pistes d'actions 82

Principaux constats

Pour comprendre l'impact du numérique sur l'environnement, il est important d'avoir une vision globale des effets induits sur l'ensemble du cycle de vie des technologies numériques. Même si les avancées numériques ne sont pas sans conséquence, elles apportent de réelles solutions permettant de mieux préserver l'environnement.

Saisir toutes les opportunités du numérique pour une Wallonie plus durable

Dans le dossier Green Deal européen et numérique, l'Agence du Numérique a souligné l'importance pour la Wallonie d'exploiter le potentiel que représente la double transition numérique et écologique. Cette interdépendance s'impose comme un défi au profit de la création de valeur, de la diversité des emplois et de la prospérité économique des entreprises wallonnes.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que le secteur du numérique est lui-même un grand consommateur d'énergie et de ressources naturelles.

Plus récemment, le Conseil de l'Union Européenne a formulé toute une série de conclusions à l'intention de la Commission européenne. Le Conseil définit le numérique comme un excellent levier pour accélérer la transition vers une économie circulaire, neutre pour le climat et plus résiliente.

En Wallonie, l'Agence du Numérique s'intéresse depuis plusieurs années à la problématique du numérique et de l'environnement. Diverses actions ont dès lors émergé comme la publication du mémorandum « Quelle société digitale pour demain ? », la participation au Think Tank #RESET, la représentation de la Wallonie dans les réflexions du CCPIE, la cartographie des acteurs actifs dans l'environnement et l'économie circulaire, la forte implication dans la stratégie Circular Wallonia, etc.

L'objectif étant de positionner le numérique comme un allié pour lutter contre le changement climatique et pour accélérer la transition écologique en Wallonie.

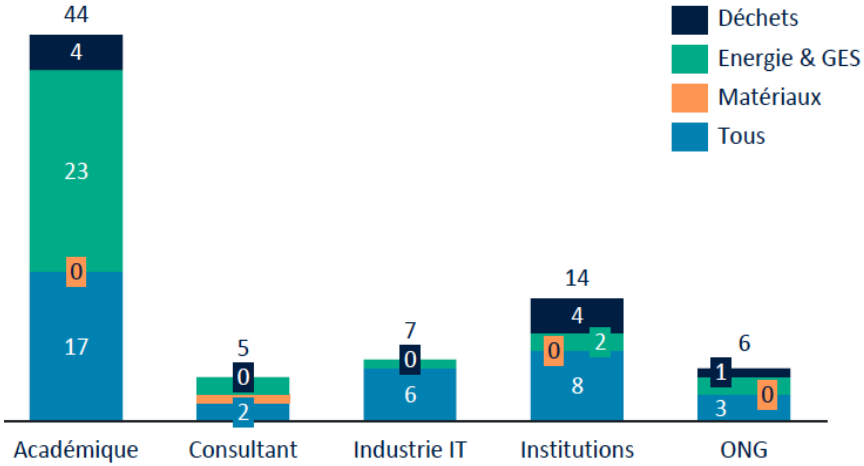
Agence du Numérique

digital wallonia .be

Un consortium d'experts pour la réalisation de l'étude

La réalisation de cette étude "numérique et environnement" permet d'effectuer un tour d'horizon de l'état de l'art et d'identifier les bonnes pratiques internationales pour inspirer la Wallonie dans les actions à mener.

Pour se faire, l'étude a réuni divers experts autour d'un consortium composé par: Climact, FACTOR-X THE CLIMATE CONSULTING GROUP (FACTOR-X ou THE CCG), ICTEAM Electronic Circuits and Systems - UCLouvain et Laboratoire d'Etudes sur les Nouvelles formes de Travail, l'Innovation et le Changement - ULiège (LENTIC)et du comité consultatif suivant: Institut belge du numérique responsable (ISIT), Cluster Tweed, et Sirris.



Types de sources et impacts couverts

Près de 80 sources clés traitant des liens entre le numérique et l'environnement ont été analysées. Ces sources traitent essentiellement de l'impact des technologies numériques sur l'énergie, les gaz-à-effet de serre (GES), les déchets et les impacts environnementaux d'une manière générale.

Agence du Numérique

digital wallonia .be

Sur base de ces sources, 5 grands constats émergent :

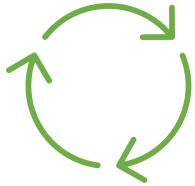
1. La prise en compte l'ensemble du cycle de vie des outils numériques.
2. Les avancées numériques ne sont pas sans conséquence.
3. Les avancées numériques offrent aussi de nombreuses opportunités.
4. Attention aux effets rebonds.
5. Les modes de comportement au centre de tout.

La prise en compte de l'ensemble du cycle de vie des outils numériques

Tout produit fabriqué et vendu, comme un bureau ou un vêtement, génère un impact direct sur l'environnement. Il est donc important, dans une logique d'écoconception, de prendre conscience de l'ensemble des matériaux, ressources et énergies mobilisés sur l'ensemble du cycle de vie des technologies numériques depuis leur conception, leur utilisation jusqu'à leur traitement en fin de vie.

Les principaux indicateurs à prendre en compte pour évaluer l'impact environnemental des outils numériques sur l'ensemble de leur cycle de vie :

- La quantité de source d'énergie primaire utilisée pour l'extraction des matériaux utiles à leur fabrication.
- La quantité de matériaux rares utilisée pour leur fabrication.
- La quantité de source d'énergie finale utilisée sur l'ensemble du cycle de vie.
- Le taux d'émissions de gaz à effet de serre émis durant l'ensemble du cycle de vie.
- La quantité d'eau mobilisée sur l'ensemble du cycle de vie.
- L'utilisation de produits toxiques pendant la conception ou le traitement en fin vie.
- La surface de sols terrestres occupés et transformés pour assurer la production, la vente, la distribution et le traitement des déchets.
- Le taux d'eutrophisation (le surplus d'azote) généré pendant le cycle de vie.
- Le taux de déplétion de la couche d'ozone causée pendant le cycle de vie.



Les avancées numériques ne sont pas sans conséquence

Sur base de l'étude Le numérique en Europe: Une approche des impacts environnementaux par l'analyse du cycle de vie, voici quelques chiffres clés permettant de mesurer concrètement l'impact direct du numérique sur l'environnement :

- Presque 55 millions de tonne de déchets électroniques et électriques DEEE ont été générés en 2019 dans le monde. Les petites technologies numériques de type GSM représentent presque 5 millions de tonne et les technologies comme les écrans ou moniteurs représentent presque 7 millions de tonne. Au vue de nos habitudes de consommation, les **DEEE sont estimés à 75 millions de tonne en 2030, soit une augmentation de 40% en 10 ans**;
- L'**empreinte carbone** générée par le cycle de vie complet des technologies numériques dans le monde en 2020 est évaluée à un **équivalent de un à deux gigatonnes de CO2**, soit, **2 à 4% des émissions mondiales de gaz à effet de serre**;
- La phase de la production des technologies numériques est l'étape du cycle de vie qui génère le plus d'impact environnemental;
- La production de **téléviseurs** représente, à elle seule, **20% de l'ensemble des ressources, matériaux et métaux utilisés** dans la fabrication de technologies numériques. Ils représentent 21,5% des DEEE;
- Les **centrales de données** représentent entre **5% et 23% de l'impact global environnemental** généré par les outils numériques.

Chaque année, les pays membres de l'Union Européenne :

- Utilisent presque **5800 tonnes de ressources, matériaux et métaux rares** pour la fabrication de technologies numériques et presque 4000 pétajoules PJ (unité de mesure d'énergie) de ressources fossiles, soit 26,4% de la consommation mondiale.
- Génèrent **185 millions de tonne équivalent CO2** pour le cycle de vie complet de leurs technologies numériques, soit 40,7% des GES du secteur du numérique dans le monde.
- Exploitent plus de **570 millions de tonnes de matières premières** pour la fabrication de technologies numériques.
- Produisent plus de **115 millions de tonne de déchets** de technologies numériques en fin de vie.
- Consomment presque **4250 PJ d'énergie primaire** pour la fabrication d'outils et de services numériques.
- Consomment presque **1050 PJ d'énergie finale** pour l'utilisation journalière de l'ensemble des technologies numériques fonctionnelles.

En d'autres termes, chaque année, les pays européens :

- Déplacent en matières premières l'équivalent du poids de l'ensemble des êtres vivants sur terre.
- Génèrent sur le cycle de vie de leurs technologies numériques une pollution équivalente à 370000 allers-retours d'un avion entre Paris et New York, soit 63 années de liaisons actuelles.
- Produisent des déchets numériques équivalent au poids de 1,87 milliards d'êtres humains.
- Consomment en électricité pour le cycle de vie des technologies numériques l'équivalent de 32,5 millions de systèmes de chauffage (de 1000 W) allumés en continue pendant une année. L'utilisation des technologies numériques représente par ailleurs plus de 9% de la consommation européenne électrique.

Les avancées numériques offrent aussi de nombreuses opportunités

Il est certes important d'être conscient de l'impact du numérique sur l'environnement dans une logique **Green IT**. Et il est tout aussi important de saisir toutes les opportunités des avancées technologiques numériques pour préserver l'environnement dans une logique de **IT 4 Green**.

Exemples de réduction annuelle de GES et d'impacts environnementaux générés grâce aux technologies numériques, sur base de l'étude "The Enablement Effect, GSMA 2019" :

- Les réseaux électriques intelligents permettraient d'économiser presque 150 millions de tonne de CO2 et jusqu'à 10% de la consommation énergétique ;
- L'efficacité énergétique des smart buildings qui permettrait d'économiser presque 215 millions de tonne de CO2 ;
- L'application du numérique dans une logique du smart farming, notamment grâce aux irrigations intelligentes, permettrait de gagner presque 50 millions de tonne de CO2, sans parler des économies de la consommation de l'eau et de l'énergie finale ;
- La smart mobility grâce au numérique, notamment à travers les éclairages publics intelligents, la démobilisation et la décongestion routière, ferait économiser presque 650 millions de tonne de CO2 ;
- L'industrie 4.0, principalement à travers la gestion intelligente de la chaine d'approvisionnement et d'une vision plus orientée eco-factory, réduirait l'équivalent de presque 240 millions de tonne de CO2.

Outre ces gains non négligeables, les technologies numériques apportent de réelles solutions pour :

- Surveiller l'environnement, le climat, les écosystèmes, les ressources naturelles, la déforestation, la dégradation des forêts, etc. ;
- S'adapter au réchauffement climatique ;
- Renforcer la sensibilisation et la mobilisation des acteurs autour de la cause environnementale en simplifiant la transmission de la bonne information et des bons gestes à adopter.

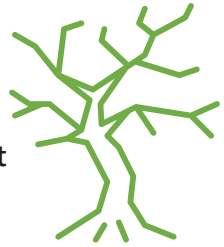
Voici trois exemples concrets où l'utilisation des technologies numériques se révèlent incontournables.

Les catastrophes naturelles

Le numérique peut aider à contrer ou à mieux gérer des phénomènes météorologiques pouvant causer de graves dégâts pour la Wallonie, comme se fût le cas en juillet 2021. Dès lors, il joue un rôle de prévention (pratiques visant à moins dégrader l'environnement) et d'anticipation (pratiques visant à mieux observer et comprendre les variations environnementales de sorte à agir en conséquence).

Quelques exemples d'application de technologies numériques pour :

- **Prévenir des phénomènes météorologiques :**
  - Faire émerger des modèles agricoles, d'écoulement des eaux, d'urbanisation et de ruissellement fondés sur l'activation des écosystèmes naturels.
  - Suivre automatiquement à travers des systèmes de veille juridique les règles environnementales en vue de mieux détecter les violations du droit de l'environnement. Cette pratique garantit le respect des règles d'urbanisation, de bonne gestion de l'écoulement des eaux et des polluants rejetés afin de réduire l'impact environnemental des activités industrielles et manufacturières.



- **Anticiper des phénomènes météorologiques :**
  - Contrôler en continu la qualité et la quantité des eaux dans les réseaux de distribution d'eau grâce à des sondes et à des capteurs.
  - Utiliser des capteurs connectés, des drones, les réseaux sociaux et l'exploitation de signaux faibles dans les bases de données pour assurer une meilleure compréhension et un bon fonctionnement des écosystèmes terrestres et marins.
  - Utiliser l'IoT, l'IA, les satellites et les modèles d'intelligence et de simulation pour prédire des catastrophes naturelles et météorologiques.
  - Mettre en place des plateformes qui facilitent l'échange, la centralisation et la mobilisation de matériels et d'équipements de sorte à apporter le plus rapidement une aide optimale aux sinistrés.

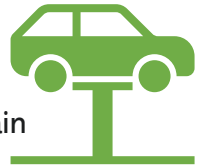
L'économie de la fonctionnalité

Le numérique fait évoluer les relations traditionnelles de transition entre les vendeurs et les acheteurs. De nouveaux modèles basés sur la confiance et sur des solutions alternatives pullulent dans une logique de fonctionnalité et de circularité.
A titre d'exemple, des plateformes visant à proposer des pratiques de leasing d'équipements s'imposent comme une nouvelle manière "plus durable" de consommer et d'utiliser des équipements. Des plateformes, comme Usitoo par exemple, donnent la possibilité de réserver des objets très peu utilisés au quotidien comme des articles de fête ou de voyage.

Cela pousse le consommateur à ne pas investir dans un équipement qu'il aurait sûrement utilisé une seule et unique fois pour une occasion donnée et qu'il aurait commandé de l'étranger par exemple. En termes de chiffres, chaque objet loué permet d'éviter 80kgCO2e comparativement à l'achat du même objet neuf. Cela génère aussi un gain de 4 KgCO2e de potentiels déchets (de l'objet lui-même et de son emballage) et d'une réduction de l'impact de livraison de 154 KgCO2e à 1,6 kgCO2e par objet).

Une mobilité durable

En termes de mobilité, le soutien aux transports partagés et aux moyens alternatifs de se déplacer devient crucial pour limiter la congestion et la pollution qui en résulte. Des plateformes, comme Cambio, proposent des systèmes d'autopartage de véhicules dans diverses stations et points de proximité. Contrairement aux locations de voitures traditionnelles qui nécessitent le déplacement d'agents pour la remise et la reprise des clés, ce type de solution permet de déverrouiller la voiture avec une application. En termes de chiffres, chaque voiture partagée louée remplace en moyenne 13 véhicules privés.



La location au km et non à la journée pousse aussi l'usager à optimiser les distances parcourues. En guise de résultat, chaque voiture louée est utilisée en moyenne par plus de 30 personnes. Cela génère un gain de 48,3 g CO2e par km parcouru. Avec un trajet moyen annoncé de 56,4 km, le gain par réservation est donc de 2,7 kg CO2e.

Attention aux effets rebonds

L'usage des technologies numériques apportent donc de réelles opportunités pour l'environnement. Toutefois, il est important de prendre en compte aussi les effets rebonds qui accompagnent un usage intensif d'une technologie numérique.

Il existe trois types d'effets rebonds:

- **Les effets rebonds directs** représentent une augmentation d'utilisation d'un même produit. Par exemple : changer très fréquemment de GSM pour acquérir les derniers modèles même si l'ancien GSM est encore opérationnel.

- **Les effets rebonds indirects** représentent une augmentation d'utilisation d'autres technologies numériques. Par exemple : la diminution du prix des PC (donc le gain en pouvoir d'achat) pousse les usagers à acquérir des tablettes même si l'usage d'un PC portable pouvait répondre parfaitement à leur besoin.

- **Les effets rebonds systémiques** représentent la somme des effets rebonds directs et indirects qui induisent à terme un changement des modes de consommation et de vie. Il est par exemple commun de disposer chez soi de plusieurs GSM fonctionnels rangés dans un tiroir, d'équipements électroménagers toujours emballés dans leur carton après plusieurs années, voire encore de vêtements achetés sur internet qui n'ont jamais été portés. Tout cela pour dire que les facilités apportées par le numérique incitent fortement à la surconsommation.

Exemples concrets d'effets rebonds induits par le changement des comportements des usagers :

- L'utilisation de sources d'énergie plus verte comme les panneaux photovoltaïques induit une augmentation mondiale de consommation d'électricité de l'ordre de 130%.
- Les économies réalisées grâce à l'efficacité énergétique des bâtiments entraine une augmentation de 4% de l'utilisation de technologies numériques dans ces bâtiments.
- Les plateformes permettant de trouver une place de parking plus facilement dans les centres villes ont un impact positif sur la diminution de la congestion, la qualité de l'air et le gaspillage de carburant. Toutefois, 20% plus d'usagers sont plus tentés de prendre leur voiture pour des courses en ville au lieu d'utiliser les transports en commun ou d'aller dans des zones moins congestionnées.
- Le télétravail et le télé-achat réduisent significativement les consommations de carburant induits par les multiples trajets en voiture. Toutefois, ce gain de pouvoir d'achat incite les usagers à utiliser plus leur voiture pour du tourisme ou des loisirs.

Les modes de comportement au centre de tout

En soi, la digitalisation est davantage un processus humain et les outils numériques sont, comme l'indique le terme, des outils. Un outil peut être un facilitateur et/ou une barrière à l'adoption d'un mode de fonctionnement plus durable et, par conséquent, il doit être considéré et compris dans son intégralité (par exemple, les différents acteurs, les modes d'utilisation, le changement de comportement et d'habitude, la compréhension de la consommation, etc.) pour évaluer l'apport réel.

Il est important de prendre l'aspect humain en compte pour s'adapter aux besoins et de comprendre les différentes manières de réappropriation et d'utilisation au quotidien de ces outils par les différents acteurs.

En conclusion, l'usage du numérique fait toute la différence

Sur la question "Quelle est la balance de l'impact environnemental du numérique", il est aujourd'hui encore difficile de se prononcer. En effet, très peu de rapports et d'études (moins de 20% de la littérature consultée) réalisent cette balance.

Néanmoins, un enjeu important aujourd'hui reste de sensibiliser à des modes de consommation et d'usage durable de sorte à saisir toutes les opportunités du numérique tout en limitant ses effets rebonds et, dans une logique Green IT, son empreinte environnementale.

Guide pratique pour réussir sa transformation

Cette partie propose aux entreprises wallonnes un cadre méthodologique leur permettant de prendre en compte les dimensions Green IT et IT 4 Green dans leur démarche de transformation environnementale. Le modèle explique l'importance de mettre en place des actions sur trois niveaux qui sont : le choix des technologies numériques, leurs différents usages et les changements structurels qui en résultent.

Transformation environnementale : toujours avantageuse pour les entreprises

Vous êtes une entreprise wallonne qui souhaite s'inscrire dans une transformation environnementale? Saviez-vous que la prise en compte du volet écologique peut vous apporter plusieurs avantages comme :

- Une importante réduction des coûts liés à l'énergie et à une utilisation plus optimisée des ressources et matériaux.
- Une meilleure anticipation de potentiels incidents ayant un impact direct sur la santé mentale et physique de vos collaborateurs.
- Une image de marque plus concurrentielle et en accord avec les priorités de son temps.
- Une facilité à conquérir de nouveaux marchés et un argument de taille pour mieux fidéliser vos clients.
- Une rentabilité supérieure grâce à l'optimisation des processus.
- Une préparation aux futures législations et demandes du marché.
- Une culture d'entreprise qui porte des valeurs fortes et écoresponsables.

Les avancées technologiques du numérique fournissent aujourd'hui tous les outils indispensables pour réussir une transformation adaptée à votre réalité et à vos enjeux. Cependant, que vous soyez une entreprise qui développe ou qui utilise des technologies numériques, vous devez mettre en place toute une stratégie de transformation environnementale. Cela implique une réflexion sur le fonctionnement même de vos activités ainsi qu'une mobilisation active de vos collaborateurs. Elle doit être conduite dans le temps en fonction de l'évolution des besoins de vos activités, de vos collaborateurs, de vos parties prenantes et de vos marchés cibles.

Pour cela, un processus en 4 étapes s'impose :

1. Réaliser un audit global et mesurer l'impact environnemental de vos activités, de vos consommations et de vos modes de fonctionnement.
2. Identifier les activités, les consommations et les modes de fonctionnement à améliorer pour réduire votre empreinte écologique tout en générant une opportunité pour votre entreprise.
3. Mettre en place des actions concrètes dans un plan stratégique adapté à la réalité de votre entreprise et pouvant être porté par vos collaborateurs.
4. Si votre entreprise souhaite être encore bien plus mobilisée dans une réflexion écologique qui dépasse les murs de son organisation, elle peut, dans ce cas, compenser l'empreinte carbone qu'elle génère. Pour cela, elle peut mener des actions profitables pour l'environnement comme planter des arbres ou parrainer des initiatives caritatives ou de recherche visant à protéger la biodiversité, le climat et les écosystèmes terrestres ou marins.

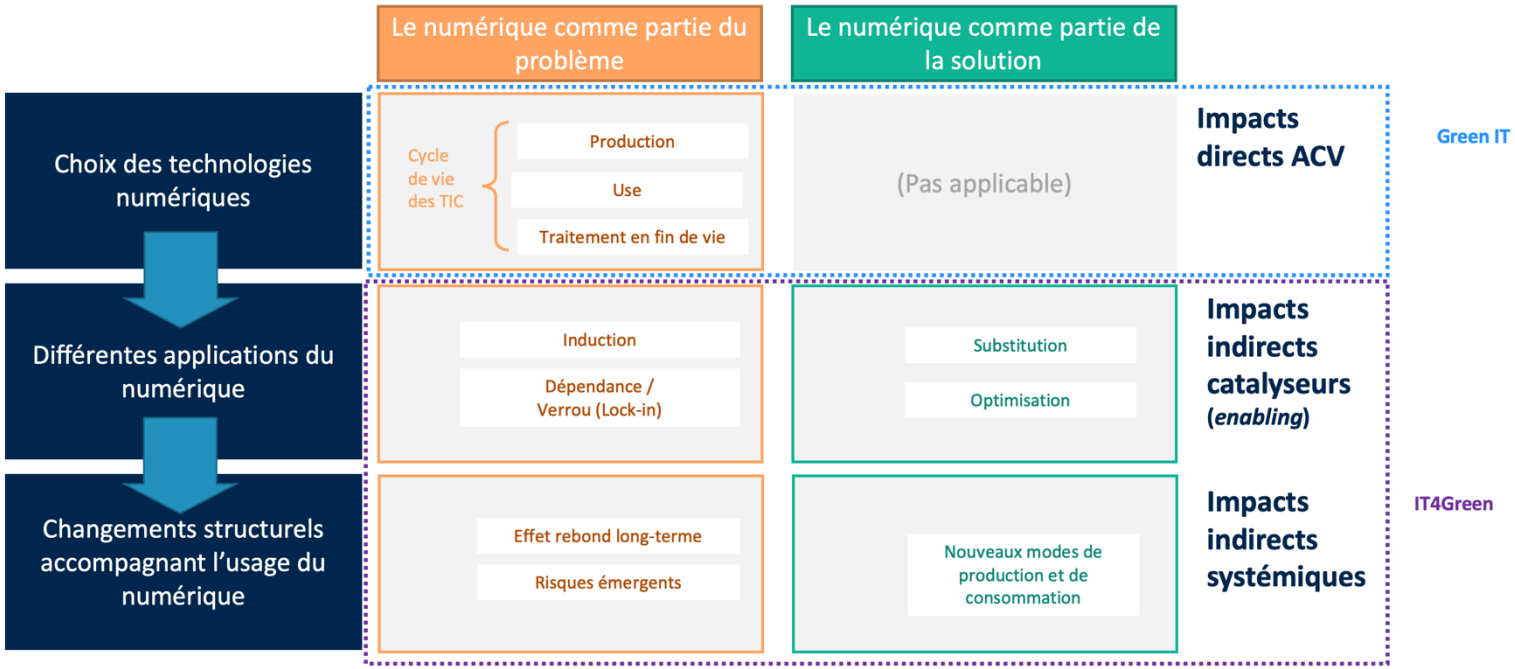
Une méthodologie pour guider et inspirer les entreprises

Le numérique est un facteur qui peut accélérer votre transformation et vous offre une multitude d'opportunités concurrentielles et économiques. L'étude numérique et environnement vous propose un cadre méthodologique afin de vous guider et vous faire poser les bonnes questions pour une transformation environnementale réussie. Pour cela, deux modèles vous sont présentés.

Le but est de vous donner des conseils sur l'utilisation optimale du numérique dans une optique Green IT et IT 4 Green tout en réduisant les effets contre-productifs comme les effets rebonds.

Modèle de Hilty

Basé sur un modèle scientifique reconnu et validé, le modèle de Hilty offre une grille de lecture vous permettant dans une logique :



Adapté du modèle Hilty

- Green IT, de réduire l'empreinte écologique causée par les technologies numériques que vous utilisez ou que vous développez dans le cadre des activités de votre entreprise. Il s'agit entre autres d'écoconception,

d'obsolescence programmée, de chaines de valeur vertes ou encore d'allongement de la durée de vie des technologies numériques.

- IT 4 Green, de saisir toutes les opportunités du numérique pour accélérer votre transformation environnementale d'une manière optimisée et moins coûteuse. Ces opportunités inscrivent votre entreprise dans des démarches écologiques, circulaires et fonctionnelles. Elles vous permettront par exemple d'optimiser le traitement de vos déchets, de réduire vos factures d'énergie voire encore de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Pour une transformation environnementale réussie, l'entreprise doit mettre en place des actions sur les trois niveaux suivants.

Choix des technologies numériques

L'impact environnemental et carbone diffère d'une technologie numérique à une autre. Le but est de prendre conscience de l'impact généré sur l'ensemble du cycle de vie afin de le réduire d'une manière optimale et adaptée à la réalité de votre entreprise (logique Green IT). En fonction de vos activités, votre entreprise peut avoir besoin de différents équipements par rapport à une autre. L'entreprise optera pour les meilleurs équipements qui répondent le mieux à ses besoins.

Cependant, elle peut porter une réflexion sur l'empreinte environnementale des équipements qu'elle choisit sur base des critères suivants :

- La rareté et la quantité des sources d'énergies primaires, calculées en mégajoules, comme l'hydro-énergie, l'énergie fossile, la biomasse ou encore l'énergie solaire.
- La quantité de GES, calculée en Kg CO2e, émise dans les airs.
- La quantité en m3 d'eau consommée.

- L'écotoxicité terrestre et marine générée par les produits toxiques utilisés pour la fabrication, la distribution et le traitement des équipements de fin de vie.
- La rareté et la quantité des ressources minérales et fossiles non-renouvelables.
- Les superficies de sols mobilisées pour la fabrication, le stockage et le traitement des équipements, notamment les sols fertiles qui auraient pu héberger des activités agricoles ou des espaces de biodiversité.
- L'utilisation de certains polluants présents dans les airs, qui accentuent l'acidité des sols et des eaux.
- La quantité d'azote émise dans l'air.

Alors comment faire pour choisir les technologies numériques sur base de ces critères ? Sont-ils toujours disponibles pour comparer concrètement entre les différentes possibilités qui s'offrent à votre entreprise ?

	Le numérique comme partie du problème	Le numérique comme partie de la solution
Choix des technologies numériques	- Choisir des fournisseurs éco-labelisés et dans une zone de chalandise raisonnable - Remplacer les matières premières par des matériaux recyclés, bio-sourcés et plus écologiques - Repenser vos équipements de production de sorte à favoriser l'optimisation des processus, l'interopérabilité et la prise en compte des dimensions circulaires - Utiliser des sources d'énergies plus durables et repenser les systèmes énergétiques de vos bâtiments et de vos équipements - Investir dans des équipements éco-labelisés (80PLUS, Energy Star, Reeboot Ordi 3.0, Afnor Certification, NF Environment, EPEAT, Blue Angel, TCO, écoprofils, IEEE 1680) - Rendre vos solutions commercialisées plus éco-conçues (moins énergivores, design plus écologique) - Réduire l'empreinte carbone liée à la vente et à la distribution de vos solutions (site web éco-conçu, privilégier la vente directe et les circuits courts) - Augmenter la durée de vie de vos solutions commercialisées (offre de pièces détachées, possibilité de réparation chez vous ou chez un partenaire proche, prolonger la garantie, se lancer dans le marché du reconditionnement) - Assurer un traitement plus durable de vos déchets en fin de vie (partenariat avec des filières de recyclage, recyclage en interne des matériaux)	(Pas applicable)

Pour effectuer le bon choix, votre entreprise doit tenir compte des éléments suivants :

- L'équipement non acheté reste celui qui pollue le moins. Votre entreprise, doit dans la mesure du possible, prolonger l'utilisation des technologies dont elle dispose si ces dernières proposent des niveaux équivalents de performance. Elle peut aussi se tourner vers des systèmes de leasing en fonction de ses besoins.
- Opter pour des équipements recyclés ou reconditionnés.
- Choisir des équipements éco-conçus et qui respectent des critères d'écolabels bien spécifiques en termes d'utilisation de matériaux, de polluants, de consommation énergétique et de stockage de données.
- Se tourner vers des équipements facilement réparables avec une disponibilité des pièces détachées.
- Opter pour les logiciels libres.

Différentes applications du numérique

Si certaines technologies peuvent induire des dépendances ou des surutilisations (logique Green IT), d'autres peuvent être, si elles sont correctement appliquées et utilisées dans votre entreprise, une réelle opportunité d'optimiser les processus et de substituer un procédé, un usage ou un mode de fonctionnement par un autre qui serait à moindre impact environnemental (logique IT 4 Green).

Dans cette optique, votre entreprise doit se poser les questions suivantes:

- Quel usage fait-elle de ses équipements?
- Peut-elle les réutiliser pour d'autres activités ?
- A défaut d'investir dans de nouvelles technologies, peut-elle les optimiser pour garantir une performance plus importante ?
- Quelle est la durée estimée de l'utilisation de l'équipement ?
- Quels sont les processus substitués et optimisés grâce à vos technologies numériques ?

Différentes applications du numérique	Le numérique comme partie du problème	Le numérique comme partie de la solution
	- Inscrire votre entreprise dans des démarches de normalisation et de standardisation des processus (ISO 14000, ISO 26000, SA 8000, ISO 50001, ISO 14062) - Repenser les habitudes de fonctionnement et de consommation en interne (politique d'achat, nombre de pages imprimées, surutilisation non optimisée des équipements numériques, remplacement d'équipements numériques encore performants, stockage des données inutiles, sur-stockage et sur-envoi de mails, utilisation de données mobiles, usages des webcaméras et du visionnage de vidéos, déplacements domicile-travail ou à des réunions pouvant être organisées à distance, maintien en système de veille d'équipements non utilisés) - Former vos collaborateurs à une application plus optimisée de vos équipements numériques - Sensibiliser vos clients à des usages et applications plus durables de vos solutions	- Optimiser vos processus et meilleure prise en compte des interactions avec les acteurs de votre chaine de valeur - Opportunité d'utiliser des matériaux recyclés ou de nouveaux matériaux dans vos phases de production - Gain des délais d'attente et de la dépendance de la disponibilité des MP grâce aux filières de recyclage et aux technologies additives, notamment l'impression de composants - Nettes économies réalisées sur l'utilisation des énergies, de l'eau et des matériaux - Réduire les coûts liés aux pollutions engendrées et aux déchets de fin de vie - Possibilité d'opter pour des solutions de leasing des équipements numériques afin de ne plus gérer les problématiques d'équipements en fin de vie - Dématérialiser vos documents et centraliser d'une manière plus durable et optimisée vos données et documents importants - Gérer plus efficacement vos stocks d'approvisionnement, de distribution et vos demandes de SAV

Conseils pour une application optimale et plus durable du numérique

Changements structurels accompagnant l'usage du numérique

Les réductions de coûts et diverses opportunités générés par le numérique peuvent inciter votre entreprise à développer de nouvelles activités avec le même impact environnemental. Il est important de prendre en compte les effets rebonds qui accompagnent les changements structurels induits par la mise en place de technologies numériques (logique Green IT).Toutefois, les avancées technologiques, dans une logique IT 4 Green, peuvent aussi faciliter le développement de nouveaux modes de production et de consommation plus durables et circulaires.

C'est pour cela que votre entreprise doit tenir compte des changements qui doivent s'opérer dans son fonctionnement, notamment pour anticiper :

- Le risques actuels et futurs en lien avec l'utilisation de l'équipement, comme une perte de performance de vos collaborateurs, une résistance au changement, un stockage plus important de données nécessitant un traitement récurrent, l'évolution des législations, …
- L'évolution des techniques de production dans une logique d'industrie 4.0 ou 5.0, des nouvelles manières de consommer, d'acheter, de recycler et d'interagir, notamment avec l'évolution de nouveaux modèles économiques basés sur les principes d'économie circulaire et fonctionnelle.

	Le numérique comme partie du problème	Le numérique comme partie de la solution
Changements structurels accompagnant l'usage du numérique	- S'assurer que les équipements numériques de votre entreprise peuvent évoluer en fonction de vos activités et des besoins des marchés que vous ciblez - Impliquer un maximum vos collaborateurs et parties prenantes afin de réduire toute forme de résistance au changement - Etre conscient que l'utilisation de nouveaux équipements numériques induit des pertes temporaires de productivité et des coûts à assumer (temps de formation des collaborateurs, ajustement des machines, perte et synchronisation de données, gestion de la fin de vie des anciens équipements) - Les économies réalisées grâce au numérique ne doivent pas pousser votre entreprise à investir dans des activités qui génèrent la même voire plus d'empreinte environnementale	- Répondre aux évolutions du marché et aux exigences de vos clients grâce à une production plus rapide et plus concurrentielle - Plus d'interopérabilité, de prise de décision instantanée et d'adaptation automatique des processus. Ce qui réduit considérablement les contraintes et les erreurs humaines - Accélérer l'adoption de démarches internes circulaires et durables (faciliter les politiques d'approvisionnement, d'organisation hybride, d'atteinte de nouveaux marchés) - Accélérer le retour sur investissement des coûts engendrés par votre transformation environnementale

Conseils pour réussir les changements structurels qui accompagnent la mise en place du numérique

Modèle Éviter, Réduire, compenser (ERC)

Adaptée d'une méthodologie mise en place par le gouvernement français afin d'évaluer l'impact environnemental de tout projet ou de toute activité, le bilan de séquence éviter, réduire, compenser ERC vous propose des pistes de réflexions pour réussir votre transformation environnementale grâce au Green IT et à l'IT 4 Green.

Que vous soyez dans une optique de développement ou d'utilisation de technologies numériques, les activités de votre entreprise génèrent un certain impact environnemental. Il faut partir avec le principe que certains impacts peuvent être réduits ou évités quand cela est possible. D'autres par contre sont plus difficiles à éliminer s'ils représentent le cœur même de votre activité. Dès lors, la réalisation d'un diagnostic complet de l'ensemble de vos processus et de vos modes de fonctionnement permet à votre entreprise d'identifier les activités annexes qu'elle peut adapter, modifier ou substituer.

Une transformation environnementale réussie commence en premier lieu avec une logique Green IT. Si votre entreprise peut investir dans un système énergétique plus efficient pour réduire ses consommations, elle ne peut en aucun cas impacter ou réduire son activité de production pour devenir plus durable. Suivant cette logique, elle doit mettre en place une série de petites actions faciles, rapides et peu coûteuses.

Par exemple, elle peut sensibiliser ses collaborateurs à éviter certains modes de fonctionnement en les encourageant à :

- Mieux traiter leurs mails (suppression de mails inutiles, se désabonner de newsletters non lues, favoriser un lien cloud à une pièce jointe, rationaliser le nombre de mail envoyé par jour, ...).
- Rationaliser l'impression de pages (choisir un papier plus durable, limiter le nombre d'imprimantes, n'imprimer que ce qui ne peut être utilisé en version numérique, ...).

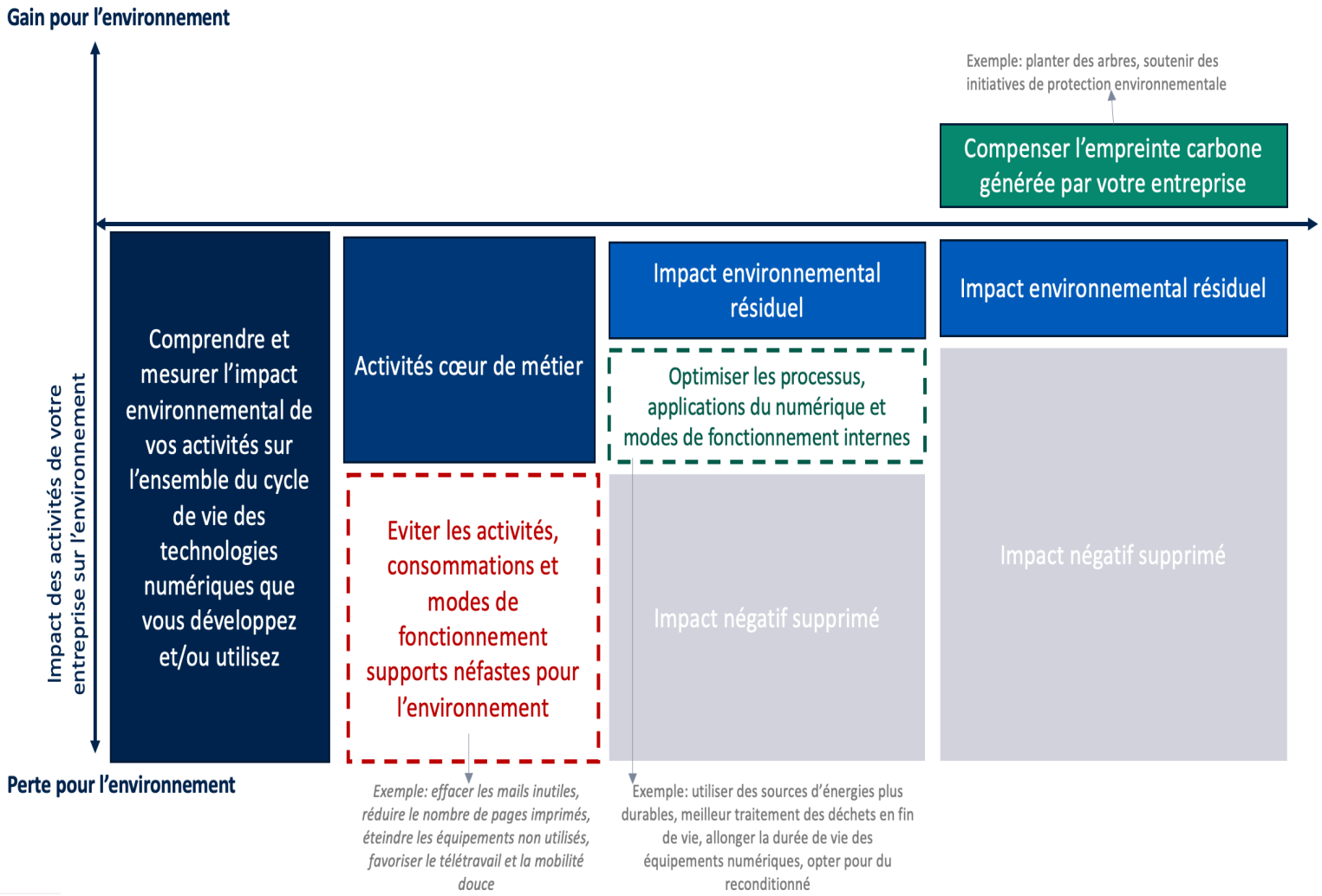
- Éteindre les lampes d'espaces non utilisés, mais aussi des équipements comme les écrans, les machines à café, les multiprises, ...
- Favoriser quand cela est possible une organisation hybride grâce au télétravail et à l'organisation de réunion en mode virtuel quand la présence physique n'est pas indispensable.
- Réduire le nombre de poubelle par étage.

Une fois que ces changements internes s'opèrent, votre entreprise peut s'attaquer à la réduction de l'empreinte environnementale de ses activités cœur de métier sans pour autant impacter sur sa performance. Pour cela, elle doit mener des réflexions pour optimiser ses processus grâce au numérique. Voici des exemples d'optimisation qu'elle peut mettre en place moyennant un investissement:

- Utilisation de machines de production qui traitent de nouveaux matériaux ou des matériaux recyclés.
- Intégration dans les chaines de production de modules réduisant les déchets de fabrication ou qui optimisent la réutilisation optimale des matières premières.
- Révision du système énergétique en utilisant des sources d'énergies plus durables et recyclables.
- Un meilleur choix des matières premières utilisées.
- Un traitement plus responsable des déchets en fin de vie, que ce soit ses produits ou ses équipements de fonctionnement.
- Un meilleur choix des technologies numériques utilisées (plus éco-conçues, reconditionnées, partagées et réutilisées).
- Des bâtiments plus efficients.

Pour finir, si votre entreprise a pour mission de proposer des produits ou services ayant une valeur ajoutée à la biodiversité et au climat, son existence même permet de compenser, en moins en partie, l'empreinte environnementale qu'elle génère. Si cela n'est pas le cas mais que vous souhaitez tout de même vous investir dans la protection environnementale, votre entreprise peut dans ce cas:

- Planter des arbres.
- Acquérir des terrains pour en faire des écosystèmes de biodiversité.
- Soutenir des projets de recherche dans la protection animale et des écosystèmes terrestres et marins.
- Soutenir des associations caritatives au service de l'écologie.
- Soutenir des entreprises ou startups qui proposent des solutions numériques ou de low tech profitables à l'écologie.



Adapté du bilan de séquence Eviter, réduire, Compenser.

Agence du Numérique

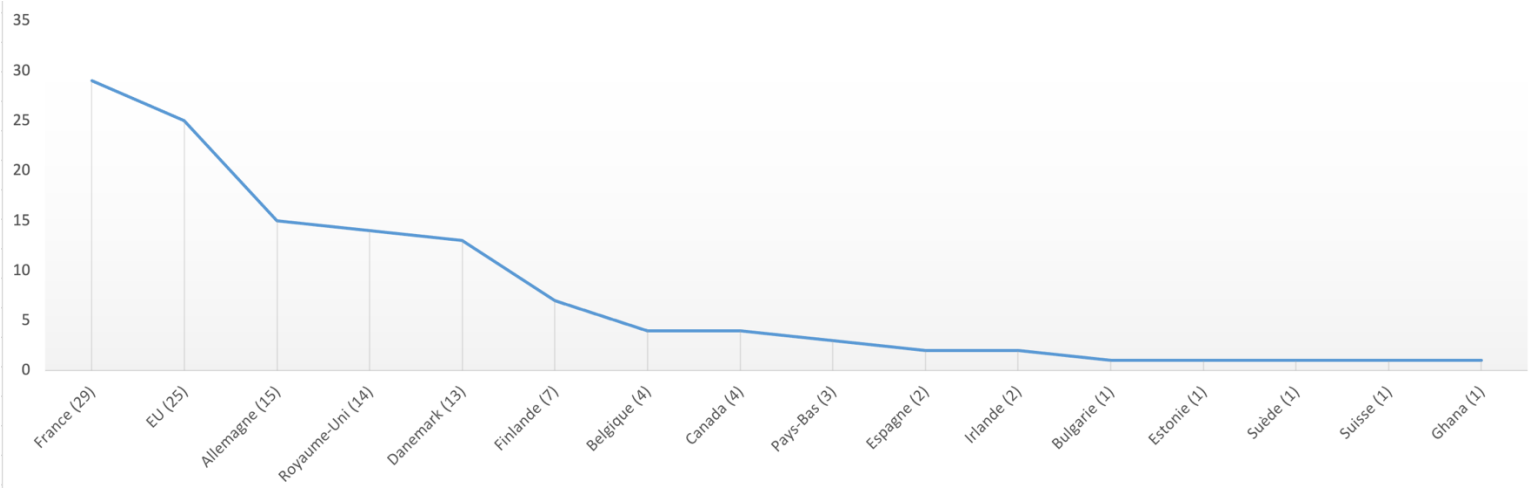
digital wallonia .be

L'international pour inspiration

La Commission européenne et plusieurs pays lancent des actions Green IT et IT 4 Green. L'étude de l'AdN recense 45 bonnes pratiques inspirantes pour la Wallonie. Elles couvrent notamment la gestion des déchets électroniques, la lutte contre l'obsolescence programmée, l'innovation au service de l'environnement, le soutien de modes de consommation durable ou encore le rôle de l'open data dans la transition écologique.

45 bonnes pratiques internationales inspirantes

Dans le but d'inspirer le Gouvernement wallon et son ministre de l'économie et du numérique, l'étude numérique et environnement identifie 45 bonnes pratiques internationales. Celles-ci font référence à des publications, des politiques, des roadmaps et des lois qui définissent des ambitions pour réduire les impacts environnementaux du numérique ou qui les utilisent comme levier dans des secteurs bien précis.



Nombre de bonnes pratiques par gouvernement

Les 45 pratiques sélectionnées présentent les critères suivants :

- elles ont déjà été mises en oeuvre sur des régions ou pays bien précis.
- elles ont un réel impact positif sur l'environnement. Il ne s'agit pas d'exposer des micro-pratiques développées à l'échelle citoyenne ou d'un quartier.
- elles doivent être pertinentes par rapport au cadre wallon et peuvent être répliquées.

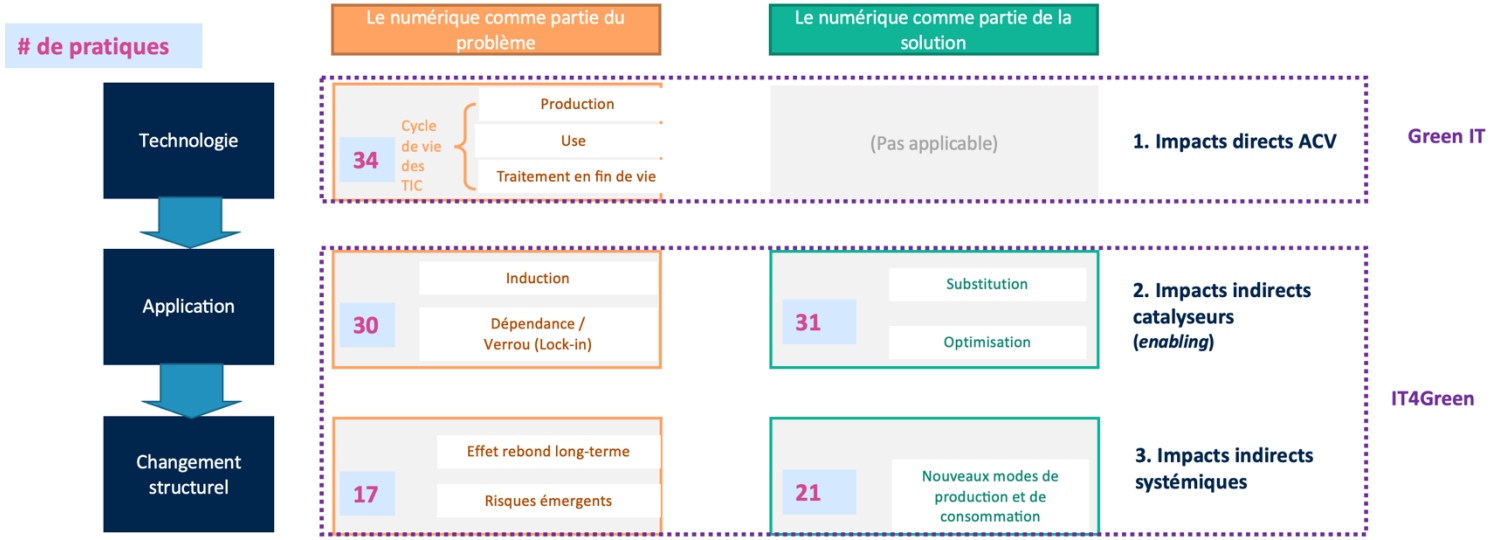
- elles ont été décrites à un niveau institutionnel, donc inspirantes pour un gouvernement comme le nôtre. Par ailleurs, 84% d'entre-elles sont mises en oeuvre à l'échelle nationale et les 16% restants le sont à l'échelle supranationale.

Afin de mieux s'inspirer de l'international, les bonnes pratiques se focalisent sur des pratiques développées principalement par la Commission européenne, les gouvernements européens et les pays limitrophes à la Belgique. En vue de capter les meilleures innovations gouvernementales en la matière, un focus est également mis sur les pratiques dans les gouvernements de pays nordiques, comme le Danemark et la Finlande, et anglophones, comme le Royaume-Uni et le Canada.

Priorité au Green IT

Les bonnes pratiques retenues ciblent différents acteurs. La majorité, c'est à dire 40%, visent les pouvoirs publics, 31% la société d'une manière générale et 29% les entreprises. Elles adoptent des approches numériques différentes. 40% d'entre elles définissent des actions dans le cadre d'une approche Green IT et 29% s'orientent vers de l'IT 4 Green. 31% des bonnes pratiques incluent les deux approches dans une logique plus intégrative.

Ce benchmark international démontre un intérêt prioritaire des gouvernements internationaux au Green IT, donc à la réduction de l'empreinte environnementale du numérique.

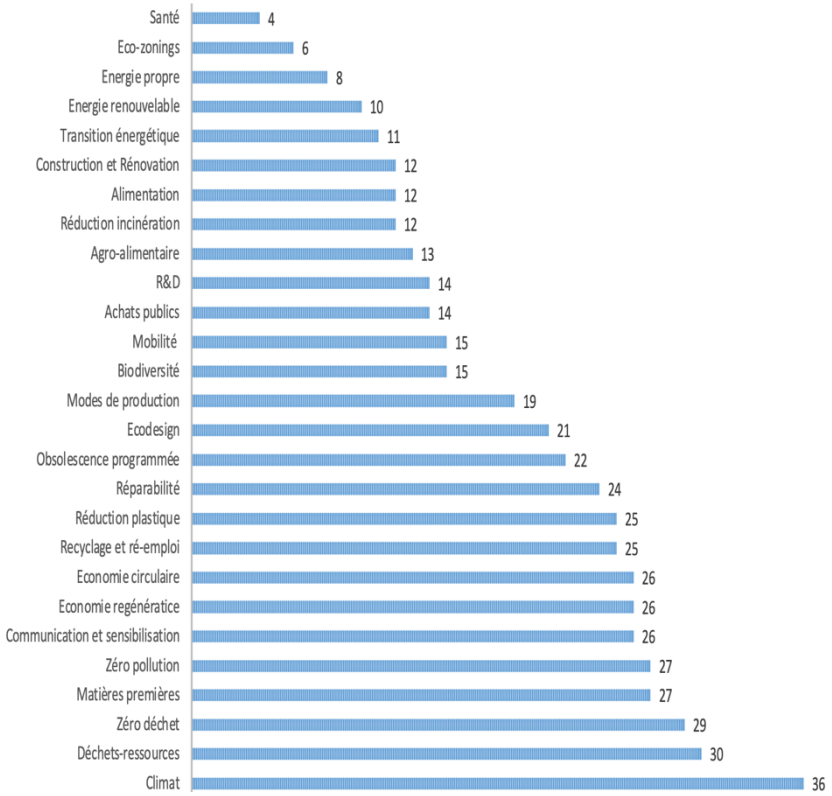


Positionnement des guides pratiques dans le modèle de Hilty

Le numérique est abordé dans sa globalité

Au niveau institutionnel et sur base de ce benchmark international, 78% des actions mises en œuvre ont pour ambition d'aborder la relation numérique et environnement d'une manière globale. Cela veut dire qu'aucune technologie n'est précisément ciblée pour diminuer son impact ou l'utiliser comme un levier pour soutenir la transition environnementale. Les 22% restants exposent, quant à elles, des actions qui ciblent des technologies bien précises comme l'IoT, la Blockchain, l'IA, le cloud ou les jumeaux numériques.

La priorité à la protection du climat et à la gestion des déchets



Actuellement, les pratiques mises en place par les gouvernements internationaux en termes de numérique et environnement s'orientent vers des problématiques bien précises comme la protection du climat, une optimisation de la gestion des déchets et de l'utilisation des matières premières, l'économie circulaire et régénératrice, le recyclage, le plastique et le prolongement de la durée de vie des équipements. Ces priorités internationales s'alignent avec les principaux axes définis dans le cadre des stratégies wallonnes.

Elles démontrent aussi tout le potentiel du numérique dans l'accélération de la transition durable. Les bonnes pratiques identifiées peuvent, à terme, être toutes transposables à la Wallonie. Cependant, presque 75% d'entre elles nécessitent des prérequis pour assurer la réussite de ces actions (mobilisation des acteurs, modification des modes de consommation et de production, existence d'une dynamique d'innovation et d'entrepreneuriat, etc.).

Alignement avec les axes stratégiques de la DPR, de la S3 (à l'échelle wallonne) et du Green Deal (à l'échelle européenne)

L'étude numérique et environnement englobe un total de 520 exemples catégorisés dans les 45 bonnes pratiques concrètes mises en place par les gouvernements internationaux. Cinq exemples sont développés ci-dessous.

Soutenir et renforcer les filières du réemploi, du reconditionnement et de la réparation des DEEE

La Commission européenne incite à :

- La construction et à l'affichage d'un indice de "réparabilité" et de durabilité de l'ensemble des équipements et des services numériques commercialisés en Europe.
- Soutenir la réparation des équipements numériques et le réemploi des matériaux et composants électroniques.
- L'imposition de l'affichage des critères de durabilité, de "réparabilité" et d'empreinte environnementale des produits numériques sur les plateformes et marchés en ligne en Europe.

Pour cela, elle élargit le cadre de fixation d'exigences d'éco-conception des produits énergétiques au secteur numérique et charge le Joint Research Center et le Comité européen de normalisation en électronique et électrotechnique de cette mission.

Elle ambitionne, grâce à ces actions, d'atteindre d'ici 2030 un marché européen du remanufacturing évalué à plus de 100 millions d'euros avec en prime une réduction de 21 mégatonnes de CO2 et la création d'un demi-million d'emplois.

Au niveau des gouvernements nationaux, le Royaume-Uni et la France ont modifié leur législature pour encourager le reconditionnement et le réemploi des équipements numériques. A titre d'exemple, la France exigera, à compter de 2024, que tous les producteurs du secteur du numérique communique à tout client ou revendeur qui le demande l'indice de "réparabilité" des équipements vendus ainsi que les critères utilisés pour le calculer. Depuis 2021, elle a mis à disposition de sa population un fonds de réparation consacré à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire.

Ce dernier prend en charge une partie des coûts de réparation des équipements numériques. Enfin, la France a établi une stratégie de réduction de l'empreinte carbone du numérique du secteur public qui inclut des politiques

d'achat de matériels reconditionnés et des formations aux éco-gestes des agents publics afin de faire évoluer les modes d'usages.

Cette bonne pratique nécessite les prérequis suivants :

- Le développement d'une expertise régionale et européenne solide en termes de réemploi, de reconditionnement et de réparation des DEEE (déchets électriques et électroniques).
- La sensibilisation des utilisateurs à la consommation d'équipements de seconde main.

Lutter contre l'obsolescence programmée, en y intégrant l'obsolescence logicielle et indirecte

A l'échelle de l'Europe, la Commission européenne travaille actuellement sur la fixation, en concertation avec les entreprises, de critères de robustesse des équipements numériques par catégories. Ses travaux incluent aussi la fixation d'un véhicule juridique adapté à l'inscription de dispositions législatives relatives au droit à la réparation et à la lutte contre l'obsolescence logicielle dans le cadre de son plan sur l'économie circulaire.
Le gouvernement français envisage de mettre en place, au niveau européen, une interdiction de l'obsolescence programmée sur les équipements numériques français. Cela résout, entre autres, les problématiques liées à la preuve de l'existence d'une technique visant à réduire délibérément la durée de vie de l'équipement. Cette action s'inscrit dans la volonté gouvernementale de sanctionner "l'irréparabilité intentionnelle" et de son élargissement à l'obsolescence logicielle et indirecte.

Dans cette même logique, le gouvernement compte obliger les éditeurs de logiciels à obtenir le consentement des utilisateurs pour le téléchargement de mises à jour et à préciser chaque fois le volume impliqué, sa finalité et s'il s'agit de mises à jour évolutives ou correctives. Il compte aussi imposer la réversibilité des mises à jour logicielles évolutives vers une version antérieure pour une certaine durée de temps.

Dans le cadre de la directive européenne sur l'écoconception et la réparation des équipements électriques et électroniques, le gouvernement allemand met en place des réglementations contraignantes pour la fourniture de mises à jour, d'instructions

de réparation et de pièces de rechange à l'intention des marchés du B2B et du B2C. Les réglementations concernent les batteries, les écrans et les autres composants matériels de courte durée.

Cette bonne pratique nécessite les prérequis suivants :

- Être en mesure, à l'échelle régionale, de prouver la volonté de la réduction de la durée de vie d'un équipement ou d'un logiciel numérique ;
- Sensibiliser les utilisateurs à lutter contre l'obsolescence psychologique qui est stimulée par les publicités et les effets de mode.

Mettre l'innovation numérique au service de la préservation de l'environnement et de la biodiversité

La Commission européenne a lancé en 2020 un centre européen sur la biodiversité qui a pour mission de comprendre et de surveiller les changements de la biodiversité, entre autres, grâce au numérique. Le centre travaille en étroite collaboration avec l'Agence européenne pour l'environnement et avec les différents gouvernements des états membres.

Une autre initiative envisagée par la Commission européenne est en lien avec la stratégie européenne pour les données. Dans ce cas-ci, la Commission énonce la mise en place d'un espace européen commun des données relatives au pacte vert ou plus connu sous le nom du Green Deal. Cet espace commun vise à mieux exploiter la data pour renforcer les diverses actions autour du changement climatique, de l'économie circulaire, de la pollution zéro, de la biodiversité, de la déforestation et de l'assurance du respect de la législation.

Au niveau des états, le gouvernement allemand, dans la suite logique du centre européen sur la biodiversité, a créé en 2020 un centre national de surveillance de la biodiversité. Ce dernier analyse les paramètres climatiques en Allemagne grâce à des outils numériques, et plus particulièrement, l'application du droit de l'environnement grâce à l'analyse des données satellitaires, des capteurs et des méthodes d'analyses automatisées. Le gouvernement a aussi créé des laboratoires d'agriculture numérique durable pour tester les nouveaux modèles agricoles fondés sur le numérique. Enfin, il a mis en place une série de systèmes d'information qui gèrent et améliorent la gestion de l'eau et des infrastructures de distribution.

Le gouvernement français a mis en place un programme d'innovation et d'expérimentation en faveur des civic tech dans l'élaboration et la réalisation des stratégies de transition écologique. Les projets hébergés, comme par exemple ceux dédiés à l'analyse des phénomènes d'érosion de la biodiversité, impliquent divers acteurs comme les entreprises, les startups, les citoyens-experts, les ministères, les établissements publics et les collectivités territoriales.

La France investit aussi dans des projets visant à utiliser :

- le numérique pour faire émerger des modèles agricoles fondés sur l'activation des écosystèmes naturels sur l'ensemble de la chaîne agroalimentaire.
- les sondes et des capteurs dans la gestion en temps réel des réseaux d'eau.
- et traiter les données pour la promotion de la pêche raisonnée.
- les photographies satellitaires des grands ensembles forestiers pour localiser les actions de déforestation illégales.
- les capteurs connectés, les drones ou encore les réseaux sociaux pour appréhender l'impact de l'activité humaine sur les écosystèmes naturels.

Soutenir des modes de consommation numérique plus responsables

La Commission européenne soutient, au sein de ses états membres, la mise en place de passeports numériques pour les produits et principalement pour les produits numériques. Cela permet, entre autres, d'assurer une meilleure traçabilité des matériaux et des minerais utilisés pendant les phases de conception et de production. Ces passeports visent, à terme, à limiter la dépendance internationale des matériaux utilisés en trouvant de nouvelles solutions de substitution.

Ils soutiennent aussi la diffusion des écolabels existants du commerce équitable, en y intégrant les conditions de travail des ouvriers, parfois mineurs et/ou en zone de conflit, qui extraient les minerais nécessaires à notre consommation numérique.

La question de la traçabilité des minerais est extrêmement complexe et aucun fabricant ne parvient actuellement à les tracer à 100%. Les passeports produits s'inscrivent dans le cadre de la mise en place du marché unique des produits verts qui vise à faciliter l'information relative à la performance et à l'empreinte environnementales sur tout le cycle de vie des produits.

Enfin, les passeports pour les produits jouent un rôle central dans le développement de modes de consommation et d'achats plus responsables.

Ils donnent une vue d'ensemble du cycle de vie complet permettant aux consommateurs, à l'industrie et à la gestion des déchets électriques et électroniques d'agir de manière plus responsable. Au niveau des gouvernements des états membres, l'Allemagne entend promouvoir le passeport pour les produits numériques durant sa présidence du conseil de l'UE, et le Danemark a mis en place des passeports standardisés pour les produits, dont ceux en lien avec le numérique, et les bâtiments dans le cadre de sa stratégie d'économie circulaire.

Afin de dissuader la surconsommation des terminaux numériques, la Commission européenne propose de taxer les externalités négatives liées à la fabrication des terminaux en introduisant une taxe carbone aux frontières européennes. Cette dernière constitue un premier levier de réduction de l'empreinte environnementale du numérique car elle rend l'achat plus onéreux et réduit l'attractivité des modèles fournis en dehors de la zone UE. Parallèlement à cela, elle rend plus attractifs les terminaux issus des activités de reconditionnement et de réparation.

Dans une logique de réduction de l'empreinte carbone de la phase de production, l'Union européenne a signé en 2021 le règlement 2017/821 fixant des obligations liées au devoir de diligence à l'égard de la chaine d'approvisionnement de l'étain, du tantale, du tungstène et de minerais rares provenant de zones de conflits ou à hauts risques. Cette action soutient un choix plus respectueux des matériaux nécessaires aux phases de production des composants électriques et électroniques. Elle est par ailleurs mentionnée dans le plan d'action de l'Union européenne pour l'économie circulaire.

Au niveau des gouvernements européens, la France inscrit dans sa stratégie d'économie circulaire et de lutte contre le gaspillage tout un programme d'éducation et de sensibilisation à la réduction des déchets, au réemploi et au recyclage des produits et matériaux, ainsi qu'au geste de tri des produits, dont les produits numériques. Dans une même logique, le Royaume-Uni a mis en place un programme d'éducation libre et autonome sur le sujet de la durabilité de la technologie et de l'amélioration continue de son usage. La Finlande a quant à elle renforcé l'éducation et la sensibilisation des utilisateurs sur les impacts environnementaux du numérique de sorte à les inciter à adopter des comportements d'achat et d'usage plus respectueux.

Mettre la data au service de l'environnement et de la gouvernance de la transition écologique

La Commission européenne a lancé en 2021 le B2G data sharing, qui est une loi sur les données qui encourage le développement d'espaces européens communs des données dans certains secteurs stratégiques ou d'intérêt public.

Elle a également lancé l'initiative GreenData4All qui évalue et révise la directive établissant une infrastructure d'information géographique dans l'Union européenne (directive dite INSPIRE), ainsi que la directive sur l'accès à l'information en matière d'environnement.

Des initiatives d'open data sont observées au niveau de gouvernements européens. Le Danemark partage des données communes sur la topographie, le climat et l'eau dans différents secteurs afin de supporter la bonne gouvernance lors d'évènements extrêmes. Il utilise aussi la data pour améliorer la gouvernance sur les questions de gestion énergétique via des projets pilotes dans des bâtiments.

En France, le gouvernement entend généraliser la notion de données d'intérêt général aux données environnementales notamment sur des secteurs clés de la transition écologique comme l'énergie, l'économie circulaire, le traitement des déchets, l'utilisation des pesticides, etc. La souveraineté de la data gratuite, produite ou financée par l'état et les collectivités locales, a pour objectif d'encourager son traitement et son analyse pour renforcer la protection de l'environnement. Pour se faire, la France lance un hub sur les données environnementales pour assurer la maîtrise des données à l'échelle des territoires et engager les acteurs privés et citoyens dans la dynamique.

D'autres pays européens ont mis en place des initiatives d'open data au profit de l'environnement. A titre d'exemple, le gouvernement allemand a créé une plateforme open source de données open data sur la protection des ressources naturelles. Cette plateforme nourrit les projets de recherche et permet à tout utilisateur d'avoir accès à des données brutes sur les situations environnementales en Allemagne.

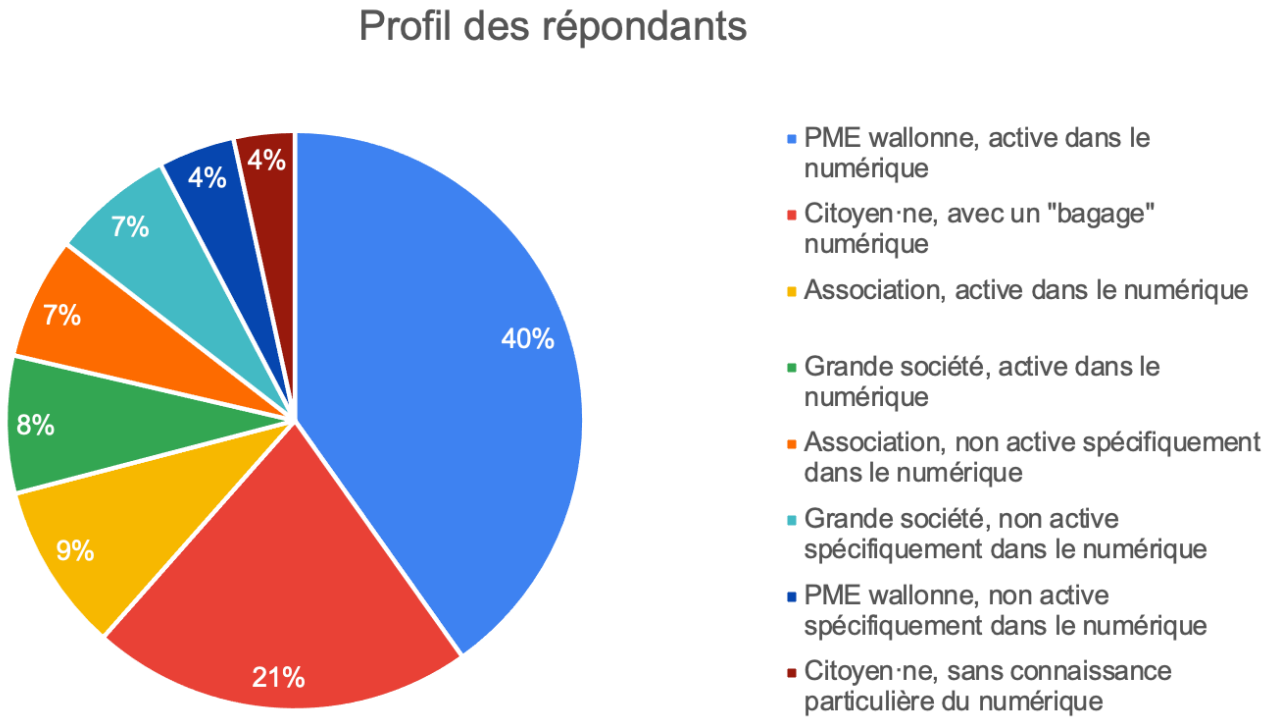
Le gouvernement du Danemark a, quant à lui, intégré l'open data dans le secteur public et organise des ateliers hackathons afin de stimuler un environnement entrepreneurial et innovant autour de l'utilisation de la data au profit du climat et de la biodiversité.

Perceptions et attentes des acteurs wallons

Afin d'alimenter les réflexions du Gouvernement wallon et de son ministre de l'économie et du numérique, l'étude numérique et environnement a consulté les acteurs stratégiques wallons à travers une enquête en ligne et un atelier d'idéation. Cette consultation démontre un intérêt prononcé des acteurs wallons pour le rôle du numérique dans le déploiement des transitions circulaires et environnementales. Ils proposent dans ce sens toute une série de démarches à mettre en place ou à renforcer pour soutenir une industrie plus optimisée et durable, des modes de consommation et d'usages du numérique plus écoresponsables et un déploiement plus accru de l'économie circulaire et fonctionnelle en Wallonie.

Une large consultation en ligne

L'enquête a récolté presque 200 répondants composés principalement par des PME wallonnes actives dans le numérique (40%), des agents actifs dans les écosystèmes numériques (21%), des associations et Asbl actives dans le numérique (9%) et de grandes entreprises du numérique (8%).



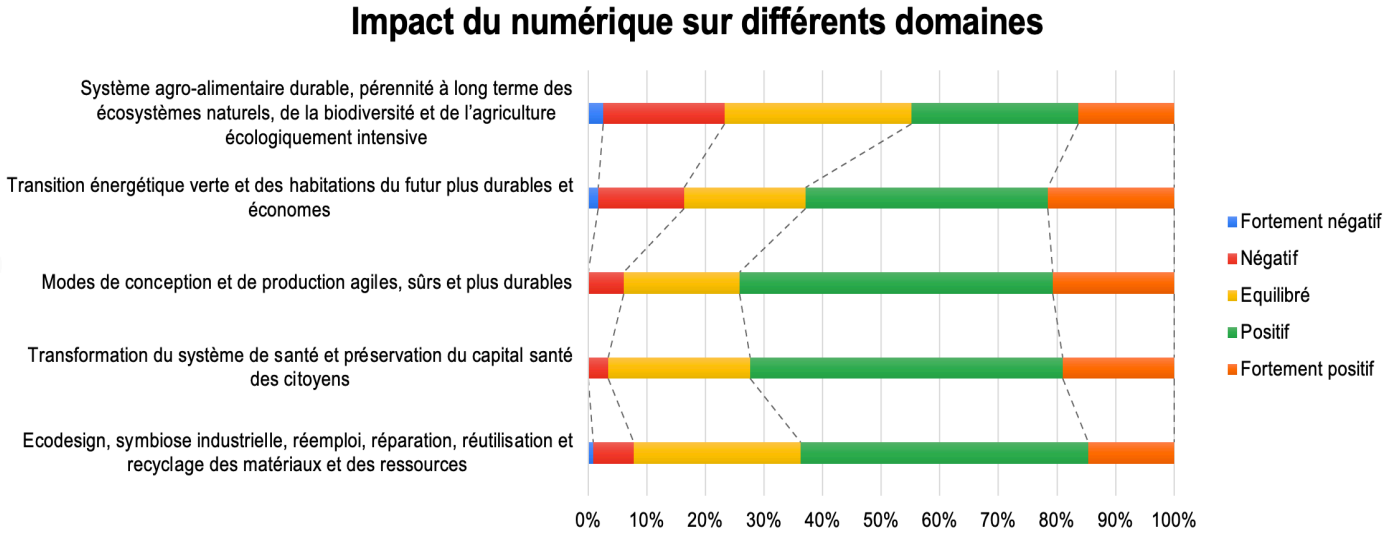
Profils des répondants à l'enquête en ligne

Agence du Numérique

digital wallonia .be

Les principaux résultats :

- 50% des acteurs wallons ayant répondu à l'enquête en ligne estiment que le numérique induit des impacts directs positifs sur l'environnement ;
- Presque 35% estiment que le numérique reste neutre par rapport à l'environnement. Cela veut dire que la balance est équilibrée entre les impacts positifs et négatifs ;
- Les acteurs spécialisés dans le numérique, ayant répondu à l'enquête, sont plus enclins à avoir une perception neutre et positive du numérique sur l'environnement comparativement aux autres répondants ;
- Les entreprises, ayant répondu à l'enquête, perçoivent plus d'impacts positifs sur l'environnement comparativement aux autres acteurs actifs dans les écosystèmes numériques ;
- 65% des répondants estiment que le numérique a un impact social positif sur la société et son développement. Cela est observé d'une manière plus accrue auprès des répondants non actifs dans le numérique ;



Perceptions des impacts du numérique sur les DIS de la S3

- Sur base des domaines d'innovation stratégique, les acteurs wallons ayant répondu à l'enquête estiment que le numérique a le plus d'impact positif sur l'environnement dans les secteurs suivants :
    - #1 : Modes de conception et de production agiles, sûrs et plus durables ;
    - #2 : Ecodesign, symbiose industrielle, réemploi, réparation, réutilisation et recyclage des déchets ;
    - #3 : Transition énergétique verte, habitations du futur plus durables et éco-conçues.

L'enquête en ligne a aussi permis de récolter les perceptions des acteurs wallons sur les défis environnementaux importants à résoudre en Wallonie.

Les principaux axes qui ressortent de cette question ouverte consiste à :

- Faciliter le commerce local et les circuits courts entre les producteurs et les consommateurs ;
- Alléger la pollution due à la mobilité et à la congestion des routes. Le télétravail reste une pratique à soutenir même en dehors de crises sanitaires ;
- Optimiser les consommations énergétiques ;
- Améliorer l'efficacité des processus et la gestion des ressources ;
- Optimiser un stockage et un usage plus responsable des données ;
- Anticiper les variables environnementales avec précision ;
- Garantir une agriculture plus saine grâce à l'agriculture robotique qui réduit massivement le besoin des agriculteurs dans l'utilisation des pesticides et des produits chimiques ;
- Réduire le gaspillage alimentaire ;
- Réemployer les déchets.

Un atelier participatif inspirant

L'atelier participatif a réuni plus de 60 organismes wallons différents (acteurs de développement économique, entreprises, intercommunales, etc.) autour d'un atelier de co-création et d'idéation. L'atelier avait pour objectif d'identifier les besoins des acteurs wallons et les actions prioritaires à mettre en place afin de répondre fidèlement aux enjeux wallons qu'ils identifient. L'atelier et l'enquête en ligne ont été dissociés afin de pouvoir comparer les axes résultant des deux consultations.

Vers une industrie plus optimisée et durable

Lors de l'atelier participatif, toute une série de propositions ont été formulées pour repenser d'une manière plus durable et performante les activités manufacturières de nos entreprises wallonnes.

Les idées principales qui ont été retenues sont :

- Soutenir la modernisation et l'automatisation optimisée des processus industriels grâce à l'IA et à l'IoT qui constituent deux écosystèmes technologiques forts en Wallonie ;
- Accroître l'expertise dans les solutions de production prédictive, notamment grâce au déploiement des jumeaux numériques ;
- Inciter les entreprises manufacturières à s'inscrire dans une transition énergétique qui vise à suivre leur consommation en analysant leurs plus grands postes et à utiliser des applications numériques pour les rationaliser ;
- Augmenter l'expertise wallonne en technologies additives appliquées aux processus industriels en vue de solutionner la problématique de la dépendance des matériaux et composants issus de l'étranger ;
- Encourager par différents mécanismes les industries manufacturières à utiliser des composants et matériaux moins polluants, facilement récupérables et recyclables ;

- Renforcer les partenariats entre les filières du recyclage et le secteur industriel afin de développer un marché local d'approvisionnement de matériaux et de matières premières ;
- Amplifier l'accompagnement des industries manufacturières dans leur transformation numérique et circulaire ;
- Encourager le déploiement de la 5G dans le cadre des processus de production des industries manufacturières afin de soutenir les économies d'émissions de GES.

Vers des modes de consommation et d'usages plus responsables

L'atelier participatif a mis en avant l'importance de sensibiliser et d'éduquer tous les acteurs à un usage et à une consommation plus responsable du numérique.

Les idées émises dans ce sens sont :

- Mettre en place des programmes éducatifs visant à sensibiliser depuis le plus jeune âge les éco-gestes permettant de tendre vers un usage plus raisonné du numérique ;
- Mettre en place des programmes d'entrepreneuriat pour orienter les jeunes vers une carrière dans l'innovation de technologies numériques plus éco-responsables ;
- Encourager une dynamique régionale de sensibilisation et d'information à destination des entreprises pour les aider à actionner des démarches de sobriété numérique ;
- Renforcer à l'échelle régionale des initiatives de type Repair Cafés et des partenariats avec les recyparcs ;
- Soutenir les initiatives de leasing et de partage des équipements numériques dans le cadre d'une économie de la fonctionnalité ;
- Amplifier le financement de projets RDI numériques démontrant une réelle logique circulaire et durable comme par exemple la fabrication d'équipements à base de composants recyclés ou de nouveaux matériaux facilement recyclables.

Vers un déploiement plus rapide de l'économie circulaire et fonctionnelle grâce au numérique

Lors de l'atelier participatif, les acteurs stratégiques wallons pointent la nécessité de renforcer des démarches Green IT pour soutenir et sensibiliser les acteurs à la transition circulaire.

Les principales idées retenues sont :

- Encourager des initiatives comme "Green Deal Achats Circulaires" pour sensibiliser les organismes publics et les entreprises à prolonger la durée de vie de leurs équipements numériques, à revoir leur politique d'achats et à s'inscrire dans une logique de dépossession et de partage ;
- Inciter à travers une logique de smart région la multiplication d'initiatives communales et citoyennes visant à renforcer la circularité dans le secteur agro-alimentaire, à promouvoir, d'une manière digitale, les petits agriculteurs et les produits de terroir ;
- Encourager des PoC visant à recenser dans des plateformes numériques régionales les déchets valorisables pour ainsi faciliter leur réintégration dans des chaines de valeur locales ;
- Soutenir des projets RDI visant à développer de nouvelles technologies numériques qui séparent les multi-matériaux et qui assurent un meilleur suivi et traitement de chaque matériau.

Des domaines d'action pour la Wallonie

L'Agence du Numérique propose dans le cadre de l'étude numérique et environnement quatre domaines d'action visant à mettre en place des actions Green IT et IT 4 Green. Ces domaines d'action sont les suivants: systèmes de production durables, solutions et usages numériques plus respectueux de l'environnement, mobilisation des acteurs dans l'économie circulaire et fonctionnelle, et le dernier, circularité et valorisation des ressources et des matériaux.

Critères de sélection

Afin de proposer des recommandations permettant à la Wallonie de se positionner sur la thématique numérique et environnement, des domaines d'action sont sélectionnés avec une portée à court, moyen et long terme. Ils résultent d'un processus de réflexions, de consultations des stratégies régionales et des inputs des acteurs. Le but est de proposer des domaines d'actions qui correspondent concrètement au niveau de maturité wallon et de ses besoins. Dans le choix de ces domaines, différents critères ont été pris en compte afin que les recommandations soient alignées à la réalité wallonne, à sa vision et à son développement.

Critère 1 : Déclaration politique régionale wallonne 2019-2024

La thématique numérique et environnement s'inscrit dans les ambitions écologiques et économiques de la DPR. Même s'il n'existe pas un chapitre explicitement dédié à des ambitions alliant directement le numérique et l'environnement, les chapitres 6 (économie circulaire et régénératrice) et 8 (numérique) s'alignent avec cette nouvelle transition numérique plus soucieuse de son empreinte environnementale. D'autres chapitres peuvent aussi s'aligner avec cette dernière comme l'énergie par exemple.

Critère 2 : Stratégie de spécialisation wallonne S3

Le numérique est défini comme un facteur transversal stratégique dans l'atteinte des ambitions et des aires stratégiques des cinq domaines d'innovations stratégiques de la stratégie de spécialisation wallonne S3. Le lien entre le numérique et l'environnement est clairement identifié dans plusieurs ambitions. Il constitue donc un des éléments clés à soutenir en termes de recherche, d'innovation et de développement d'ici 2030. La prise en compte

de cette dimension soutient par ailleurs la position concurrentielle de la Wallonie dans les chaines de valeur prioritaires internationales.

Critère 3 : Stratégie régionale Circular Wallonia

La démonstration, l'innovation et le numérique représentent des facteurs stratégiques dans le déploiement de l'économie circulaire. D'un côté, les outils et usages numériques constituent des leviers ou des accélérateurs pour mettre en œuvre la transition vers l'économie circulaire. De l'autre, les gains de productivité sur les ressources apportées par l'économie circulaire ainsi que la récupération et la valorisation des matières contenues dans le matériel électronique (entre autres métaux et terres rares) sont indispensables afin de permettre aux citoyens de bénéficier du potentiel de la révolution numérique tout en respectant les limites de la planète.

Critère 4 : Stratégie régionale Digital Wallonia

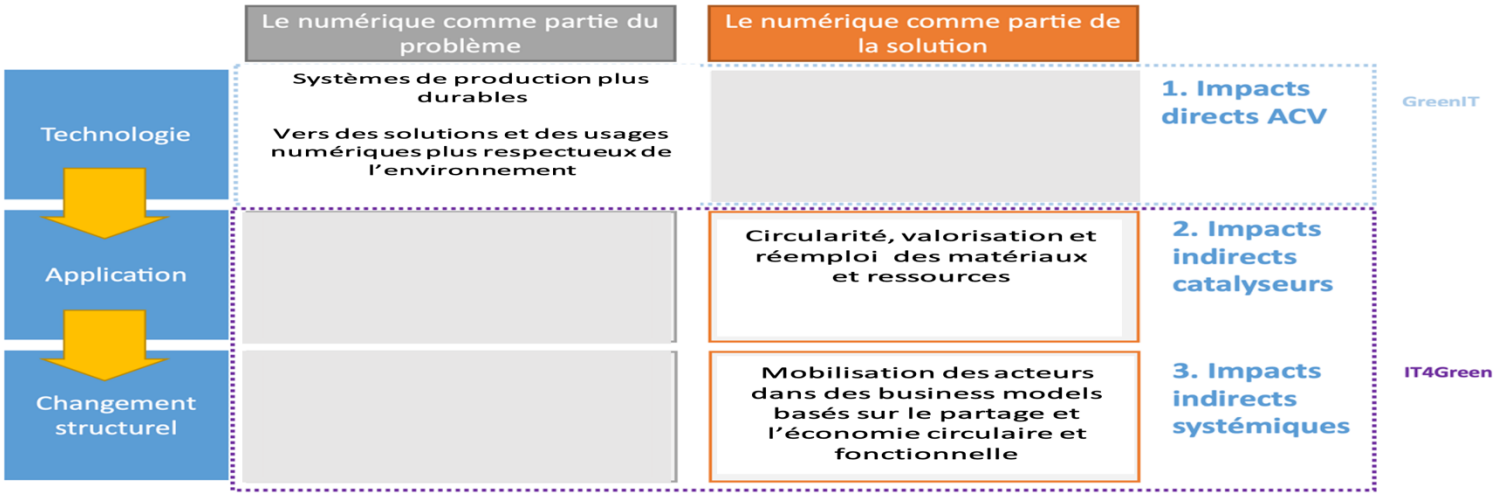
Digital Wallonia 2019-2024 définit le cadre des orientations que la Wallonie doit emprunter pour saisir les opportunités socio-économiques de la transformation numérique. Les transitions numériques et environnementales s'inscrivent dans la promotion du secteur numérique afin de saisir toutes les opportunités générées par les technologies, surtout les technologies avancées. La stratégie Digital Wallonia capitalise aussi sur la transition numérique visant à accélérer la transformation et la maturité numérique des entreprises.

Même s'il n'existe pas un volet clairement défini dans la stratégie, différents projets sont mis en place afin de renforcer la thématique numérique et environnement : programme green IT et IT 4 green, cartographie des acteurs numériques actifs dans le green IT, dans l'économie circulaire, dans l'énergie et dans la construction durable, les programmes Industrie du Futur, construction 4.0 et Smart Farming. La plateforme Digital Wallonia joue un rôle stratégique dans Circular Wallonia, notamment à travers sa contribution dans le Digital Monitoring Tool et dans la plateforme de l'économie circulaire.

Critère 5 : Constats de l'étude et recommandations des experts

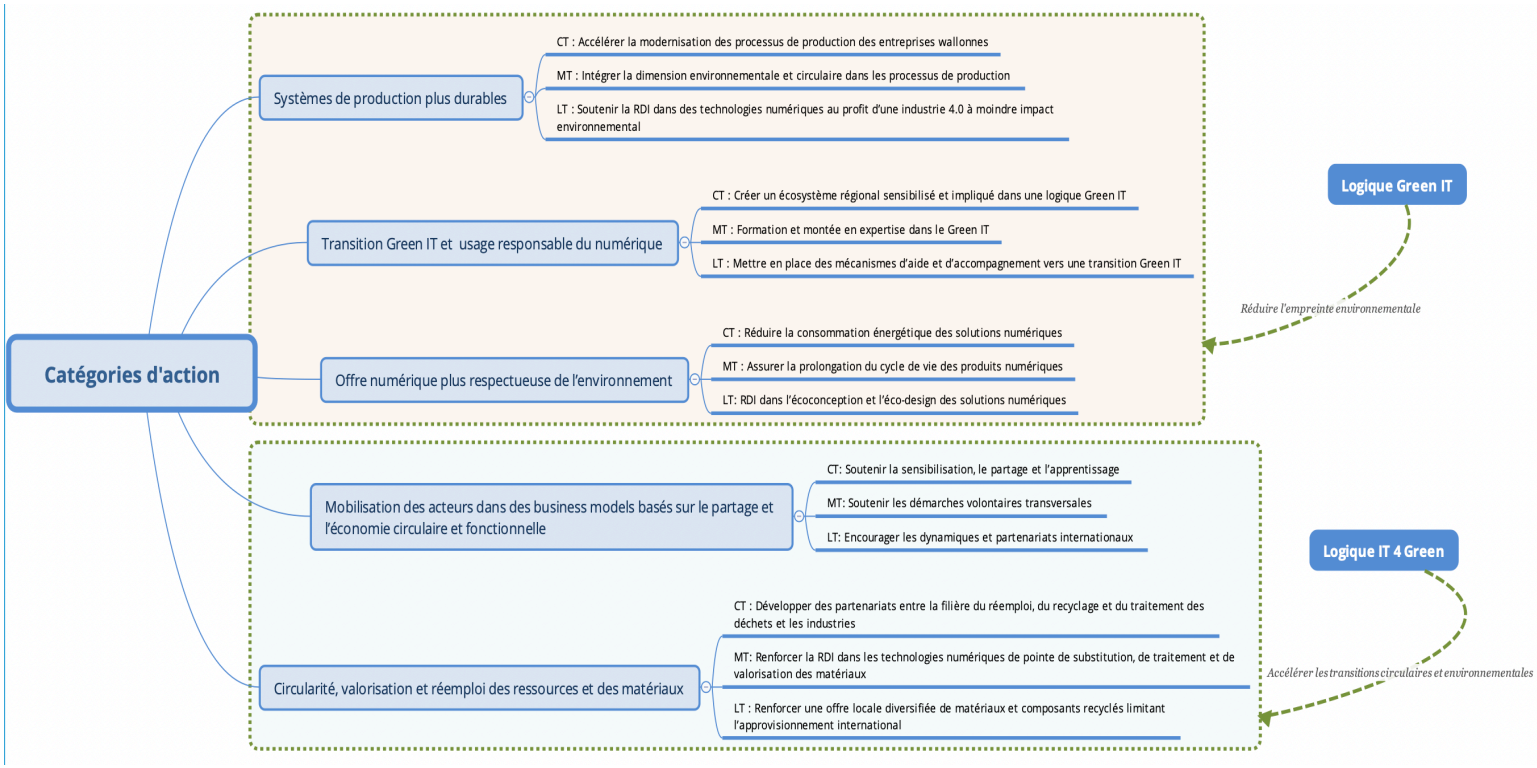
Sachant que toute mise en place de domaines d'actions nécessite des prérequis, le choix des domaines sélectionnés prend aussi en compte les recommandations formulées par les acteurs scientifiques et les entreprises de conseil qui ont développé l'étude numérique et environnement.

Quatre domaines d'actions stratégiques pour la Wallonie



Positionnement des domaines d'action sur le modèle de Hilty

Les domaines d'actions apportent de réelles solutions Green IT et IT 4 Green afin de soutenir un changement progressif des modes de production, de consommation et d'usage. Ils assurent aussi une implication active des acteurs de l'écosystème wallon afin d'encourager à plus d'innovation et de recherche. Enfin, les domaines restent cohérents avec les principaux enjeux définis dans le cadre des stratégies régionales afin de capitaliser sur les axes prioritaires à amplifier d'ici 2030. Pour assurer une montée en puissance des expertises, différentes actions sont définies sur une échelle temporelle allant du moyen au long terme. Ces actions constituent des composantes essentielles adaptées au contexte wallon, à ses forces et à ses faiblesses.



Cartographie des actions et sous actions retenues

Des systèmes de production plus durables

Le dernier rapport du GIEC (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) stipule que la moitié des émissions de gaz à effet de serre GES est générée par les activités économiques et industrielles. En 2019, la Wallonie a par ailleurs cumulé un taux de 30% de GES générés par son secteur industriel.

Rendre les systèmes de production plus durables permettrait de :

- Garantir une position concurrentielle pour nos entreprises et de les inscrire pleinement dans les priorités et chaines de valeur européennes.
- Réduire les GES générés durant les étapes de conception et de fabrication.
- Agir au niveau de notre région afin d'accompagner les entreprises dans la réduction de l'empreinte écologique générée par leurs activités de production.
- Capitaliser sur une multitude de mécanismes de financement, de diagnostics et d'écosystèmes numériques et sectoriels afin de créer une dynamique régionale.

Court terme: accélérer la modernisation des processus de production des entreprises wallonnes

La maturité numérique des processus de production est nécessaire afin de soutenir une réduction de l'empreinte environnementale dans les processus de fabrication grâce au numérique. Elle contribue à mettre le secteur de la demande en condition afin d'utiliser d'une manière efficiente, et à profit de l'écologie, les opportunités du numérique.

Les résultats attendus sont les suivants :

- Tendre vers le zéro déchet dans les cycles de production.
- Rationaliser la consommation énergétique et la réduction des déchets/rebuts grâce à l'optimisation et au paramétrage de précision.
- Gain de temps, de coût et d'efficacité : moins de pannes (proactivité) et prédiction des éventuelles défaillances (anticipation).

Moyen terme: Intégrer la dimension environnementale et circulaire dans les processus de production

La modernisation des processus de production et la maturité numérique ne suffisent pas à rendre cette étape du cycle de vie plus neutre pour notre environnement. Un engagement dans une stratégie d'entreprise plus environnementale et des changements internes doivent s'opérer en parallèle et d'une manière évolutive afin d'assurer une transition pérenne.

Les résultats attendus sont les suivants :

- Réduction de l'empreinte environnementale liée au fonctionnement (démarches d'achats circulaires, prolongation de l'utilisation des équipements, meilleur traitement des déchets de fonctionnement, etc.) ;
- Réduction de l'empreinte environnementale liée au cycle de production (réflexion autour du choix des matériaux utilisés et des fournisseurs, écoconception des produits, indice de réparabilité, etc.) ;
- Modernisation de l'image de l'industrie wallonne : tendre vers les industries bas-carbone ou écoresponsables, les éco-zonings, etc.

Long terme: Soutenir la RDI dans des technologies numériques au profit d'une industrie 4.0 à moindre impact environnemental

Pour garantir une modernisation plus neutre des activités de production en Wallonie, les entreprises wallonnes doivent renforcer leur collaboration avec le secteur numérique. L'objectif est de faire évoluer tant l'offre que la demande autour de nouvelles solutions technologiques avancées de sorte à stimuler des écosystèmes d'innovation rendant notre région plus attractive à l'international.

Les résultats attendus sont les suivants :

- Amplifier et diversifier le secteur de l'offre numérique ;
- Renforcer l'attractivité et le positionnement du secteur numérique wallon spécialisé en industrie 4.0 à l'international ;
- Positionner la Wallonie comme un leader en technologies avancées au profit d'une industrie plus neutre et plus optimisée.

Vers des solutions et des usages numériques plus respectueux de l'environnement

Selon le dernier rapport de Green IT, le numérique mondial a représenté plus de 34 milliards d'équipements informatiques. Cela représente 179 millions de voitures de 1,3 tonnes ou 223 millions de tonnes. Ceci est équivaut à 4,2% de la consommation d'énergie primaire, 3,8% des émissions de gaz à effet de serre (soit 1,5 milliard de salariés allant au travail tous les jours pendant 1 an), 5,5% de consommation d'électricité (soit 82 millions de radiateurs électriques allumés sans arrêt) et 0,2% de consommation d'eau (soit 242 milliards de packs d'eau minérale. A titre d'exemple, un ordinateur portable émet pendant son cycle de vie complet 230kg de Co2.

Dès lors, ce domaine d'action permet de :

- Réduire l'empreinte carbone des équipements numériques produits et utilisés en Wallonie.
- Continuer à être compétitif et à la pointe de la technologie, au niveau régional et à l'international, en anticipant les changements du marché.
- S'inscrire pleinement dans une logique régionale d'économie circulaire (lutte contre l'obsolescence d'usage, recyclage, reconditionnement des équipements IT, GDAC, utilisation de nouveaux matériaux).
- Réduire la dépendance internationale liée à la disponibilité des matériaux et des composants.

Court terme : Sobriété des usages numériques

L'objectif de cette action est de conscientiser et de responsabiliser les acteurs de l'impact de la manière et de l'intensité avec lesquelles ils utilisent le numérique. La sobriété des usages détermine des éco-gestes à petite ou à grande échelle qui réduisent l'empreinte environnementale du numérique.

Les résultats attendus sont les suivants :

- Changement de comportement des consommateurs et des acheteurs.
- Développement d'une nouvelle demande numérique plus durable qui incite l'offre numérique à innover et à adapter ses produits et services commercialisés.
- Renforcer une mobilisation des acteurs autour d'une transition Green IT.

Moyen terme : Assurer la prolongation du cycle de vie des solutions numériques

En plus des éco-gestes et de l'optique de la sobriété numérique développée par les acteurs, la Wallonie doit développer tout un écosystème local et une chaine de valeur wallonne spécialisée dans le prolongement du cycle de vie de ces équipements en soutenant les filières locales de rachat, de recyclage, de réparation, de maintenance et de reconditionnement.

Les résultats attendus sont les suivants :

- Un large choix diversifié des matériaux et équipements disponibles localement ;
- La relocalisation de tout un maillon de la chaine de valeur au niveau de la Wallonie permettant de réduire la dépendance internationale ;
- Une expertise wallonne confirmée dans la valorisation, le reconditionnement et le prolongement de la durée de vie des équipements numériques.

Long terme : RDI dans l'écoconception et l'éco-design des solutions numériques

L'attrait européen vers l'optique Green IT dans la conception et la fabrication des équipements numériques démontre le potentiel concurrentiel à préparer le marché wallon à cette nouvelle demande à venir. Cela permet aussi de mieux les positionner à l'international sur des chaines de valeur qui s'imposeront à leur tour en Wallonie.

Les résultats attendus sont les suivants :

- Montée en expertise des acteurs wallons dans la prise en compte de la dimension environnementale liée aux activités et offres numériques ;
- Créer de nouvelles opportunités d'emploi ;

- Accélérer l'innovation dans des solutions numériques plus durables et dans le changement progressif et inclusif de l'offre numérique wallonne (la prise en compte de la dimension environnementale devient la règle et un avantage concurrentiel) ;
- Développement d'une nouvelle offre numérique alternative qui prend en compte son empreinte écologique ;
- Développement d'une expertise wallonne en Green IT ;
- Réduction des déchets des produits numériques en fin de vie ayant été conçus depuis moins de 5 ans ;
- Réduction de l'obsolescence programmée.

Mobilisation des acteurs autour de business modèles basés sur le partage et sur l'économie circulaire et fonctionnelle

S'inscrire dans une transition circulaire et fonctionnelle à l'échelle de la Wallonie nécessite une dynamique régionale et une mobilisation de ses acteurs autour de projets inspirants. Dans cette finalité, la stratégie Circular Wallonia met en place des actions visant à informer, éduquer et former tous les acteurs à l'économie circulaire. Cette volonté d'outiller et de mobiliser les acteurs est accrue dans le but de mettre en place une dynamique pérenne avec les acteurs de la région.

Dès lors, ce domaine d'action permet de :

- S'inscrire dans la stratégie régionale de l'économie circulaire (actions visant à informer, éduquer et former les acteurs à l'économie circulaire en vue de renforcer une dynamique régionale pérenne).
- Saisir toutes les opportunités économiques de l'économie fonctionnelle et circulaire.
- Développer un des volets stratégiques de la DPR, de CW et de la S3.
- Renforcer des modes de consommation, d'usages, de production et d'offres plus durables.

Court terme: Soutenir la sensibilisation, le partage et l'apprentissage

Afin de soutenir une transition circulaire et fonctionnelle, la Wallonie doit mobiliser ses acteurs publics, économiques et de développement autour de réseaux d'apprentissage et de partage de bonnes pratiques. Ces réseaux assurent une sensibilisation à la thématique et un transfert d'expertise et d'expérience facilitant par ce biais le développement de démarches volontaires.

Les résultats attendus sont les suivants :

- Mettre l'accent sur les filières du réemploi, du recyclage, du traitement des déchets et de l'utilisation des nouveaux matériaux dans le cadre de Circular Wallonia.
- Mieux valoriser les produits numériques en fin de vie et les composants électroniques.
- S'inscrire pleinement dans la volonté de soutenir la réparation, la recyclage et l'écoconception (DPR).
- Saisir les opportunités économiques du développement d'un nouveau marché régional basé sur des circuits courts et des politiques de zéro déchet.

Moyen terme: Soutenir les démarches volontaires transversales

Cette action ambitionne d'encourager des initiatives bottom-up pouvant émerger d'acteurs de recherche, d'entreprises, de projets de pôles et d'acteurs d'innovation, mais aussi de parties civiles. Des projets d'envergures différentes sont à encourager depuis un projet territorial à une initiative citoyenne développée par le collectif d'un quartier.

Les résultats attendus sont les suivants :

- Forte mobilisation des acteurs et une volonté confirmée de conduire et d'être acteur du changement ;
- Renforcement des partenariats et projets transversaux qui impliquent des parties diverses comme les usagers, les citoyens, les industriels, etc. ;
- Émergence d'une nouvelle culture d'innovation et de créativité technologique avancée et de low tech au profit de la transition circulaire ;

- Renforcement d'un écosystème régional d'économie circulaire ;
- Meilleur positionnement de la Wallonie à l'international ;
- Développement d'un nouveau marché wallon plus circulaire.

Long terme: Encourager les dynamiques et partenariats internationaux

Afin de renforcer la position concurrentielle de la Wallonie dans des domaines de spécialisation pouvant aussi répondre à ses enjeux, elle doit, en priorité, renforcer la mobilisation des acteurs autour de chaines de valeur prioritaires. Ces dernières font référence aux chaines définies dans le cadre de Circular Wallonia et de l'industrie du futur. Elle doit aussi inciter ses acteurs à se lancer dans des dynamiques internationales et européennes.

Les résultats attendus sont les suivants :

- Meilleur positionnement des entreprises sur les chaines de valeurs internationales ;
- Renforcement de la mobilisation des acteurs wallons dans des projets RDI européens ou internationaux ;
- Amélioration de l'image de la Wallonie à l'international : un territoire innovant au profit de l'économie circulaire, fonctionnelle et de partage.

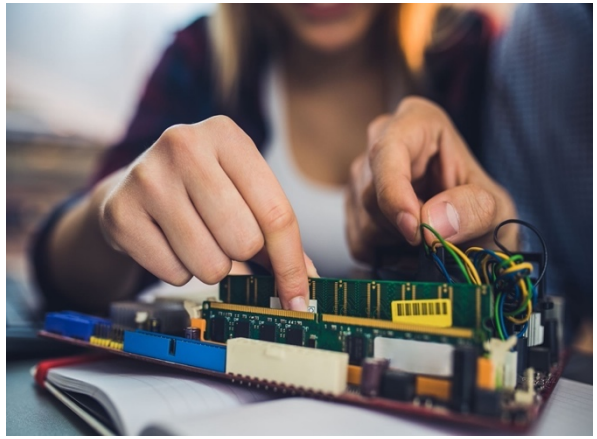
Circularité, valorisation et réemploi des matériaux et des ressources

La Wallonie se distingue dans le recyclage et dans la valorisation des déchets. Cette force régionale a un impact significatif sur la réduction de la pollution liée à la logistique et au transport des matières premières depuis l'autre bout de la terre. La pénurie des matières premières de composants touche plusieurs secteurs et marchés en Belgique. Il est essentiel de soutenir le recyclage et le réemploi afin d'augmenter en autonomie notamment à

travers la substitution par des composantes alternatives (recyclées, reconditionnées, etc.). Le numérique peut être un important facilitateur en termes de techniques de traitement, mais aussi comme un moyen de maillage entre l'offre et la demande.

Dès lors, ce dernier domaine d'action permet de :

- Mettre l'accent sur les filières du réemploi, du recyclage, du traitement des déchets et de l'utilisation des nouveaux matériaux dans le cadre de Circular Wallonia.
- Mieux valoriser les produits numériques en fin de vie et les composants électroniques.
- S'inscrire pleinement dans la volonté de soutenir la réparation, la recyclage et l'écoconception, comme mentionnée dans la DPR.
- Saisir les opportunités économiques du développement d'un nouveau marché régional basé sur des circuits courts et des politiques de zéro déchet.



Court terme : Développer des partenariats entre la filière du réemploi, du recyclage et du traitement des déchets et les industries

Il était, jusqu'ici, économiquement parlant plus avantageux aux entreprises de faire traiter leurs déchets à l'international. Les solutions wallonnes doivent donc être connues et valorisées de sorte à prendre connaissance de ce qui peut être traité localement de ce qui ne peut pas l'être. Le développement de partenariats peut aussi à terme renforcer la filière du réemploi des déchets en fin de vie et plus particulièrement les déchets électriques et électroniques générés par le secteur numérique.

Les résultats attendus sont les suivants :

- Allongement de la durée d'utilisation des équipements opérationnels.
- Développement de sous-activités de réemploi des matériaux et des composants dans les processus internes des entreprises.
- Développement du maillon de la chaine du réemploi et du recyclage des déchets en fin de vie, principalement électriques et électroniques, en Wallonie.
- Réduction de la zone de chalandise liée au traitement des déchets en fin de vie.
- Développement de solutions low tech qui réemploient les matériaux et déchets en fin de vie.

Moyen terme: Renforcer la RDI dans les technologies numériques de pointe de substitution, de traitement et de valorisation des matériaux

La Wallonie doit capitaliser sur les avancées technologiques numériques pour diversifier les techniques de traitement, de séparabilité des matériaux multicouches et de valorisation des déchets avec un taux élevé de pureté (afin d'en garantir la performance et les mêmes caractéristiques qu'une matière première). A travers la RDI, notre région doit dans cette même lignée encourager les technologies additives et de nouvelles techniques permettant d'utiliser de nouveaux matériaux.

Les résultats attendus sont les suivants :

- Renforcement de l'écosystème régional d'innovation et de recherche spécialisé en la matière.
- Renforcement de la filière du réemploi et de la valorisation des déchets en fin de vie, principalement ceux issus de la fabrication des solutions numériques.
- Positionnement de la Wallonie comme une bonne pratique européenne en termes de techniques de substitution (comme l'impression 3D de composants).
- Développement et relocalisation de maillons de la chaine de valeur spécialisés dans le traitement des déchets en fin de vie.

- Accroissement du nombre d'entreprises (industrielles) ayant intégré un système de valorisation et de réemploi automatisé des déchets et des matériaux.

Long terme : Renforcer une offre locale diversifiée de matériaux et de composants recyclés limitant l'approvisionnement international

L'accroissement du traitement des matériaux et des déchets devrait permettre de favoriser les circuits courts et tendre vers l'autosuffisance pour les composants déjà disponibles en Wallonie. Ceci permet, entre autres, de répondre aux pénuries liées aux composants électroniques et électriques.

Les résultats attendus sont les suivants :

- Amplification et diversification des matériaux recyclés et valorisés disponibles localement.
- Augmentation de l'utilisation de matériaux recyclés dans les produits fabriqués par l'industrie, dont l'industrie IT.
- Montée en expertise en RDI et techniques numériques de valorisation des déchets en fin de vie, dont les déchets générés par la fabrication de solutions numériques.

Une dynamique wallonne en marche

La Wallonie s'inscrit dans une triple transition numérique, environnementale et circulaire. Elle capitalise sur ses écosystèmes et expertises technologiques numériques pour accélérer le déploiement d'actions au profit de l'environnement. La veille des bonnes pratiques wallonnes permet d'identifier toute une série de mécanismes publics déjà mis en place ou à lancer dans le courant des années et qui s'inscrivent dans au moins une des stratégies wallonnes. Ces mécanismes englobent aussi bien les dimensions Green IT qu'IT 4 Green et permettent à notre région de renforcer son positionnement concurrentiel à l'échelle de l'Europe.

La thématique numérique et environnement reste jeune et porteuse de diverses opportunités pour les gouvernements et ses acteurs économiques et de recherche. L'Europe a, comme présenté dans les articles précédents de ce dossier, initié toute une série d'actions et de feuilles de route visant à capitaliser sur les avancées technologiques pour soutenir la transition environnementale et circulaire. La Wallonie ne part pas d'une feuille blanche. Elle a, elle-aussi, à son niveau lancé diverses initiatives adaptées à ses réalités et ses enjeux. Ces initiatives s'inscrivent dans le cadre de ses stratégies régionales et de sa DPR. Pour cela, elle capitalise sur des mécanismes publics existants et sur ceux à mettre en oeuvre dans le courant des années à venir afin de financer des PoC, d'accompagner les acteurs et d'accroitre une dynamique régionale.

Des systèmes de production plus durables

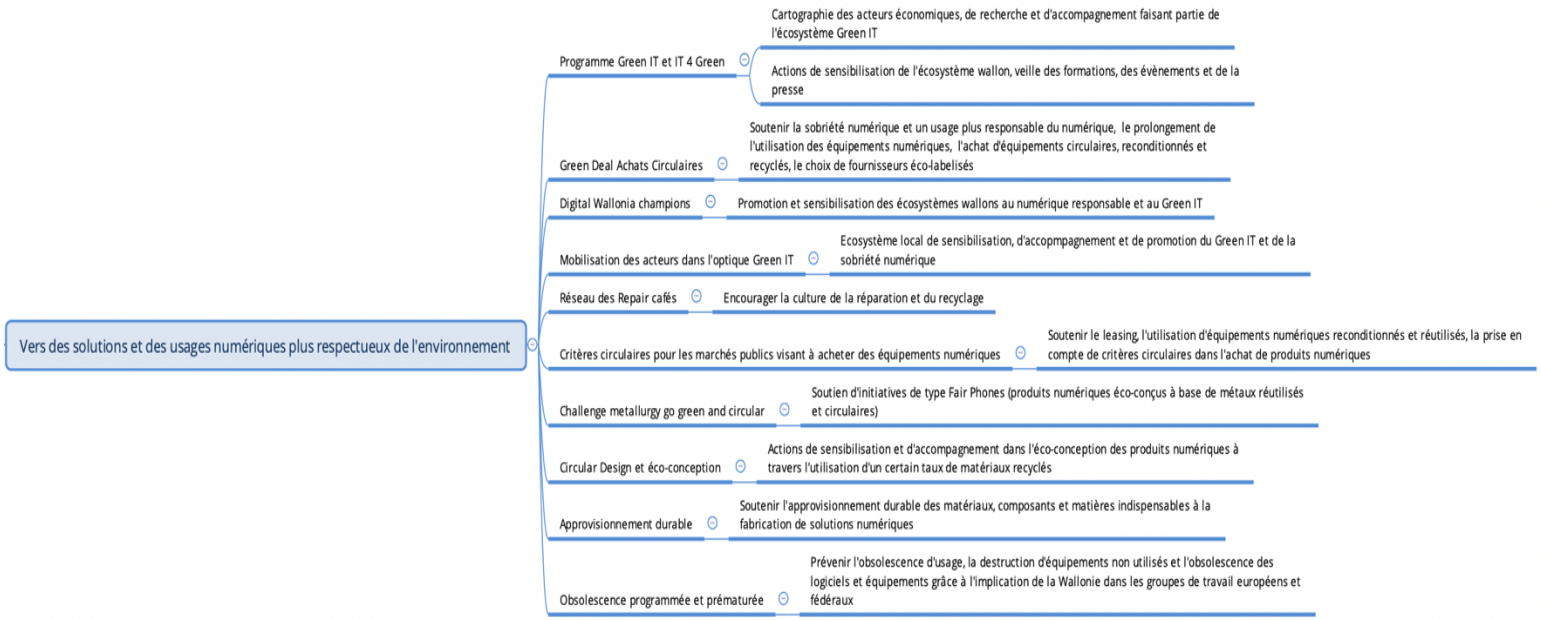
16 différents mécanismes sont identifiés en Wallonie pour encourager la mise en place de systèmes de production plus durables au niveau des entreprises wallonnes. Il existe actuellement des programmes permettant de soutenir la transformation numérique au niveau du secteur manufacturier et l'intégration de technologies numériques bien spécifiques comme l'intelligence artificielle. La Wallonie dispose aussi de mécanismes, mis en place et planifiés, visant à financer des projets d'innovation au profit d'une industrie 4.0 plus durable, que ce soit à travers de chèques entreprises ou d'appels à projets comme c'est le cas pour les symbioses industrielles. Elle dispose aussi d'un écosystème important d'acteurs qui a pour mission d'accompagner les entreprises dans leurs projets de transformation et d'innovation. En termes de recherche et d'innovation, les années à venir promettent des avancées en techniques de remanufacturing et de transition circulaire dans les processus de conception et de production.

- Systèmes de production plus durables
  - Programme industrie du Futur
    - Accélérer la maturité numérique des processus
    - Renforcer la transition circulaire dans les industries
  - Programme Digital Wallonia 4 IA
    - Rendre les processus plus optimisés grâce à l'IA
  - Easy'green et Easy'up
    - Financement de projets innovants au profit de l'industrie 4.0 plus neutre pour l'environnement
  - Chèques entreprises
    - Renforcer la maturité numérique et s'inscrire dans une transition circulaire et de rationnalisation de la consommation énergétique et des ressources comme l'eau et les matériaux par exemple
  - Mobilisation des acteurs (éco-factory)
    - Ecosystème local d'innovation en économie circulaire, transition énergétique, développement durable, etc.
  - Référents bas-carbone
    - Accompagnement dans des projets circulaires et d'efficience énergétique
  - Références bas-carbone et calculateurs carbone de l'AWAC
    - Guide des indicateurs Green IT: (isolation des bâtiments, technologies de chauffages, modes logistiques, etc.
    - Calcul des GES et du bilan carbone sur un logiciel libre
  - Appel à projets chantiers et services circulaires
    - Meilleure éco-conception des bâtiments pour rationaliser la consommation énergétique des activités industrielles
  - Appels à projets en symbiose industrielle
    - Renforcer des éco-zonings, une rationalisation/un meilleur partage des ressources et de l'énergie
  - Projets d'innovation dans la métallurgie et dans les batteries
    - Pilotes industriels pour renforcer la maturité technologique des processus de l'industrie dans le traitement des métaux/batteries
  - Connaissances et compétences en économie circulaire
    - Former les porteurs de projets et chefs d'entreprises aux solutions numériques en faveur de l'économie circulaire, à l'intégration des transitions circulaires dans les business plans des activités de production et de commercialisation
  - Techniques innovantes en gestion de CO2
    - Sobriété énergétique et efficience des procédés industriels
  - Monitoring du carbone dans les cycles industriels
    - Audits des défis énergétiques, climatiques et d'émissions des GES dans les cycles de production
  - Recherche en énergie dans les technologies bas-carbone
    - Techniques d'appropriation des techologies visant à réduire les GES et la consommation énergétique dans les processus de production
  - Décarbonation des entreprises industrielles
    - Financement de projets zéro carbone (rénovation des bâtiments, efficacité énergétique, amélioration des processus, etc.)
  - RDI dans des modes de conception et de fabrication agiles, sûrs et durables
    - Remanufacturing, innovations technologiques adaptées aux besoins des industriels, transition circulaire sur les processus de fabrication, etc.

Mécanismes publics wallons pour soutenir des systèmes de production plus durables

Vers des solutions et des usages numériques plus respectueux de l'environnement

Afin de soutenir le volet Green IT en Wallonie, notamment à travers l'écoconception et la lutte contre l'obsolescence d'usage, notre région a mis en place 10 différents mécanismes publics. Elle initie différentes cartographies à travers Digital Wallonia, le Digital Tool for Ecosystems et l'initiative Data 4 Wallonia pour développer la connaissance des acteurs, projets et appels à projets en cours. La Wallonie anime le réseau du Green Deal Achats Circulaires dans différents secteurs stratégiques dont celui du numérique.



Mécanismes publics pour soutenir les solutions et usages numériques responsables

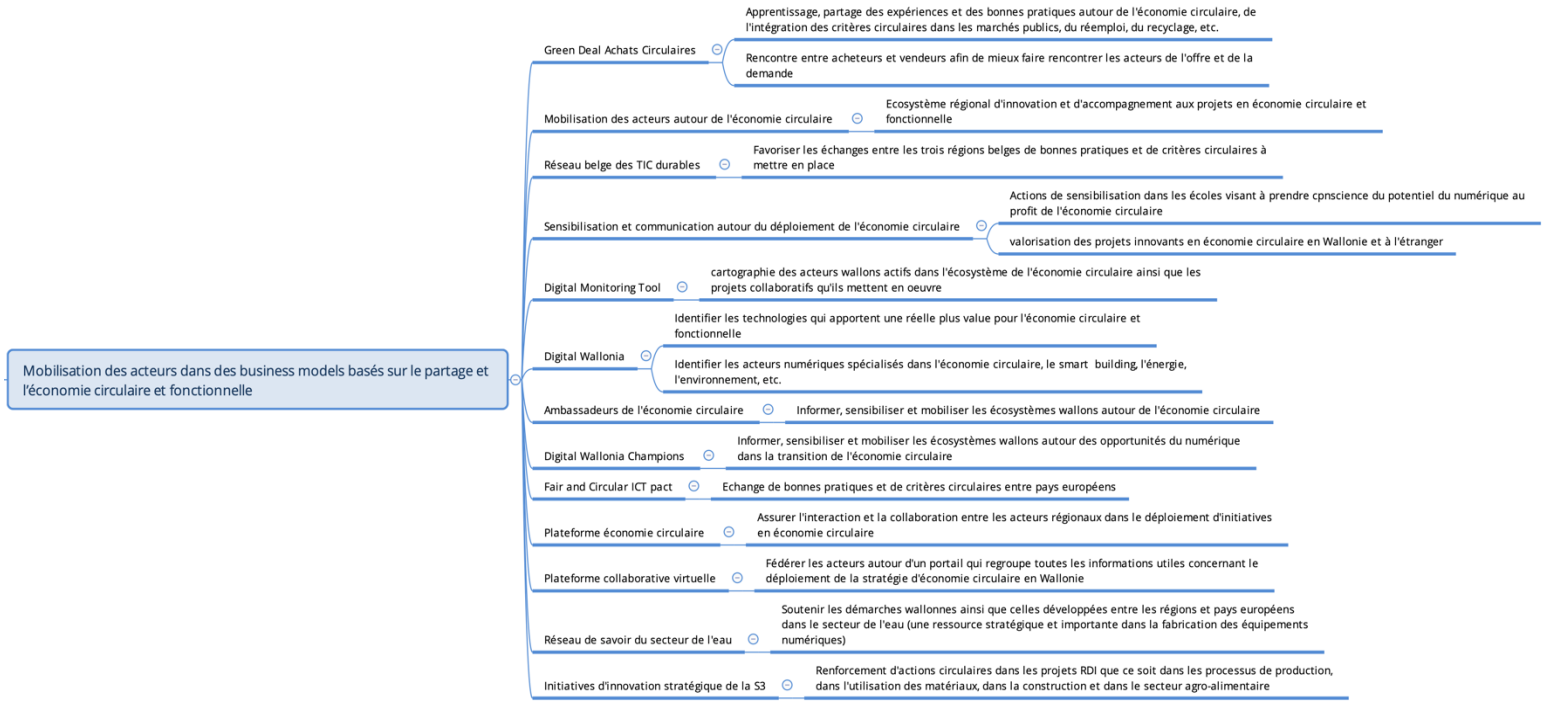
Agence du Numérique

digital wallonia .be

L'objectif est d'intégrer des critères circulaires dans les marchés publics et dans l'utilisation ou le renouvellement des équipements numériques. Elle encourage aussi des dynamiques d'acteurs comme les Repair Cafés ou des challenges visant à encourager des initiatives de type « Fair Phones » grâce à une utilisation plus circulaire des matériaux.

Mobilisation des acteurs autour de business modèles basés sur le partage et sur l'économie circulaire et fonctionnelle

Entre autres à travers la stratégie Circular Wallonia, la Wallonie s'inscrit dans un nouveau business model économique qui soutient la mobilisation des acteurs et une dynamique régionale autour de l'économie circulaire, fonctionnelle et du partage. Elle est impliquée dans différents réseaux fédéraux et internationaux comme le réseau belge des TIC durables ou the Fair and Circular ICT Pact pour mieux s'inspirer des bonnes pratiques mises en place par d'autres gouvernements. Elle met un focus sur des secteurs bien précis comme l'eau, l'industrie, la construction et l'agro-alimentaire ainsi que sur des chaines de valeurs prioritaires afin d'accélérer le déploiement de l'économie circulaire grâce, entre autres, au numérique. Notre région met aussi à disposition de ces acteurs des ambassadeurs et des plateformes visant à encourager les échanges et les collaborateurs autour de projets innovants.



Mécanismes publics wallons pour soutenir la mobilisation des acteurs dans des modèles circulaires et fonctionnels

Circularité, valorisation et réemploi des matériaux et des ressources

A travers ses 19 mécanismes publics, la Wallonie met l'accent sur la traitement des déchets, la valorisation des ressources et sur le réemploi des matériaux. Elle capitalise sur le numérique pour mieux tracer, collecter et analyser les flux de déchets et l'utilisation des ressources comme c'est le cas pour l'eau. Notre région met l'accent sur des

matériaux bien précis comme le plastique, la métallurgie et les matériaux de construction pour monter en expertise sur des volets qui répondent à ses enjeux actuels et à venir. En termes de recherche et d'innovation, la Wallonie met en place des dynamiques pour encourager l'utilisation de nouveaux matériaux plus adaptés et neutres pour l'environnement.

Mécanismes publics wallons pour soutenir la circularité et le réemploi des déchets, ressources et matériaux

La Wallonie, une région déjà engagée

Même si la thématique du numérique et de l'environnement reste nouvelle, la Wallonie a déjà lancé plusieurs dynamiques lui permettant de répondre aux besoins de ses écosystèmes, d'appréhender les changements du marché et de garantir une position concurrentielle à l'international. Notre région a déjà initié et est impliquée dans diverses démarches pour réduire l'empreinte écologique du numérique sur son territoire, notamment dans le cadre de sa stratégie Circular Wallonia (approche Green IT). Elle développe dans le cadre de ses stratégies régionales des actions cross-sectorielles et thématiques permettant de capitaliser sur les avancées numériques pour accélérer le déploiement de la transition environnementale et circulaire (approche IT 4 Green).

La mobilisation des acteurs publics, privés et d'animation économique est une condition sine qua none pour réussir cette double transition numérique et environnementale.

Dès lors, il est important de:

- Respecter certains prérequis avant de se lancer dans de nouvelles actions (existence d'une dynamique d'innovation, un intérêt confirmé par les acteurs, une expertise régionale à un niveau de maturité suffisant pour innover et entreprendre).
- Capitaliser sur des actions qui s'inscrivent déjà dans une vision bien établie et qui répond aux enjeux wallons (S3, CW, DW).

Cadre méthodologique et sources

L'étude numérique et environnement est un projet de positionnement de la Wallonie en matière de mécanismes publics à amplifier et à mettre en place afin de capitaliser sur les avancées technologiques pour accélérer la transition environnementale et circulaire. L'article présente toutes les étapes méthodologiques pour la sélection des sources de la revue de la littérature, des bonnes pratiques internationales et des pistes de recommandations adressées au gouvernement wallon.

Contexte et intérêt pour la thématique

L'écologique et la transformation numérique constituent deux défis indissociables. Selon la Commission européenne, la transformation numérique est un catalyseur essentiel du changement. Les technologies numériques s'avèrent d'une importance cruciale pour atteindre les objectifs fixés par le Green Deal en matière de développement durable, et ce dans une grande variété de secteurs. Elles apportent de nouvelles perspectives pour tous les acteurs des chaines de valeurs, notamment à celles définies comme prioritaires tel que le plastique, l'alimentation, la construction, etc.

Cependant, il ne faut pas perdre de vue que le secteur du numérique est lui-même un grand consommateur d'énergie et de ressources naturelles. L'amélioration de ses performances dans les domaines de l'efficacité énergétique et de l'économie circulaire est aussi un grand défi du Green Deal.

Un projet de positionnement pour la Wallonie

L'étude numérique et environnement fait suite à la décision du 16 juillet 2020 du Gouvernement wallon de mandater l'Agence du Numérique (AdN) pour lancer « une étude sur les impacts environnementaux et climatiques des outils numériques ainsi que d'atterrir avec des recommandations ». L'étude fait partie d'un projet de positionnement de la Wallonie sur la thématique et comprend trois grandes phases:

- Un tour d'horizon permettant de réaliser un état de l'art, une catégorisation des impacts positifs et négatifs, l'identification d'informations et d'indicateurs clés ainsi qu'une première cartographie d'usages et de bonnes pratiques en termes d'actions gouvernementales mises en place à l'étranger.
- La proposition de pistes d'actions et de politiques à court, moyen et long terme.
- Le développement de thématiques porteuses spécifiques et adaptées aux enjeux wallons.

Tour d'horizon de la revue de la littérature

La première phase de l'étude numérique et environnement recense 78 sources de la revue de la littérature. Ces sources sont classées par:

- **Scope:** les équipements numériques analysés, les étapes du cycle de vie analysées, les secteurs d'application, les impacts environnementaux traités, l'horizon temporel des cas illustrés, les technologies spécifiques prises en exemple d'application.
- **Type d'impact analysé sur base du modèle de Hilty :** impacts directs et indirects, le numérique vu comme le problème ou comme la solution, balance entre impacts positifs et négatifs.
- **Pertinence par rapport aux axes des stratégies** suivantes : S3, Green Deal

Analyse des attentes et des besoins des acteurs stratégiques wallons

Afin d'enrichir le tour d'horizon de la revue de la littérature, une consultation des acteurs a été réalisée:

- **Via un questionnaire** : Un total de 117 répondants ont participé à l'enquête en ligne. Ils ont été interrogés sur leurs perceptions positives et négatives du numérique sur l'environnement, sur les opportunités à saisir pour faire face aux défis wallons et pour accélérer l'innovation et la recherche, notamment au niveau des domaines d'innovation stratégiques identifiés dans le cadre de la nouvelle stratégie S3.
- **Via un atelier d'idéation en ligne** : 90 personnes ont assisté virtuellement à l'atelier animé par l'Agence du Numérique (AdN) et le consortium. Ces participants ont représenté 80 organismes

wallons différents (institutions publiques, acteurs de développement économiques, entreprises, acteurs de la recherche) et ont proposé un total de 148 idées et recommandations. L'atelier d'idéation s'est axé sur les propositions des acteurs sur les aspects suivants:

- Utilisation du numérique dans sa globalité pour accélérer la transition environnementale.
- Opportunités du numérique pour renforcer la santé et la qualité de vie des citoyens.
- Opportunités du numérique pour soutenir l'éco design et de nouveaux modes de production.
- Opportunités du numérique au service de la transition énergétique.
- Opportunités du numérique dans le secteur agro-alimentaire.

Benchmark international des bonnes pratiques

Le benchmark international identifie les pratiques et usages concrets, actuels, et prospectifs, visant soit à maîtriser les impacts négatifs, soit à valoriser les pratiques positives. 45 bonnes pratiques ont dès lors été identifiées. Chacune d'entre-elle présente:

- Le niveau institutionnel dans lequel elle est mise en place (régional, fédéral, européen).
- Le type de mécanismes mis en place si c'est des lois, des feuilles de route ou des programmes.
- La cible des actions mises en oeuvre (entreprises, acteurs publics, la société, etc.).
- La description des bonnes pratiques mises en oeuvre.
- Les pays dans lesquels elles sont mises en oeuvre.
- La catégorisation d'impact ciblé (Green IT ou IT 4 Green, catégories selon le modèle de Hilty).
- Les technologies numériques ciblées dans les bonnes pratiques.
- La pertinence par rapport aux axes de : S3, Circular Wallonia, DPR et Green Deal européen.
- Le niveau de transposabilité au contexte wallon.
- Des recommandations formulées par les experts du consortium pour garantir un déploiement efficace de la bonne pratique en Wallonie.

Pistes des recommandations

Sur base de l'ensemble des inputs de l'étude présentés plus haut dans cet article, l'Agence du Numérique (AdN) a sélectionné des domaines d'action en guise de recommandations pour le gouvernement. Pour cela, 4 domaines ont été sélectionnés de sorte à couvrir aussi bien le volet Green IT que celui de l'IT 4 Green. Chacun de ces domaines comprend :

- Un descriptif des objectifs à atteindre.
- Des propositions d'actions à mettre en oeuvre à court, moyen et long terme.
- Les acteurs cibles des recommandations proposées.
- L'identification des mécanismes déjà existants pouvant s'inscrire dans l'un ou les domaines d'actions proposés ainsi que les mécanismes planifiés dans le cadre de la DPR et des stratégies régionales comme la S3 et Circular Wallonia.
- La proposition de nouvelles pistes d'action et de mécanismes à activer sur base des attentes des acteurs et du niveau de maturité des écosystèmes et des expertises wallonnes.

Suite du projet

Il est à noter que cette étude est avant tout une base de travail visant à aider le gouvernement dans ses réflexions. L'ensemble des travaux ont été soumis au gouvernement ainsi qu'un rapport détaillé de plus de 100 pages. Actuellement, un groupe de travail inter-cabinet analyse l'ensemble des propositions en vue d'atterrir sur le développement de thématiques porteuses spécifiques et adaptées aux enjeux wallons.

Liste des sources consultées

Tour d'horizon de la revue de la littérature

- Climact (2020). Quel impact de la digitalisation sur la consommation d'électricité et les objectifs climatiques de la Wallonie ?
- Pirson, Bol (2021). Assessing the embodied carbon footprint of IoT edge devices with a bottom-up life-cycle approach.
- Freitag et al. (2020). The climate impact of ICT: A review of estimates, trends and regulations.
- Lange et al. (2020). Digitalization and energy consumption. Does ICT reduce energy demand?
- Bressanelli et al. (2020). Circular Economy in the WEEE industry: a systematic literature review and a research agenda.
- Bol et al. (2020). Moore's Law and ICT Innovation in the Anthropocene.
- Fatimah et al. (2020). Industry 4.0 based sustainable circular economy approach for smart waste management system to achieve sustainable development goals: A case study of Indonesia.
- Gupta et al. (2020). Chasing Carbon: The Elusive Environmental Footprint of Computing.
- Andrae (2019). Projecting the chiaroscuro of the electricity use of communication and computing from 2018 to 2030.
- Malmodin, Lundén (2018). The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010–2015.
- Belkhir, Elmeligi (2018). Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations.
- The Shift Project (2018). Lean ICT : Pour une sobriété numérique.
- The Shift Project (2020). Déployer la sobriété numérique.
- Commission de l'aménagement du territoire et du développement durable (2020). Rapport d'information de la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique.
- Green IT France (2019). Empreinte environnementale du numérique mondial.
- GeSI (2008). Smart 2020 : Enabling the low-carbon economy in the information age.
- GeSI (2012). SMARTer 2020: The Role of ICT in Driving a Sustainable Future.
- GeSI (2019). Digital with Purpose: Delivering a SMARTer2030.
- Bibri (2018). The IoT for smart sustainable cities of the future: An analytical framework for sensor-based big data applications for environmental sustainability.
- Govindan et al. (2018). Big data analytics and application for logistics and supply chain management.
- GreenPeace (2017). Guide to Greener Electronics.
- ITU (2020). The Global E-waste Monitor.
- Baldé et al. (2020). In-depth review of the WEEE collection rates and targets in the EU-28, Norway, Switzerland, and Iceland.

- Green IT France (2021). Impacts environnementaux du numérique en France (iNum).
- Kamiya (2020). The carbon footprint of streaming video:fact-checking the headlines.
- ITU (2020). Internet Waste : A thought paper for International E-Waste Day 2020.
- Roussilhe (2021). Que peut le numérique pour la transition écologique ?.
- Roussilhe (2020). Situer le numérique.
- Google (2020). Environmental report.
- Google (2020). 24/7 by 2030: Realizing a Carbon-free Future.
- Apple (2020). Environmental Progress Report (covering fiscal year 2019).
- UNU (2019). Future e-waste scenarios.
- UNEP (2015). Waste crime.
- WEF (2019). A new circular vision for Electronics : Time for a global reboot.
- Pitron (2018). La guerre des métaux rares.
- Bihouix (2010). Quel futur pour les métaux ? Raréfaction des métaux : un nouveau défi pour la société.
- Bihouix (2014). L'âge des low-tech.
- Antikainen, Uusitalo et Kivikytö-Reponen (2018). Digitalisation as an Enabler of Circular Economy.
- Carli, Dotoli et Cianci (2017). An optimization tool for energy efficiency of street lighting systems in smart cities.
- Haut conseil pour le climat France (2020). Maitriser l'impact carbone de la 5G.
- Global e-Sustainability Initiative (GeSI) and International Telecommunication Union (ITU) (2011). Using ICTs to tackle climate change.
- ITU (2017). ICT and climate change.
- ITU (2019) Turning digital technology innovation into climate action.
- Micloleit (OECD) (2010). Greener and Smarter: ICTs, the Environment and Climate Change.
- ADEME (2018). Modélisation et évaluation des impacts environnementaux de produits de consommation et biens d'équipement.
- ADEME (2017). Comment allier transition numérique et transition énergétique et écologique ? Industrie du futur : Impacts du numérique au sein de l'industrie, au regard de la transition énergétique et écologique.
- Gossart (2015). Rebound Effects and ICT: A Review of the Literature.
- Andrae, Elder (2015). On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030, Challenges.
- Collier (IEEE) (2015). TheEmerging Enernet: Convergence of the Smart Grid with the Internet of Things.
- Singh et al. (2015). Cloud computing technology: Reducing carbon footprint in beef supply chain.
- Hilty, Aebischer (2014). Modeling and evaluating the sustainability of smart solutions.
- Perkins et al. (2014). E-Waste: A Global Hazard.
- Håkansson, Finnveden (2014). Including second order effects in environmental assessments of ICT.
- Peeranart Kiddee et al. (2013). Electronic waste management approaches: An overview.

- McKinsey (2020). Agriculture and climate change: Reducing emissions through improved farming practices.
- Williams (2011). Environmental effects of information and communications technologies.
- ITU (2011). L.1400 : Overview and general principles of methodologies for assessing the environmental impact of information and communication technologies.
- Plepys (2002). The grey side of ICT.
- Sui et Rejeski (2002). Environmental Impacts of the Emerging Digital Economy: The E-for-Environment E-Commerce?
- Coroama et al. (2020). A Methodology for Assessing the Environmental Effects Induced by ICT Services : Part I.
- Van Dam , Bakker et Van Hal (2013). Do home energy management systems make sense? Assessingt their overall lifecycle impact.
- Malmodin, Coroama (2016). Assessing ICT's enabling effect through case study extrapolation – the example of smart metering.
- Hilty, Bieser (2017). Opportunities and Risks of Digitalization for Climate Protection in Switzerland.
- Hilty et al. (2006). The relevance of information and communication technologies for environmental sustainability–a prospective simulation study. Environmental Modelling & Software, 21(11), 1618-1629.
- Murugesan (2008). Harnessing green IT: Principles and practices. IT professional, 10(1), 24-33.
- Walnum et al. (2014). Can Rebound Effects Explain Why Sustainable Mobility Has Not Been Achieved?.
- Berkhout et al. (2000). Defining the rebound effect.
- Dolci et al. (2015). Implementation of Green IT in organizations: a structurational view.
- Sorrell et al. (2007). The Rebound Effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency.
- Clément et al. (2020). Sources of variation in life cycle assessments of smartphones and tablet computers.
- Proske et al. (2020). Life Cycle Assessment of the Fairphone 3.
- Anders, Andrae (2016). Life-Cycle Assessment of Consumer Electronics: A review of methodological approaches.
- Ercan et al. (2016). Life Cycle Assessment of a Smartphone.
- Jiang et al. (2021). Policy assessments for the carbon emission flows and sustainability of Bitcoin blockchain operation in China.
- Kohler, Pizzol, (2019). Life Cycle Assessment of Bitcoin Mining.
- Hilty, Aebischer (2015). ICT for Sustainability: An Emerging Research Field.

Benchmark international

- Commission de l'aménagement du territoire et du développement durable du Sénat français (2020). Rapport d'information: mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique.
- Conseil national du numérique, Haut Conseil pour le Climat (HCC) (2020). Feuille de route sur l'environnement et le numérique (FREN).
- European Policy Center (EPC) (2020). The circular economy: Going digital.
- Greenconcept (2020). Livre blanc de l'action : éco-conception numérique.
- Institut du Numérique Responsable (INR) (2020). Référentiel Green-IT : les 65 bonnes pratiques clés.

Recommandations et pistes d'actions

- Digital Wallonia
- Circular Wallonia
- Déclaration politique régionale de Wallonie
- Nouvelle stratégie de spécialisation de Wallonie (S3)
- Plan de relance wallon
- Chèques entreprises
- Projets de pôles de compétitivité
- Aides à la recherche en Wallonie
- Green Deal européen