

Je code : les bonnes pratiques en écoconception de service numérique à destination des développeurs de logiciels

Karin Dassas (CESBIO Toulouse), Benjamin Ninassi (Inria Rennes)

- Présentation du GDS Ecoinfo
- Impacts environnementaux du numérique
- Présentation plaquette ecoconception service numérique
- Conclusion

GDS EcolInfo

Le GDS EcolInfo, ce sont des ingénieurs, des chercheurs, des étudiants des secteurs de la recherche et de l'enseignement supérieur en France autour d'un objectif commun :

Agir pour réduire les impacts (négatifs) environnementaux et sociétaux des STICs (Sciences et Technologies de l'Information et de la communication)

Créé en 2006, rattaché à l'INS2I (Informatique) et l'INEE (écologie et de environnement) du CNRS



<https://fr.linkedin.com/company/ecoinfo>

Devenez membre du GDS



<https://ecoinfo.cnrs.fr/agir-avec-nous/>

- Deux types d'actions :
 - Actions de terrain (audits de centres de calcul, préconisations, revues critiques, enquêtes, etc.)
 - Actions de recherche (états de l'art, propositions d'indicateurs et de méthodologies d'impacts, journées thématiques, etc.)
- Productions : données qualitatives et quantitatives, indicateurs, outils génériques, guides de bonnes pratiques, outils de formation, etc.
- Communication : lettre d'information semestrielle, liste de discussion (ecoinfo-forum@services.listes.fr), groupe LinkedIn, chaîne Canal-u, site web, etc.



EcolInfo

Réduire les impacts environnementaux et sociétaux négatifs des technologies du numérique.

Cet espace est pour vous : enseignant, informaticien, décideur, acheteur, logisticien, en charge du développement durable, et tout particulièrement si vous travaillez dans le secteur de l'enseignement supérieur et de la recherche ou vous êtes simplement curieux ...

[Découvrez EcolInfo](#)

Agir vers la sobriété numérique

EcolInfo souhaite ainsi vous accompagner dans l'action et même s'il est difficile de donner des conseils définitifs et absolus, nous allons voir ensemble comment il est possible d'**agir** suivant différents axes pour réduire les impacts des TICs sur notre environnement et appliquer ainsi une forme de sobriété numérique par des comportements et des choix éco responsables (qui tiennent compte des impacts environnementaux du numérique en cherchant à les minimiser).

ANF 2023 Impacts environnementaux du numérique : les 8R

Publié: 04/05/2023

Impacts environnementaux du numérique : les 8R (Res sentir – Réfléchir – Réduire – Refuser – Réparer – Ré-utiliser – Recycler – Ralenti) Du 20 au 24 novembre 2023 à La Rochelle Le GDS EcolInfo vous propose une nouvelle Action Nationale...

RECHERCHER

Rechercher...

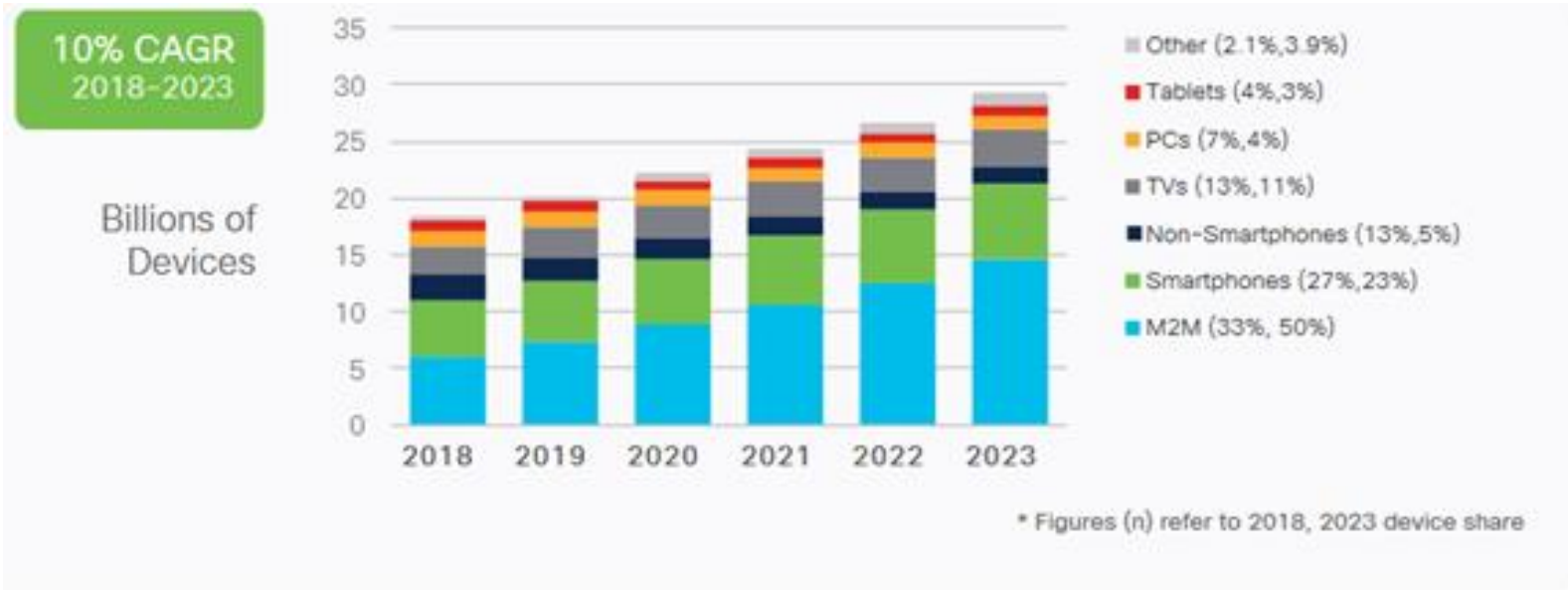


Impacts environnementaux du numérique

<https://hal.science/hal-03009741/> page 3



Une demande en équipements en forte croissance

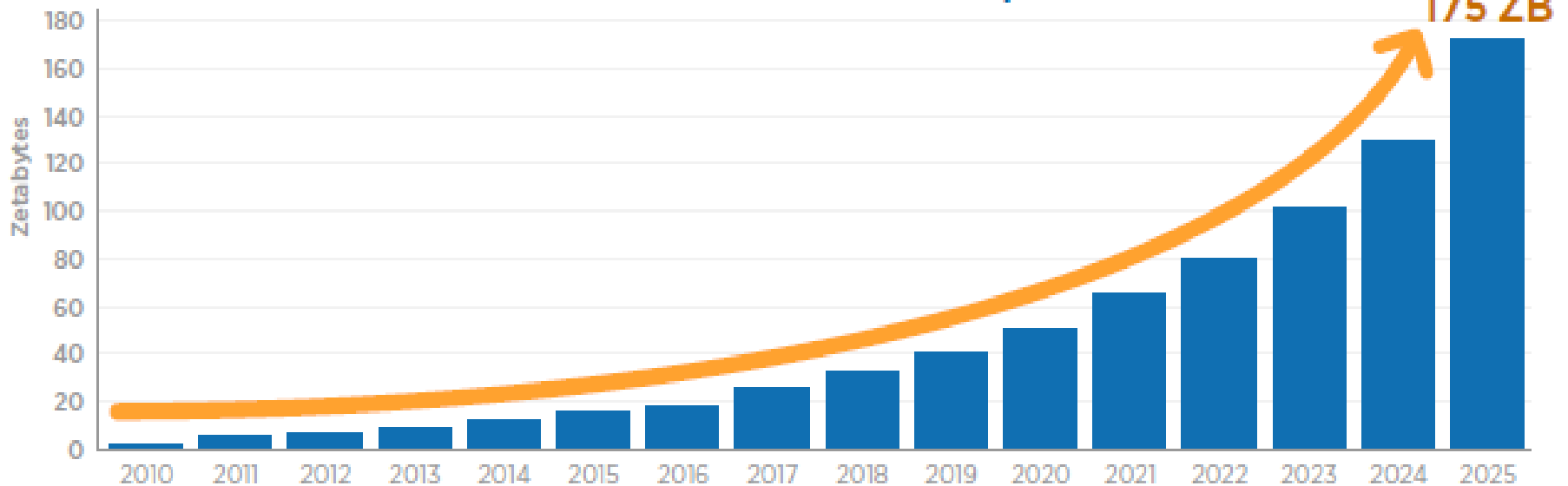


Source: Cisco Annual Internet Report, 2018-2023

- 3.9 milliards de personnes connectées
51% de la population mondiale
- 19.4 milliards d'appareils
33% d'entre eux sont des IOT
- 10% de croissance annuelle
- ⇒ 30 milliards d'objets en 2023
- ⇒ 75.44 milliards en 2025 (Freitag et al.) (déploiement massif de l'IOT)
- ⇒ ADEME : 34 milliards en 2019, 45 milliards en 2025

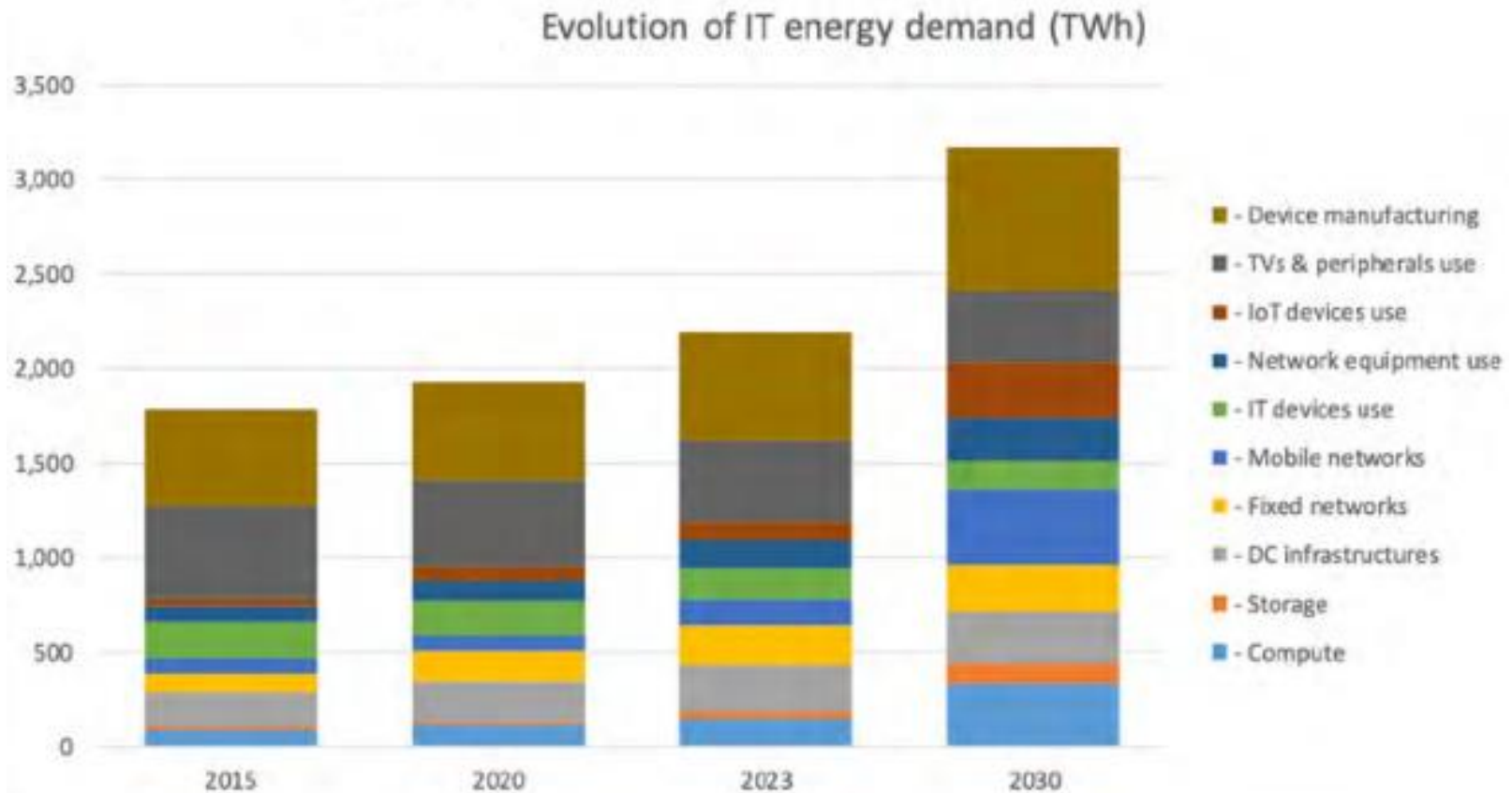
Évolution de la demande en électricité pour les TIC (+30% d'ici 2030)

Annual Size of the Global Datasphere



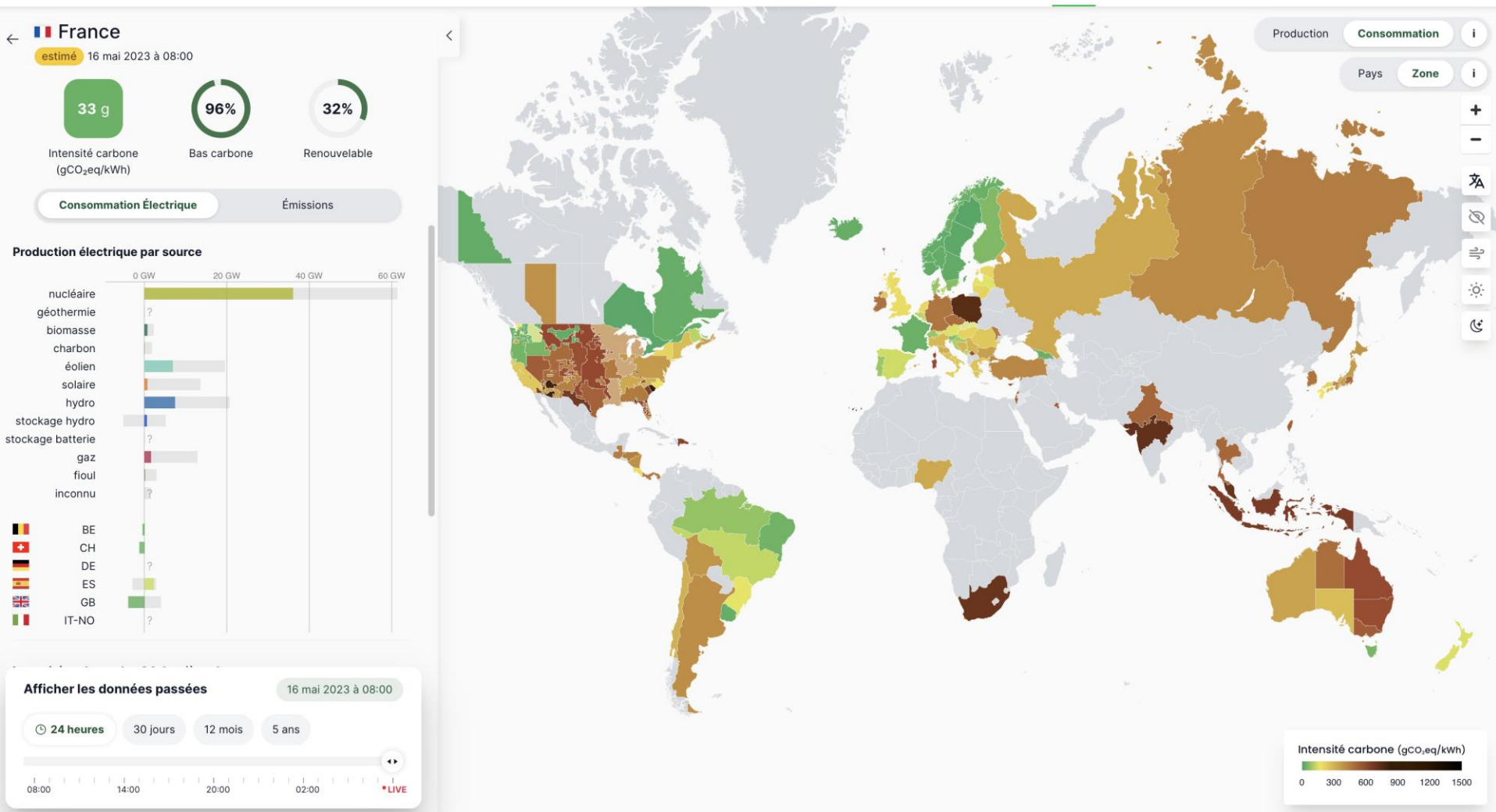
Source: Data Age 2025, sponsored by Seagate with data from IDC Global DataSphere, Nov 2018

Évolution de la demande en électricité pour les TIC (+30% d'ici 2030)



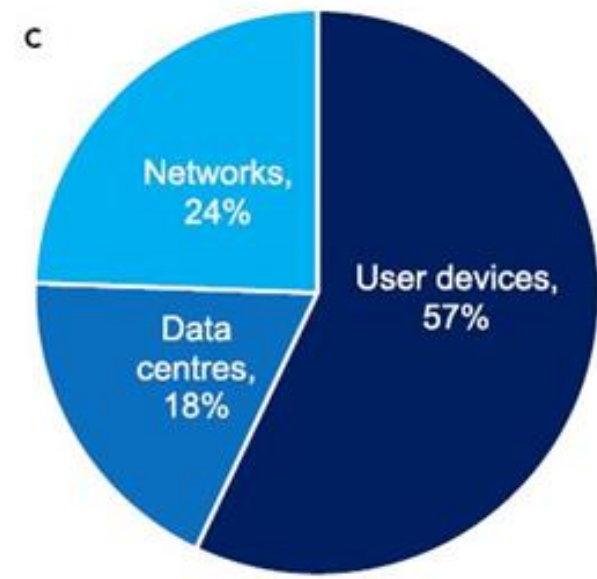
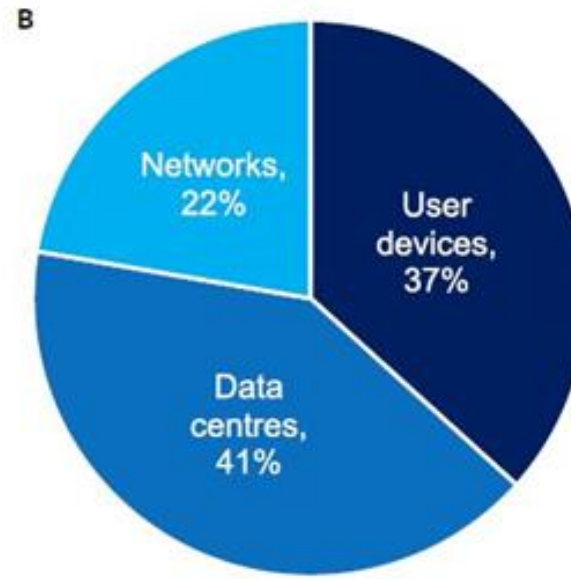
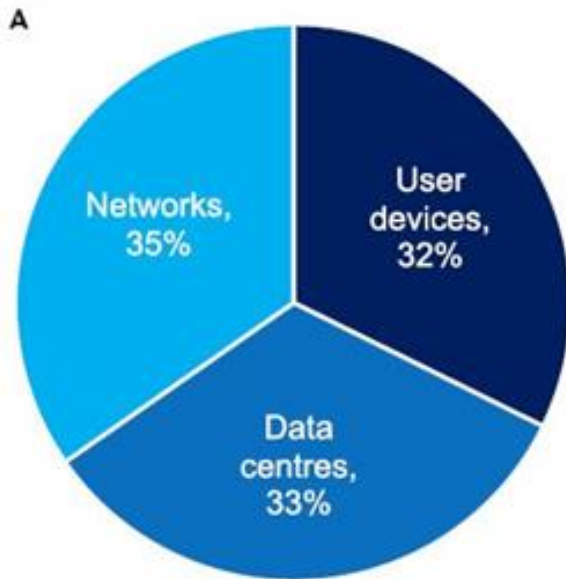
Schneider - Digital Economy and Climate Impact, 2021

Emissions GES : où sont nos données / calculs ?



<https://www.electricitymap.org/map>

Répartition de l'empreinte carbone sur les 3 tiers





Freitag et Al. 2021

- (A) Andrae and Edler - Huawei, (2015)
- (B) Belkhir and Elmeligi - McMaster University (2018)
- (C) Malmmodin - Ericsson /Lunde - Talia (2020)

Impact environnemental des TICs



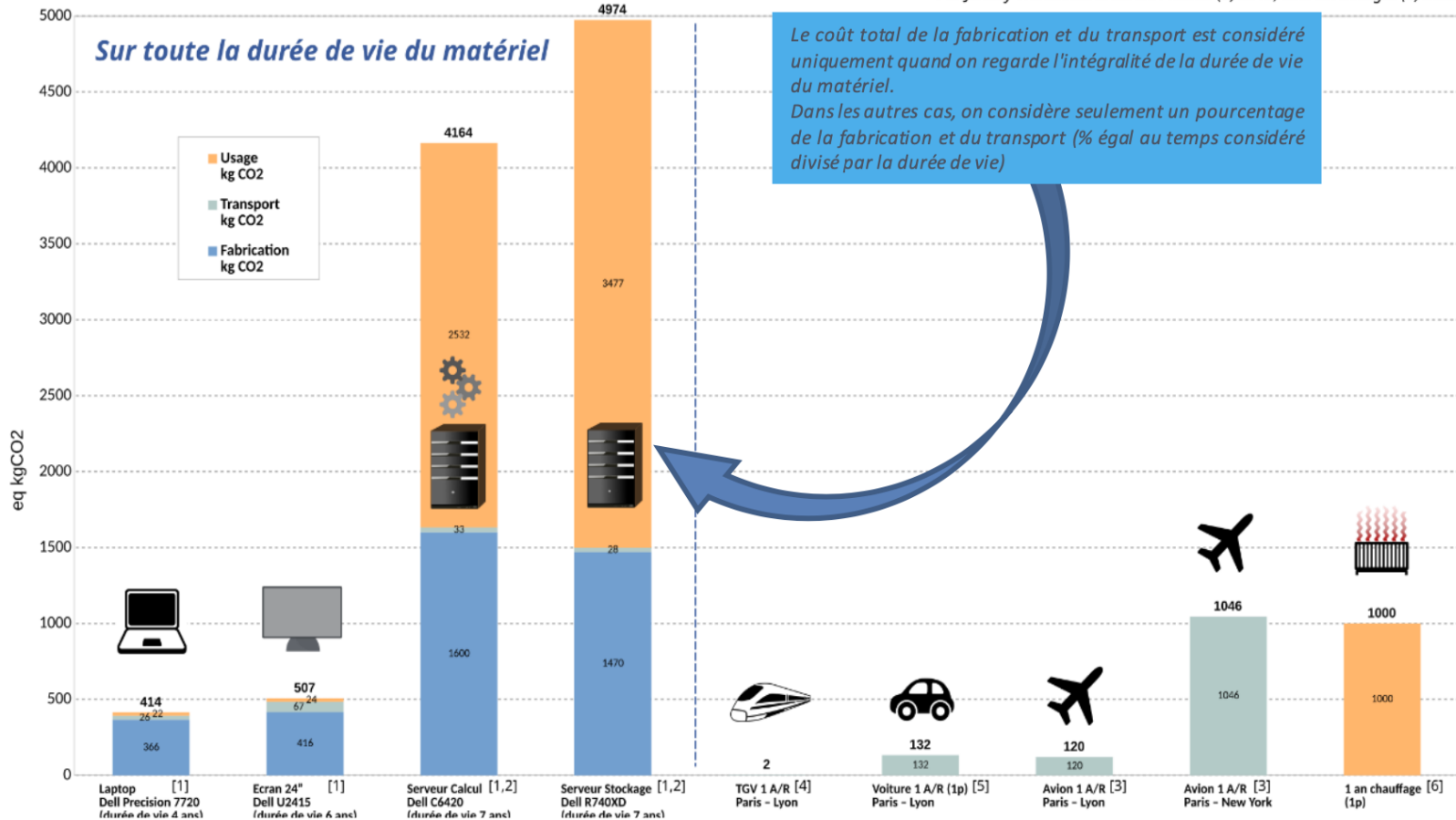
	extraction des ressources	fabrication	transport	usage	gestion de fin de vie
 Consommation d'énergie primaire					
 Changement climatique					
 Destruction de la couche d'ozone					
 Toxicité humaine Émissions dans l'air, l'eau et le sol de substances toxiques présentant un risque potentiel pour l'homme					
 Ecotoxicité aquatique Émissions dans l'air, l'eau et le sol de substances toxiques présentant un risque potentiel pour la faune et la flore aquatique					
 Déplétion des métaux					
 Consommation d'eau					

Ref : J. Combaz https://ecoinfo.cnrs.fr/wp-content/uploads/2019/07/2019-07-04_AmiQual4Home_nobackup.pdf

Emissions GES = Ordres de grandeur

Comparatif d'émissions CO2

Par Jérémy Wambecke & Carole Plasson (C) 2019, Laurent Bourgès (C) 2020



[1] Données Fiches Del (usage corrigé pour usage FR) :

(https://www.dell.com/learn/us/en/uscorp1/corp-comm/environment_carbon_footprint_products)

[2] Usage à partir de la consommation moyenne (Berthoud et al. 2020) d'un nœud = 275W (C6420), 375W (R740XD) (<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02549565>)

[3] <https://eco-calculateur.dta.aviation-civile.gouv.fr/>

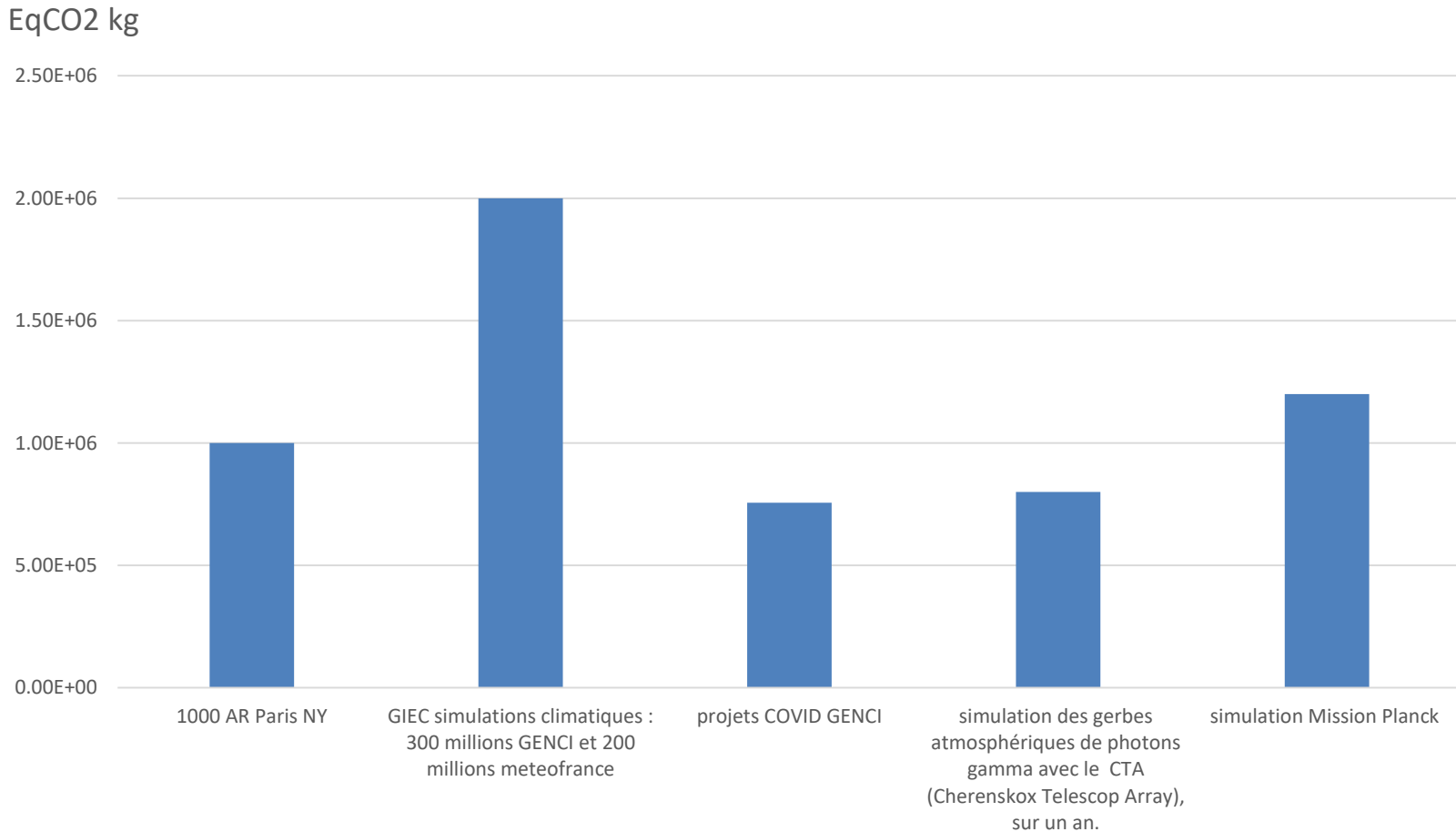
[4] <https://ressources.data.sncf.com/explore/dataset/emission-c02-tgv/table/>

[5] Trajet de 473km, pour une voiture émettant 0,140 kg CO₂/km

[6] <https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/1281320/ip1445.pdf>

Facteur d'impact : 0,108 kgCO₂/kWh (FR)

Exemples impact eqCO2 projets de recherche



+ hors échelles : LHC avec 28000 AR Paris NY : Boson de Higgs :

4 expériences LHC (Grand collisionneur de hadrons) qui enregistrent les particules issues des collisions entre proton

Total approximatif heures de calcul sur 1 an = 7Md heures de calcul = 28 000 tonnes EqCO2

Sources : Données GENCI et estimations après enquêtes non officielles (Planck et LHC)
Estimation faite en utilisant le facteur de conversion 1 heure de calcul = 0.004 kg EqCO2

Plaquette Écoconception Service Numérique

Je code : les bonnes pratiques en éco-conception de service numérique à destination des développeurs de logiciels

Cyrille Bonamy (1) , Cédric Boudinet (2) , Laurent Bourgès (3) , Karin Dassas (4) , Laurent Lefèvre (5) , Benjamin Ninassi (6) , Francis Vivat (7)

[Afficher plus de détails](#)

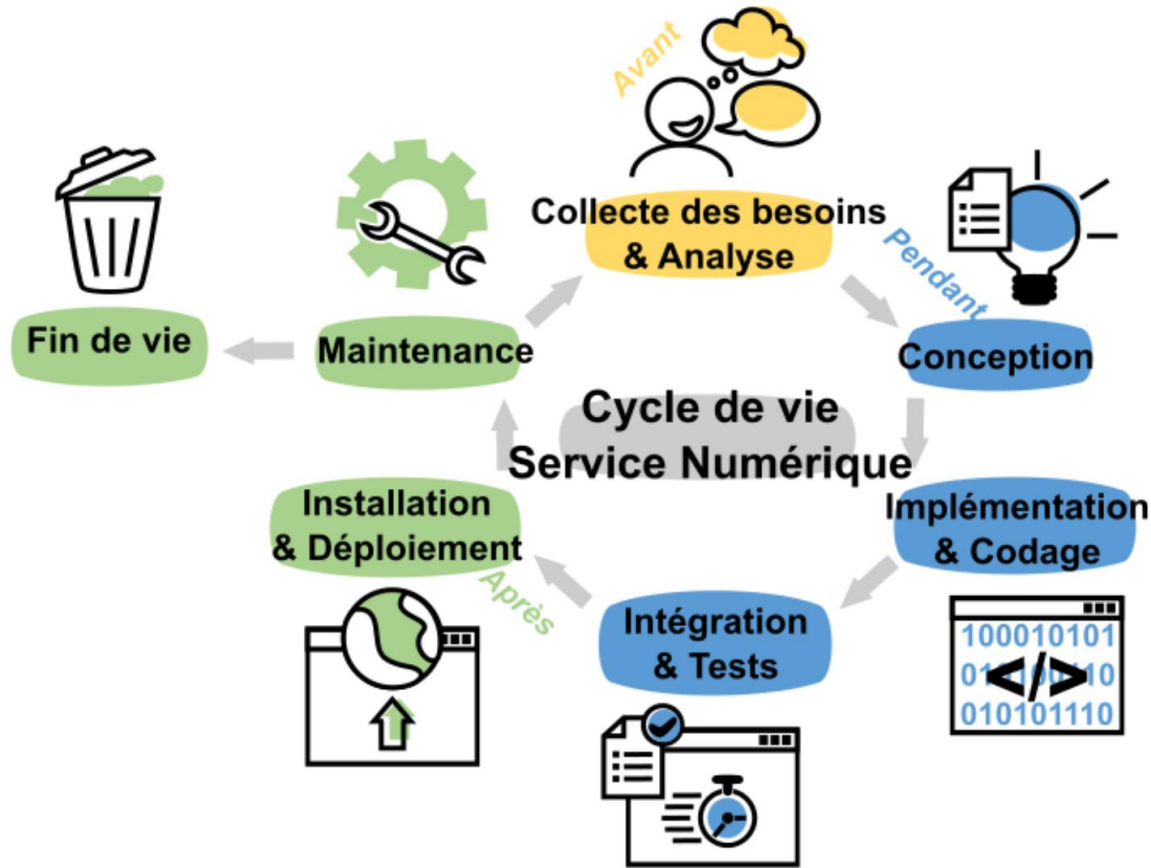


- 1 LEGI - Laboratoire des Écoulements Géophysiques et Industriels [Grenoble]
- 2 G2ELab - Laboratoire de Génie Electrique de Grenoble
- 3 OSUG - Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble
- 4 CESBIO - Centre d'études spatiales de la biosphère
- 5 AVALON - Algorithms and Software Architectures for Distributed and HPC Platforms
- 6 Inria Rennes - Bretagne Atlantique
- 7 LATMOS - Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales



<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03009741/>

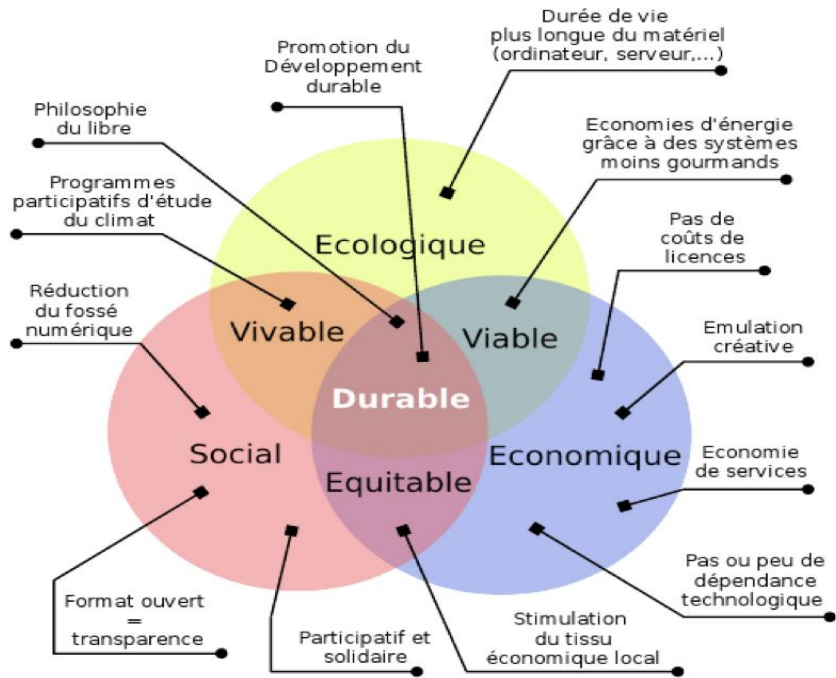
Agir à chaque étape : avant en orange



Marie Chevallier, 2023

Agir à chaque étape : avant (pages 5 / 6)

Je favorise le libre : **réutiliser des briques logicielles et contribuer aux communs**



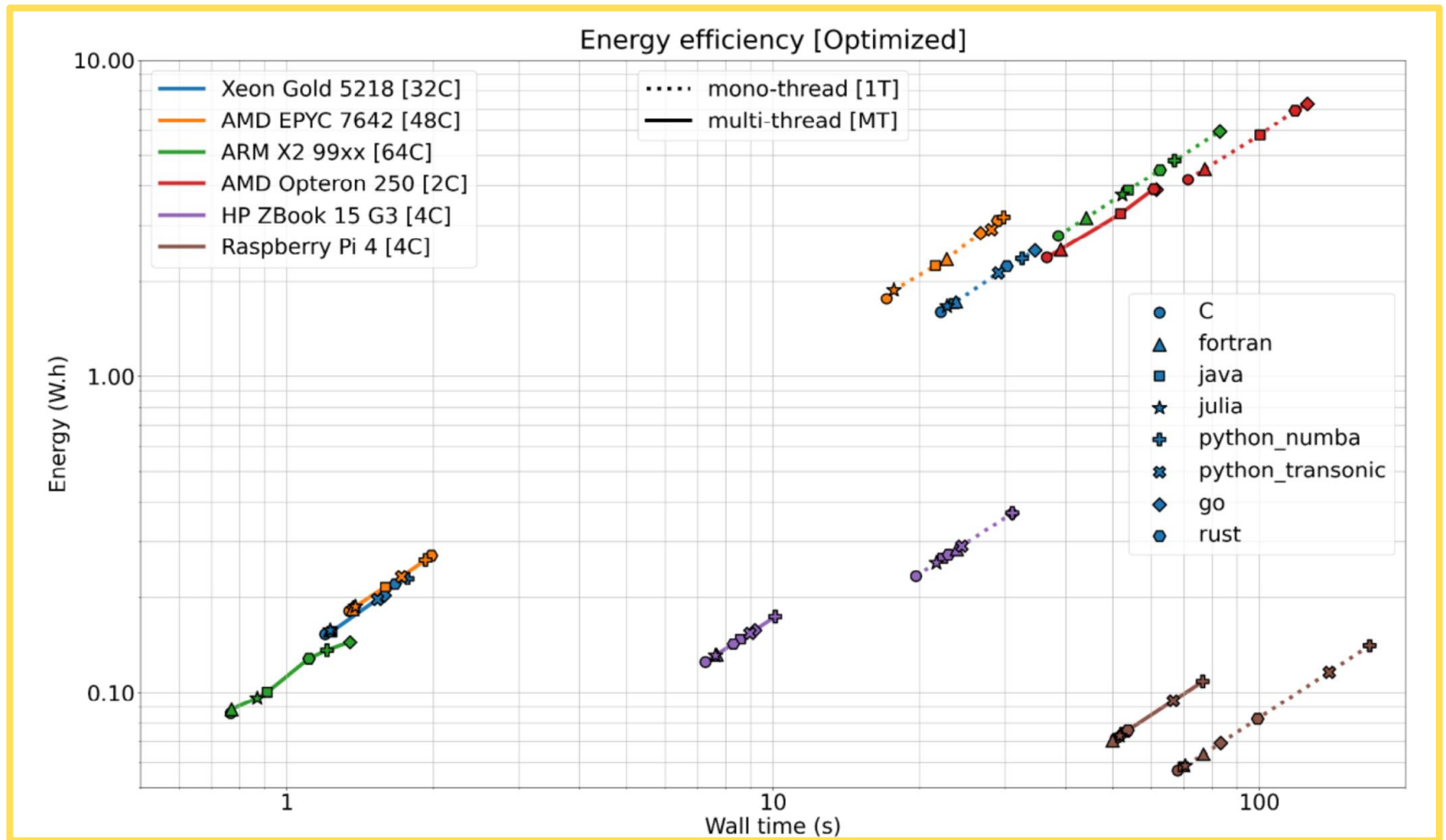
CC BY-SA [ll-dd.ch \[5.1\]](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Je maîtrise le nombre de fonctionnalités logicielles : **accroître la durée de vie**

Je réfléchis au déploiement du service : **s'adapter au mieux au contexte**

Je n'oublie pas les aspects sécurité : **faille = risque d'obsolescence**

Agir avant : Je choisis mon langage et/ou ma pile logicielle : tout est affaire de compromis

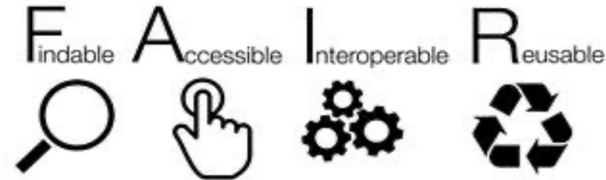


Ref 7.6 dans <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03009741/>

Agir Avant

Je planifie la gestion des données : **durabilité, diminution des développements redondants**

Suivre le principe FAIR permet de réduire l'empreinte environnementale pour plusieurs raisons :



source :SangyaPundir CC BY-SA 4.0

- **Interopérabilité** : les données doivent être faciles à combiner avec d'autres jeux de données, à la fois par les humains et par les systèmes informatiques. Choisir de rendre les données interopérables permet d'éviter de multiplier des données avec des formats différents : diminution du nombre de données et du coût de conversion.
- **Open Data / Reproductibilité** : rendre les données et les codes sources facilement accessibles (référence DOI pérenne) et reproductibles permet de réduire l'empreinte environnementale en évitant des doublons. Moins de stockage (utilisation de web-services), moins de développement redondant.

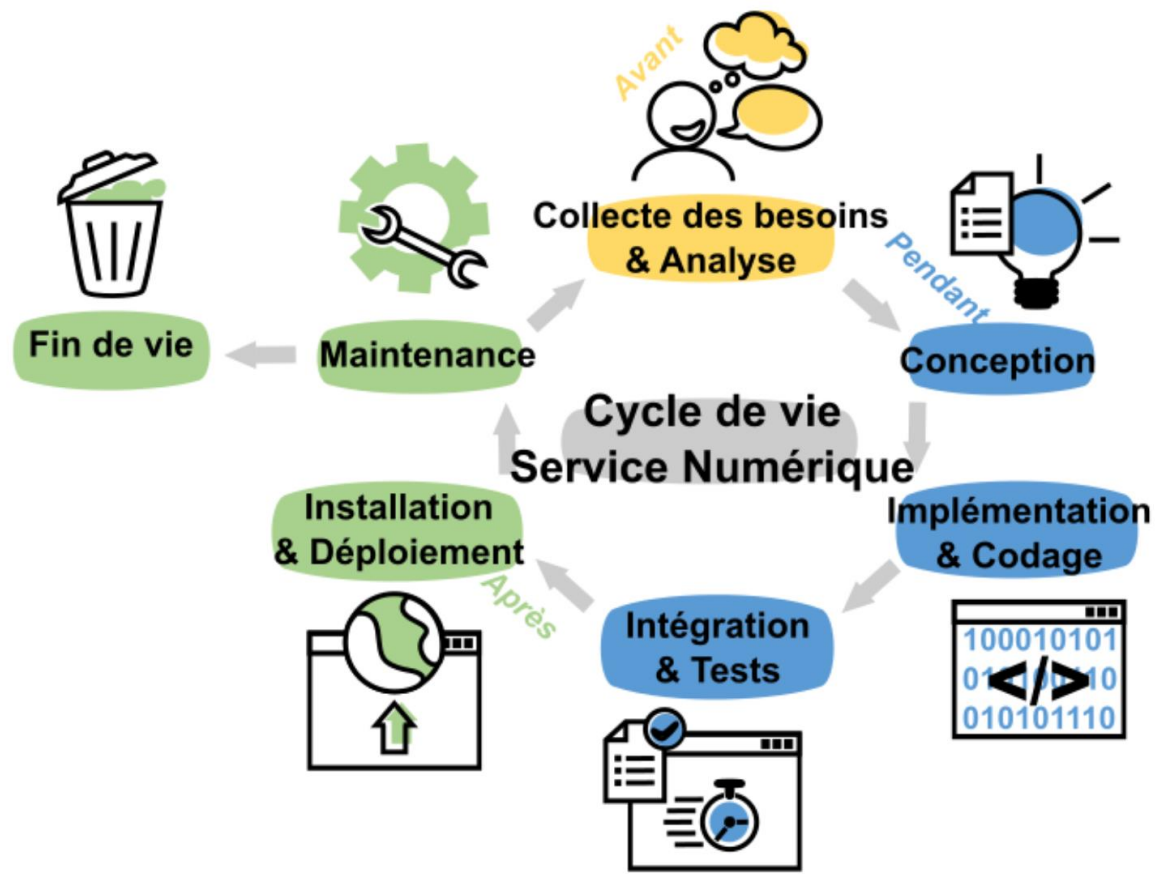
De nombreuses ressources existent : [Force11 principes FAIR \[8.1\]](#) / [directive européenne \[8.2\]](#) / [European Open Science Cloud \[8.3\]](#) / [Research Data Alliance \[8.4\]](#) ou encore cette [infographie FAIR interactive \[8.5\]](#) proposée par l'URFIST Méditerranée.

Les objectifs souvent cités d'un [plan de gestion de données \(DMP\) \[8.6\]](#) de la recherche sont les suivants : améliorer l'impact des projets de recherche et leur contribution scientifique, et même satisfaire les exigences de financeurs. Un des autres objectifs de ce plan est environnemental : un plan correctement fait permet d'aboutir à des données FAIR. Quelques exemples de DMP sur le site [OPIDoR \[8.7\]](#), voir aussi [sprint PGD \[8,8\]](#) de Dataactivist.

Le [Règlement Général sur la Protection des Données \[8.9\]](#) définit un cadre strict sur la collecte des données personnelles à minima, ainsi que leur durée de rétention et de conservation la plus courte. Voir aussi l'[Atelier des données \[8.10\]](#) et la plateforme de formation [DORANum \[8.11\]](#)

Je pense aussi aux principes FAIR pour le logiciel : [FAIR4RS \[8.12\]](#)

Agir à chaque étape : Pendant en bleu



Marie Chevallier, 2023

Agir Pendant

J'optimise mon code (oui mais...)

Attention à l'effet rebond :



Optimiser un logiciel peut induire à lancer davantage d'opérations ou traiter davantage de données, donc l'empreinte écologique du service ne sera pas réduite (Paradoxe de Jevons).

L'optimisation devrait servir simplement à réduire la consommation énergétique et des ressources, et si possible d'arriver plus vite au résultat. Chaque exécution a un impact !

Il est primordial de n'optimiser que ce qui a le plus d'impact (Loi de Pareto).

Outil de versionning (oui mais...)

J'utilise un outil de gestion de version, mais :

- j'évite ou limite d'y stocker les paquets binaires et les jeux de données non indispensables
- je ne place pas en gestion de version les produits de compilation ni les fichiers de sortie

Intégration continue (oui mais...)

- je réfléchis à mon Intégration Continue (CI). Je choisis un docker de taille minimum, j'active ma CI uniquement sur certaines branches et j'envisage une exécution programmée. Ainsi je n'exécute pas tous les tests et ne produis pas tous les fichiers à chaque modification
- je surveille la durée des jobs, leur nombre, la taille des artefacts, le trafic réseau
- je privilégie les forges mutualisées

Agir Pendant

Je mesure les performances : **identifier en fonctionnement**

- temps de chargement
- temps d'exécution
- consommation électrique
- consommation des protocoles réseau (par exemple dans l'IOT)
- taille des données
- nombre de requêtes
- performance web
- mesure émissions carbone

Exemples d'outils : Firefox web tools (trafic, requêtes, JavaScript), Apache JMeter (scénarios web), ecoindex (web), profiler intégré et adapté au langage, CodeCarbon, Green Algorithms, KDE eco)

- Ecoindex : 2,04 gCO₂e
- Website carbon : 0.31 g CO₂e
- Carbonalyzer : 1 gCO₂e
- Greenpixie : 0.44 gCO₂e
- Karma metrix : 1.025 gCO₂e
- Ecograder : 0.4g CO₂e
- Greenspector : 4.19 mAh

Facteur 10 x 1000 000 vues ?

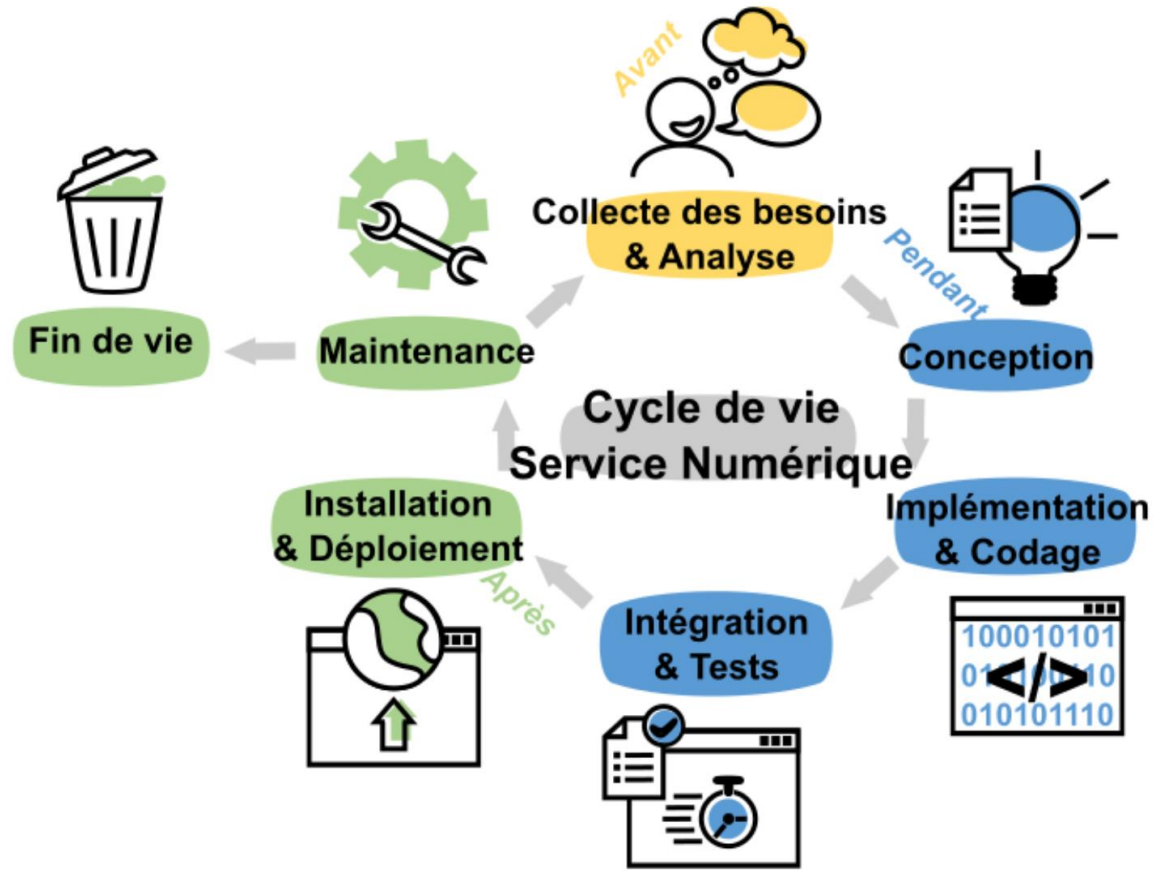
⇒ Pas de convergence méthodologique

⇒ Mesurer pour réduire, pas pour communiquer

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03009741/>



Agir à chaque étape : après en vert



Marie Chevallier, 2023

Agir Après

Déploiement : **sobriété numérique**

- hébergement mutualisé, labellisé COC, au plus près des données et des utilisateurs
- virtualisation, sauf cas particuliers (HPC)
- attention aux effets rebond : multiplication des machines virtuelles, services

Production : **amélioration continue**

- supervision et alertes : pics CPU, ressources, consommation électrique
- adapter service en fonction des usages
- Réduire fréquences et volumes des sauvegardes

Exemples d'outils de supervision : top, vmstat, zabbix, scalasca, nagios, prometheus, grafana

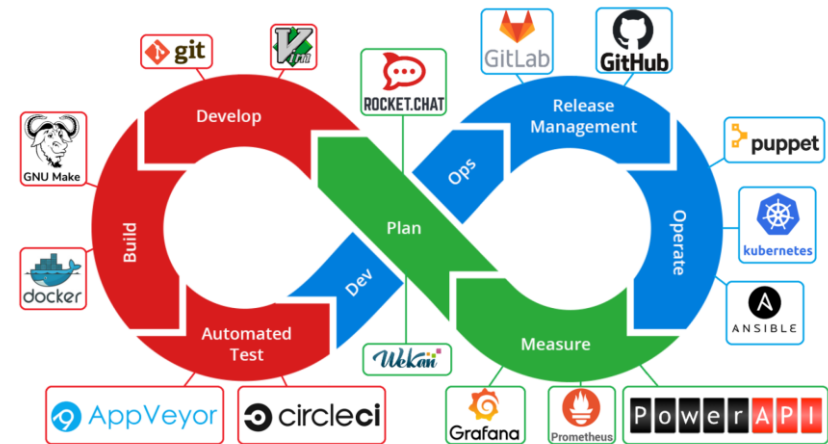
Je distribue et maintiens mon code : **favoriser la durabilité et la simplicité**

Diffusion

- je dépose le logiciel en un endroit unique et facilement accessible

Gestion des mises à jour

- je réduis la taille des produits logiciels
- je rationalise leur nombre leur fréquence et leur taille



Exemples d'outils utilisés pour l'amélioration continue du service numérique
(source : PNGEgg, adaptée par C. Bonamy)

Exemples d'outils utilisés pour l'amélioration continue du service numérique
(source : PNGEgg, adaptée par C. Bonamy)

Agir Après : fin de vie

J'archive :

- Je déclare auprès de **Software Heritage** et je **sauvegarde sur un stockage froid** les données essentielles

Je mets hors service : **éviter les logiciels et les données « Zombies »**

- J'accompagne **les utilisateurs**
- Je mets à jour **la documentation**
- Je met à jour **les outils et procédures de support**
- Je supprime les installations du **logiciel**
- Je supprime les **données** : bases de données, fichiers plats
- J'arrête et désinstalle les **services nécessaires**
- J'arrête les **machines virtuelles et containers**
- Je supprime les **sauvegardes** nécessaires au PRA
- Je supprime les références et traces d'exécution dans les outils de **supervision**
- Je vérifie les **dépendances mutualisées**
- Je met à jour la **cartographie applicative** et autres référencements du logiciel

Fiches spécifiques

+ des fiches dédiées :

- Calcul Scientifique
- GPU/IA
- Web services

+ des encarts dédiés :

- Plateformes embarquées / objet connectés
- Appli mobile
- Sécurité

Complémentaire des autres guides et référentiels de bonnes pratiques référencés en bibliographie

[1.2] https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02083801/file/20191202_plaquette_developpement_V1.1.pdf

[1.3] https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02400300/file/20191202_plaquette_diffusion_V1.1.pdf

[1.4] https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02399517/file/20191202_plaquette_pi_licences_V1.1.pdf

[16.1] <https://ecoresponsable.numerique.gouv.fr/publications/referentiel-general-ecoconception/>

[17.1] <https://www.ssi.gouv.fr/guide/recommandations-pour-la-securing-des-sites-web/>

<https://accessibilite.numerique.gouv.fr/>

<https://gr491.isit-europe.org/>

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03009741/>

Deux leviers fondamentaux

Equipements

- Eviter d'introduire de nouveaux équipements
- Eviter de provoquer l'obsolescence matérielle
- Concevoir pour le maillon faible
- Penser la rétrocompatibilité
- Penser et utiliser "low-tech"
- Garantir l'accessibilité étendue (débit limité,...)

Consommation de ressources

- Limiter aux fonctionnalités nécessaires
- Réduire la charge sur les infrastructures
- Développer sous contraintes (ram, cpu, network...)
- Eteindre
- Choisir le bon hébergeur (local/national - public/privé)



ECO-CONCEPTION



Sobriété = consommer le juste nécessaire / ne pas gaspiller : achats matériels, heures de calcul, mémoire, stockage, archivage

Attention aux effets rebonds !

Numérisation des tickets de transport : une approche low-tech ?



- Smartphone compatible NFC
- "Bonjour RATP" app (plusieurs centaines de Mo)
- "Ticket sans contact" app (plusieurs dizaines de Mo)
- Connectivité 3G/4G
- Carte de crédit ou app bancaire
- Aucune information sur la période de validité



- N'importe quel téléphone capable d'envoyer un sms
- Pas besoin de smartphone
- Pas besoin de NFC
- Pas besoin de données (3G/4G)
- Facturé sur l'abonnement téléphonique
- Pas besoin de carte de crédit ou d'application bancaire
- Fourni des informations sur la période de validité

Pour aller plus loin

Mooc de sensibilisation aux impacts environnementaux du numérique :

<https://www.fun-mooc.fr/fr/cours/impacts-environnementaux-du-numerique/>

Ecosystem Impact Recherche / numérique :

<https://ecoinfo.cnrs.fr/>

<https://labos1point5.org>

<https://ecoresponsable.numerique.gouv.fr/>

<https://doranum.fr/>

<https://theshiftproject.org/lean-ict/>

<https://www.planet-techcare.green>

https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/cge/consommation-energie-numerique.pdf

Enjeux globaux :

<https://ecoinfo.cnrs.fr/2023/05/04/anf-2023-impacts-environnementaux-du-numerique-les-8r/>

Écosystème numérique responsable :

<https://aelan.fr/posts/panorama-des-acteurs-numerique-responsable-1ere-edition>



+ tous les liens de la plaquette écoconception: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03009741/>

23 mai 2023

Journée ARAMIS



Merci pour votre attention !