



POUR UNE INFORMATIQUE ÉCO-RESPONSABLE

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

Digital Cleanup Days Toulouse – 2024

K. Dassas (CESBIO/CNRS Ecoinfo)

Sommaire

- Définition
- Contexte
- Périmètre
- Axes thématiques
- Productions
- Structuration

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 et formalisé en GDS en 2012.

Rattaché à l'INS2I (Sciences Informatiques) et l'INEE (Ecologie et Environnement) du CNRS.

Lauréat du [cristal collectif du CNRS 2023](#).

Devenez membre du GDS



LinkedIn

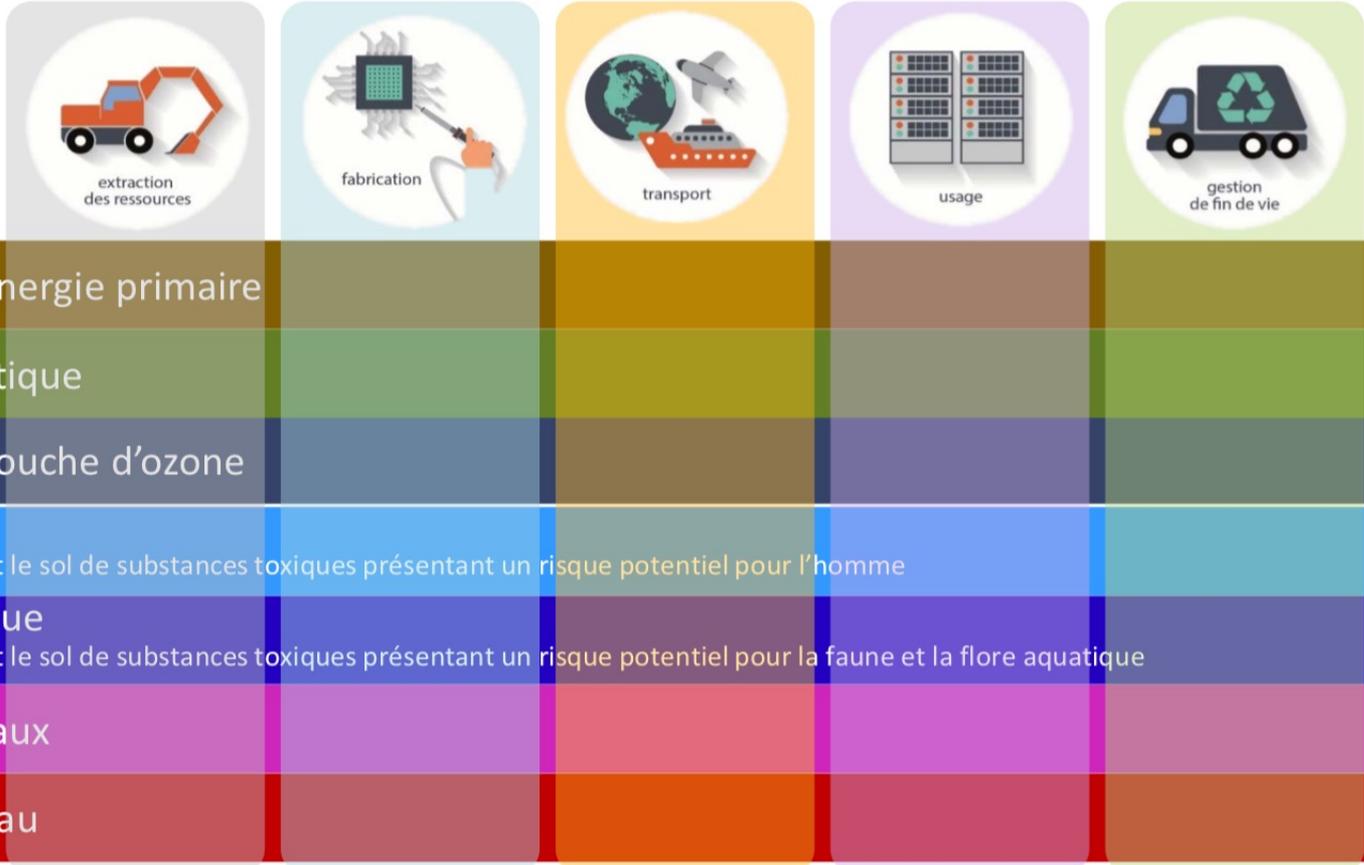


<https://ecoinfo.cnrs.fr/agir-avec-nous/>

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

<https://hal.science/ECOINFO/>

Contexte - Impact environnemental des TICs



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

Contexte

Répartition des impacts selon les 3 tiers en France

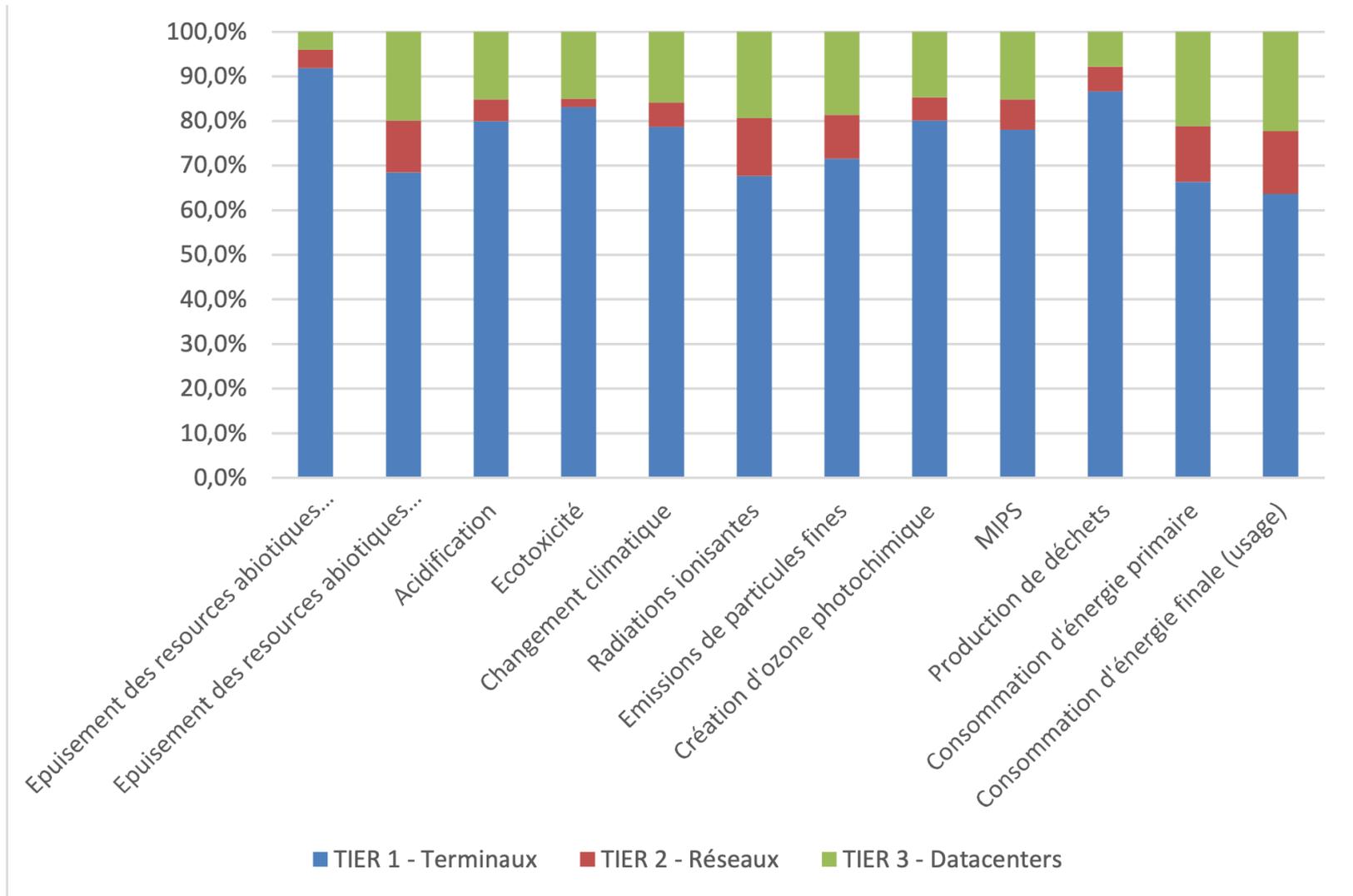
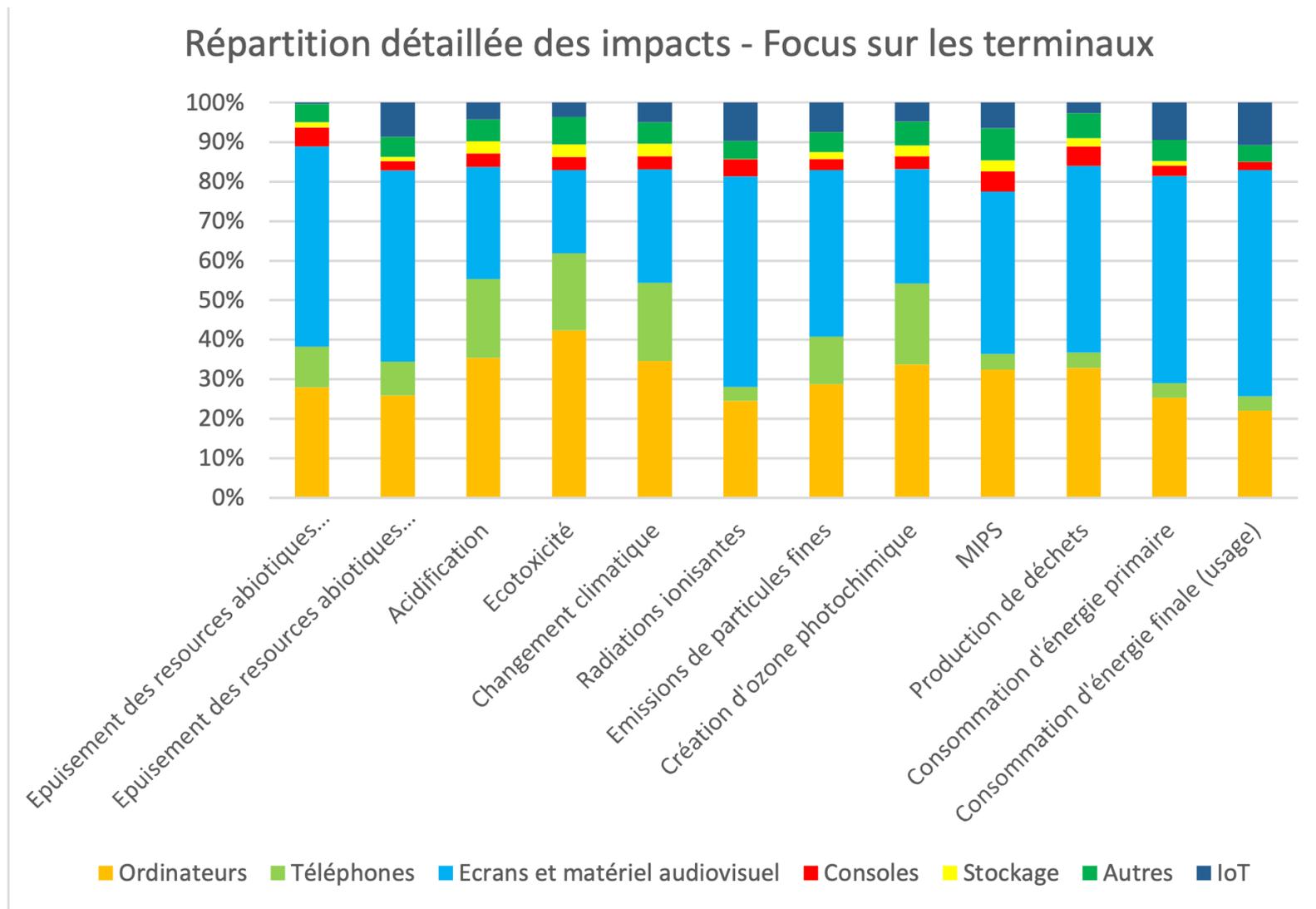


Figure 2 - Décomposition des impacts par tiers des équipements et infrastructures numériques

Répartition détaillée des impacts – Focus sur les terminaux (France)



Répartition détaillée des impacts – Focus sur les datacentres (France)

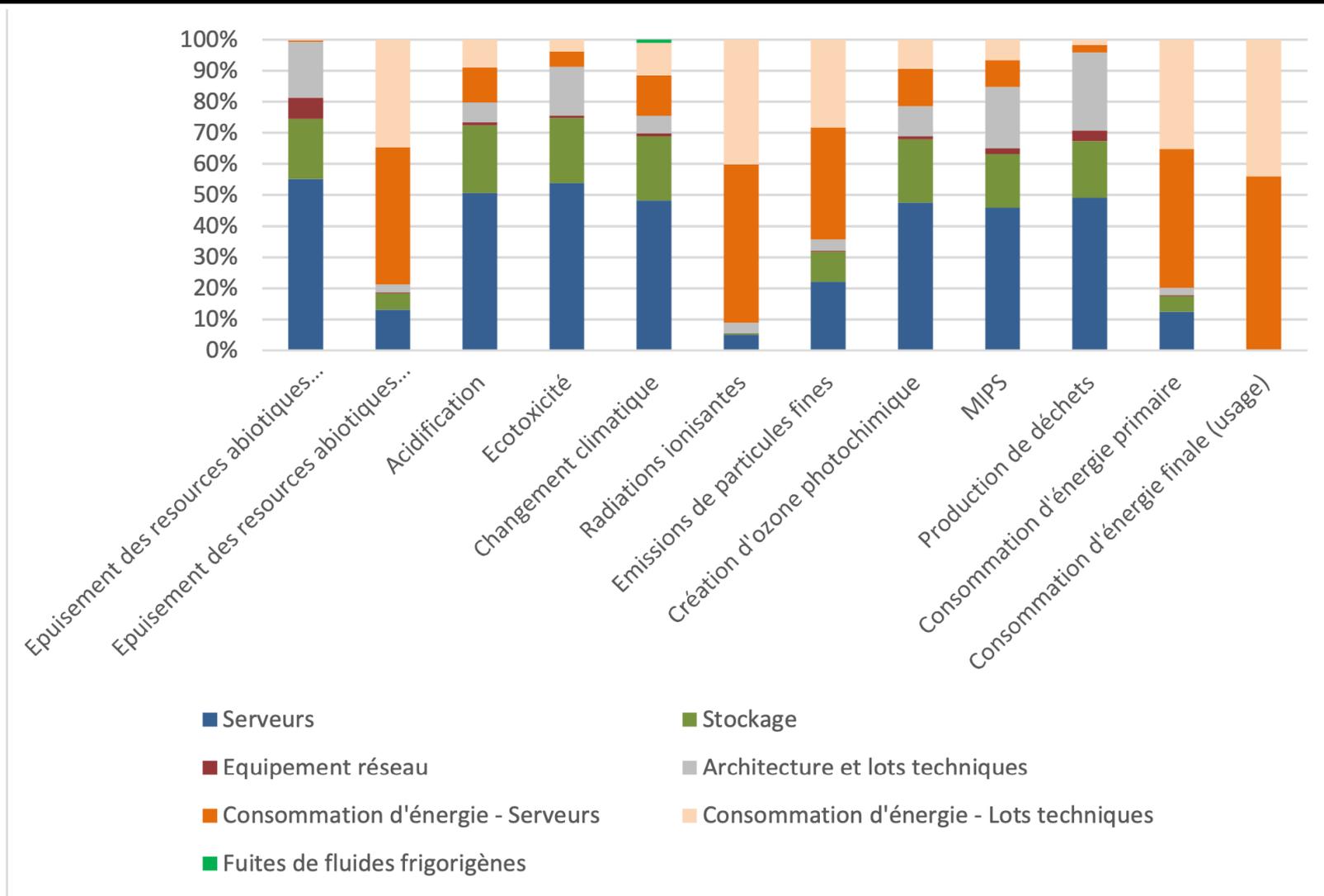


Figure 8 - Datacenters - Analyse de contribution par type d'équipement et de consommation

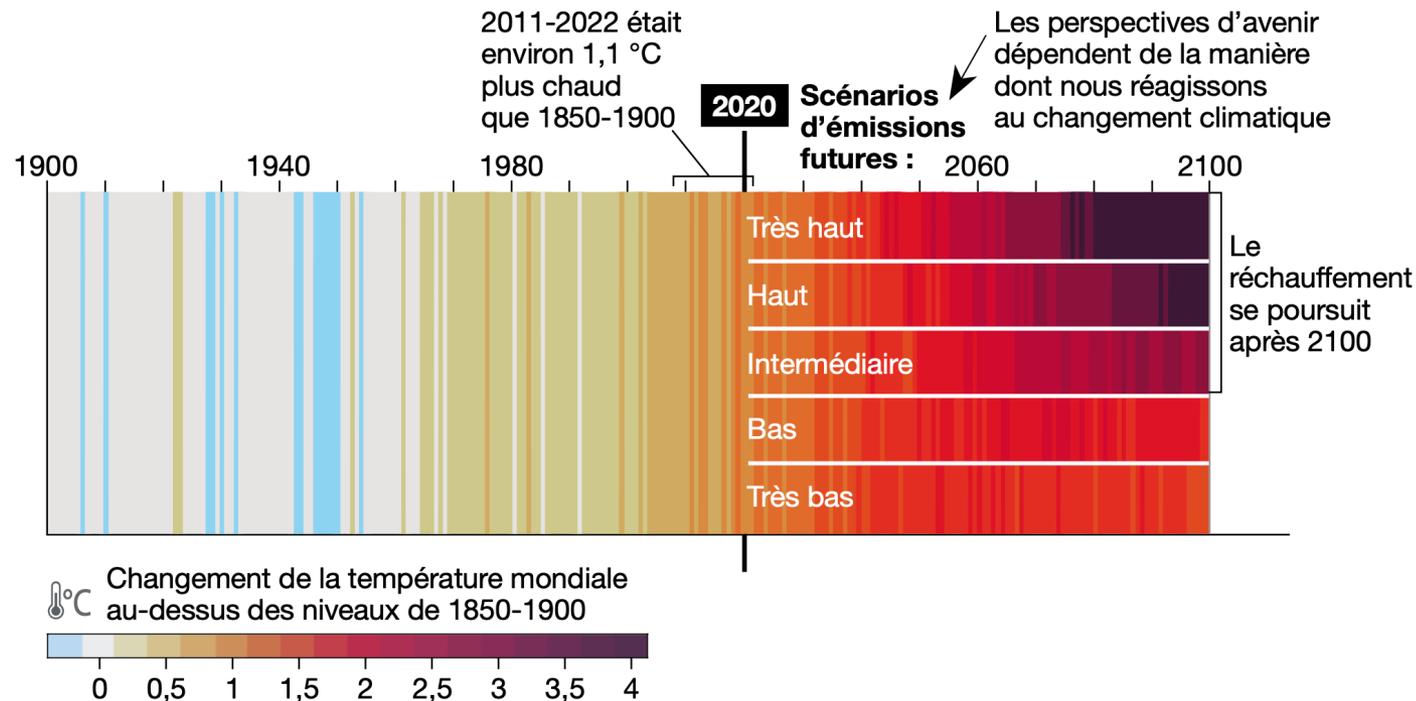
Contexte GES réchauffement climatique

<https://www.notre-environnement.gouv.fr/actualites/breves/article/changement-climatique-de-nouveaux-chiffres-cles-pour-comprendre-les-enjeux#>



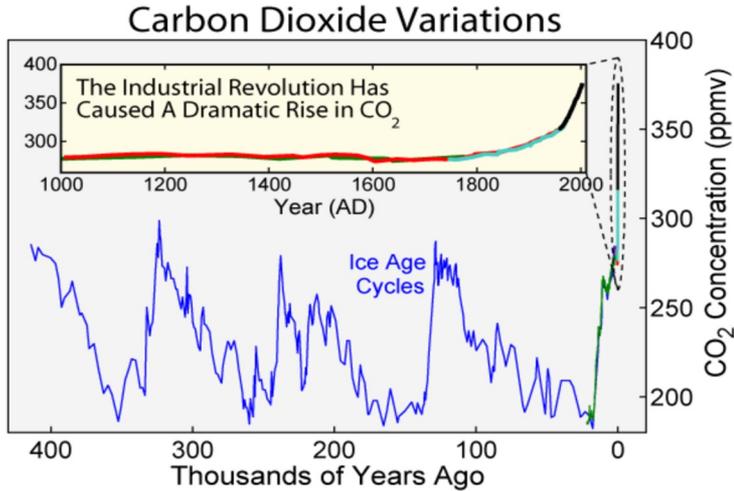
CONSÉQUENCES POUR LE MONDE

Historique des émissions et projection selon les scénarios d'émissions de GES

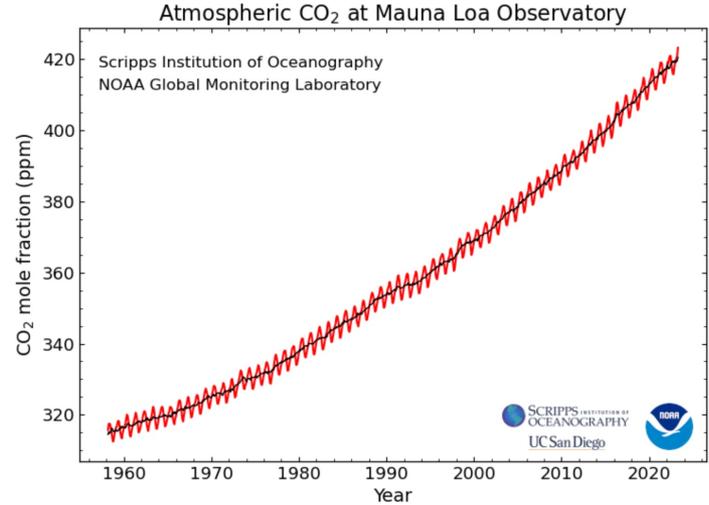


Source : Giec, 6^e rapport, 2022

Contexte GES réchauffement



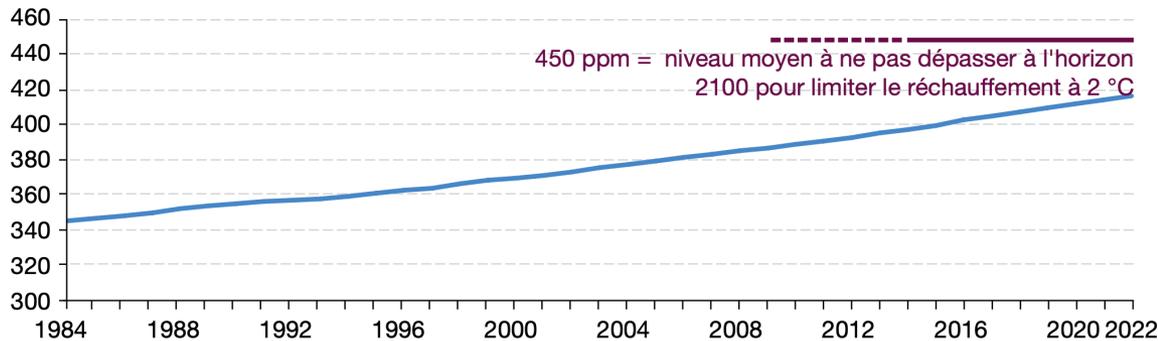
Source: Pierre-Yves Longaretti



<https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>

CONCENTRATION DE CO₂ ATMOSPHERIQUE

En parties par million (ppm)



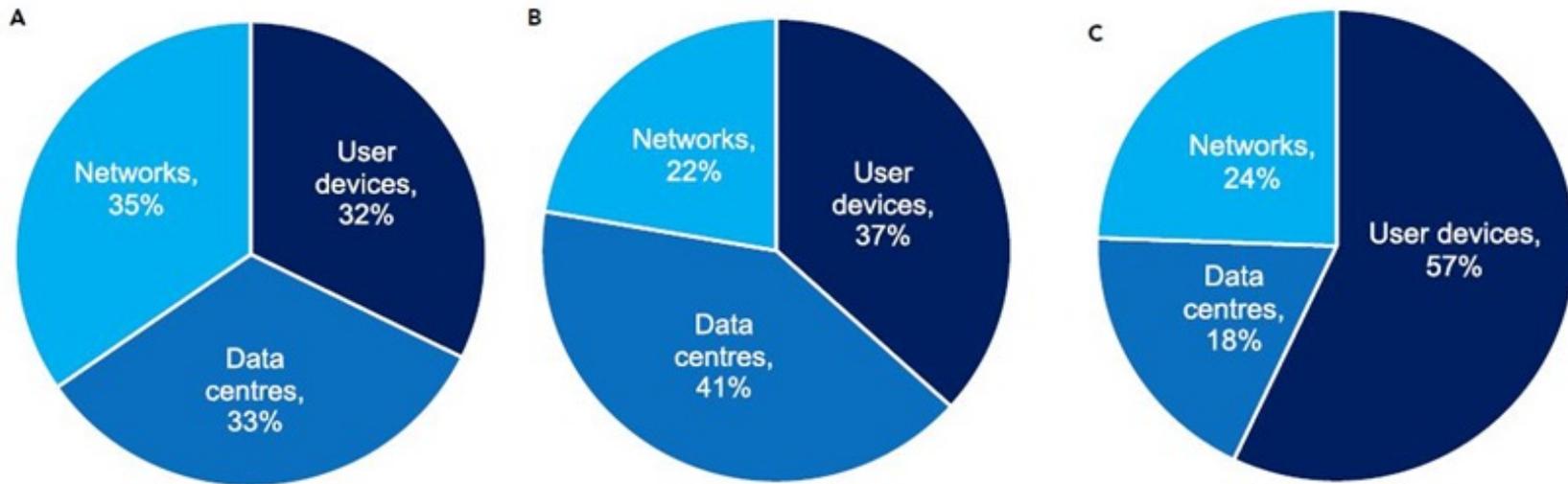
February 2024: 424.55 ppm

February 2023: 420.30 ppm

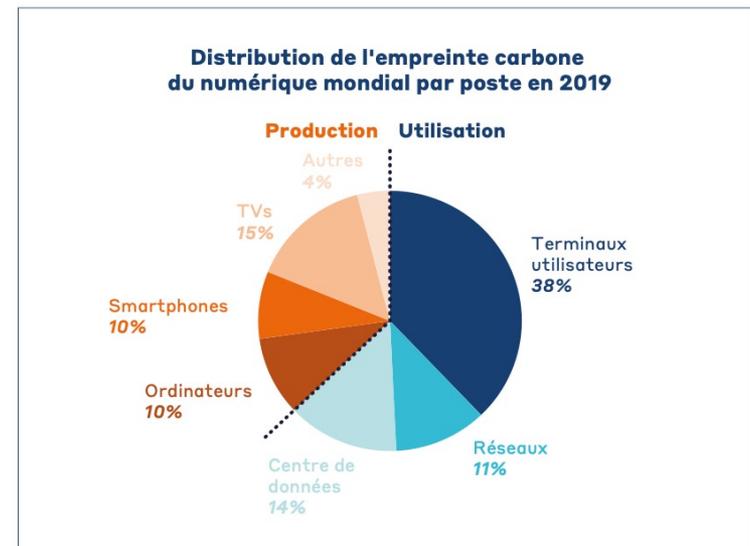
Last updated: Mar 05, 2024

Source : National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA, 2023

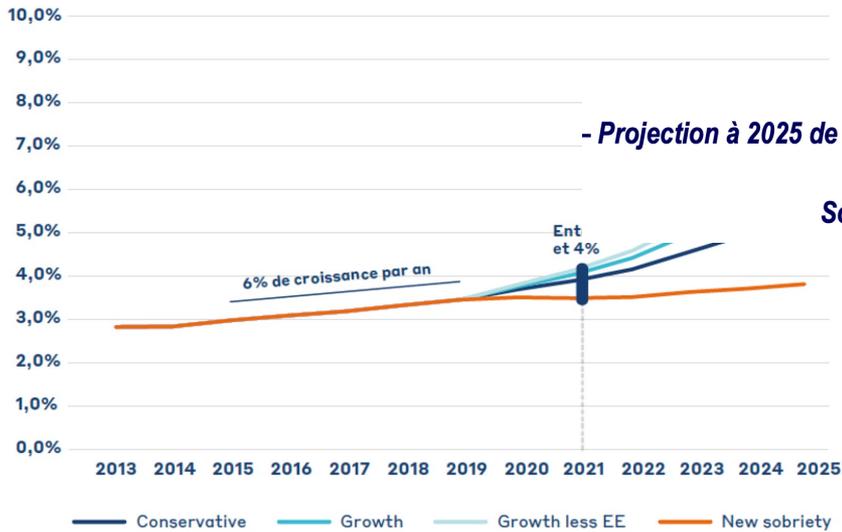
Contexte GES : répartition de l'empreinte carbone sur les 3 tiers dans le monde



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



Part du numérique dans les émissions de GES mondiales



Projection : part numérique émissions de GES mondiales, source The Shift Project 2021

Le scénario « Méta-métavers » est construit de manière à représenter les effets du déploiement de services de mondes virtuels généralisés sur l'impact carbone du numérique mondial.

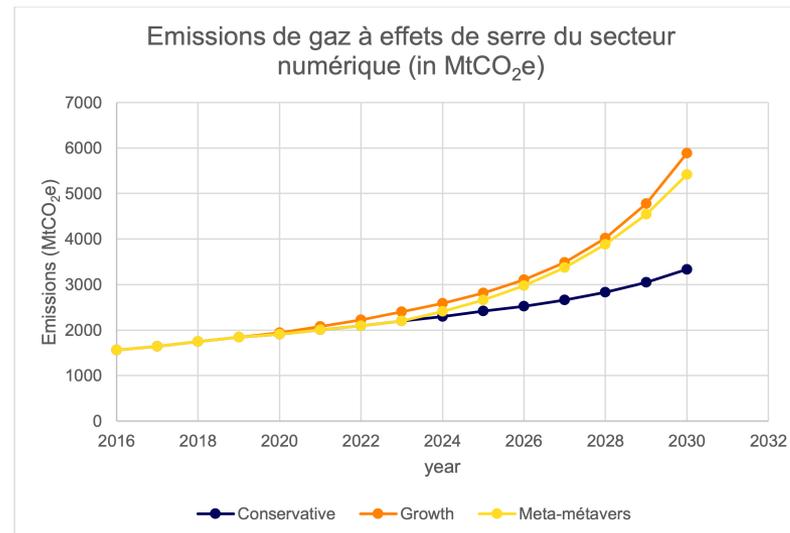


Figure 1 – Evolution 2016-2030 des émissions de gaz à effets de serre du numérique : Scénarios Conservative et Growth 2016-2025 (The Shift Project, 2021) prolongés et scénario Meta-métavers
 Source : The Shift Project, dans le cadre de ce rapport

Le numérique représente 2,5 % de l’empreinte carbone du pays en 2020 et 11 % de la consommation électrique nationale (ADEME & Arcep, 2023; HCC, 2020)*

Contexte GES réchauffement

Scénarios tendanciels GES numérique - France			
en MtCO ₂ e	2020	2030	Evolution
Sénat (2020)	15,4	18,3	19%
HCC (2020)	15,2	20,3	34%
ADEME-Arcep (2023)	17,2	25	45%

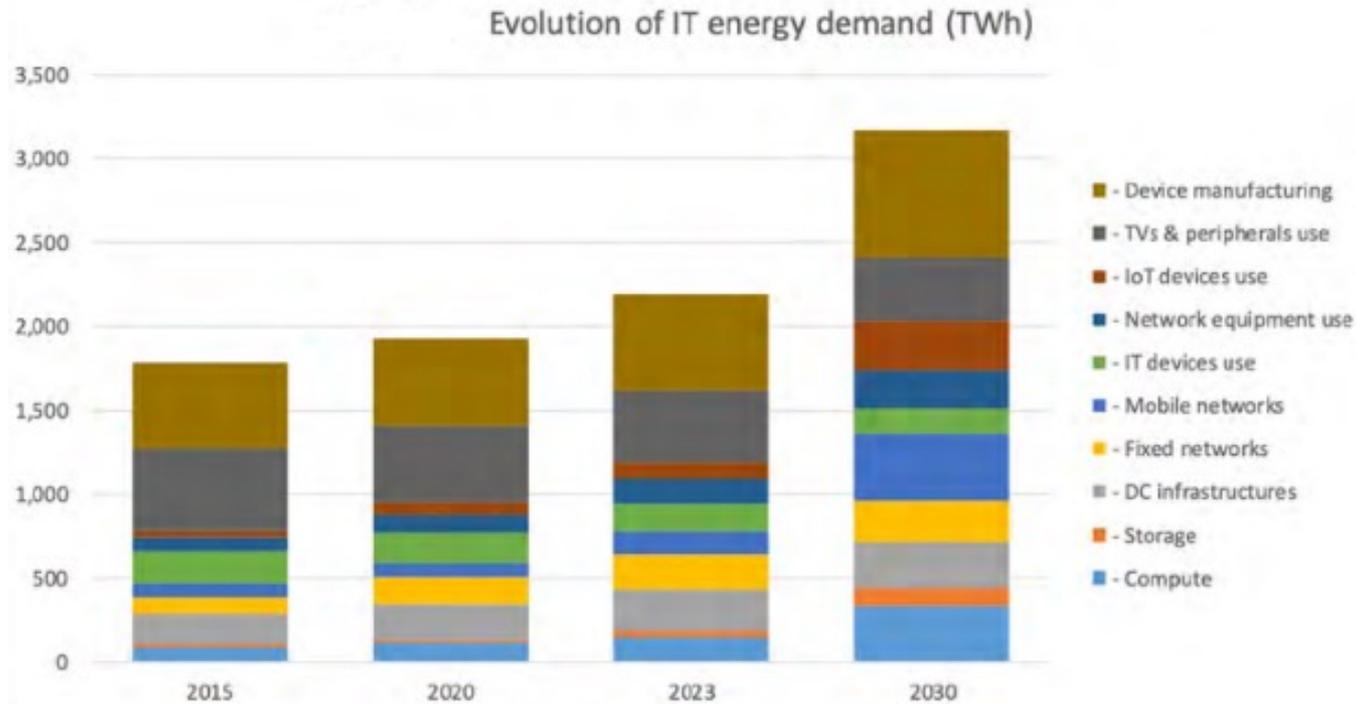
Tableau 1 - Projections de l’empreinte carbone du numérique en France (scénarios tendanciels)
Source : (ADEME & Arcep, 2023; HCC, 2020; Sénat, 2020)

Scénarios tendanciels Consommation électrique numérique - France			
en TWh	2020	2030	Evolution
Sénat (2020)	44,2	56	27%
HCC (2020)	44,4	67,2	51%
ADEME-Arcep (2023)	51	54,4	7%
Estimation The Shift Project	51,2	66,9	31%

Tableau 2 - Projections de la consommation électrique du numérique en France (scénarios tendanciels)
Source : (ADEME & Arcep, 2023; HCC, 2020; Sénat, 2020; The Shift Project, 2023)

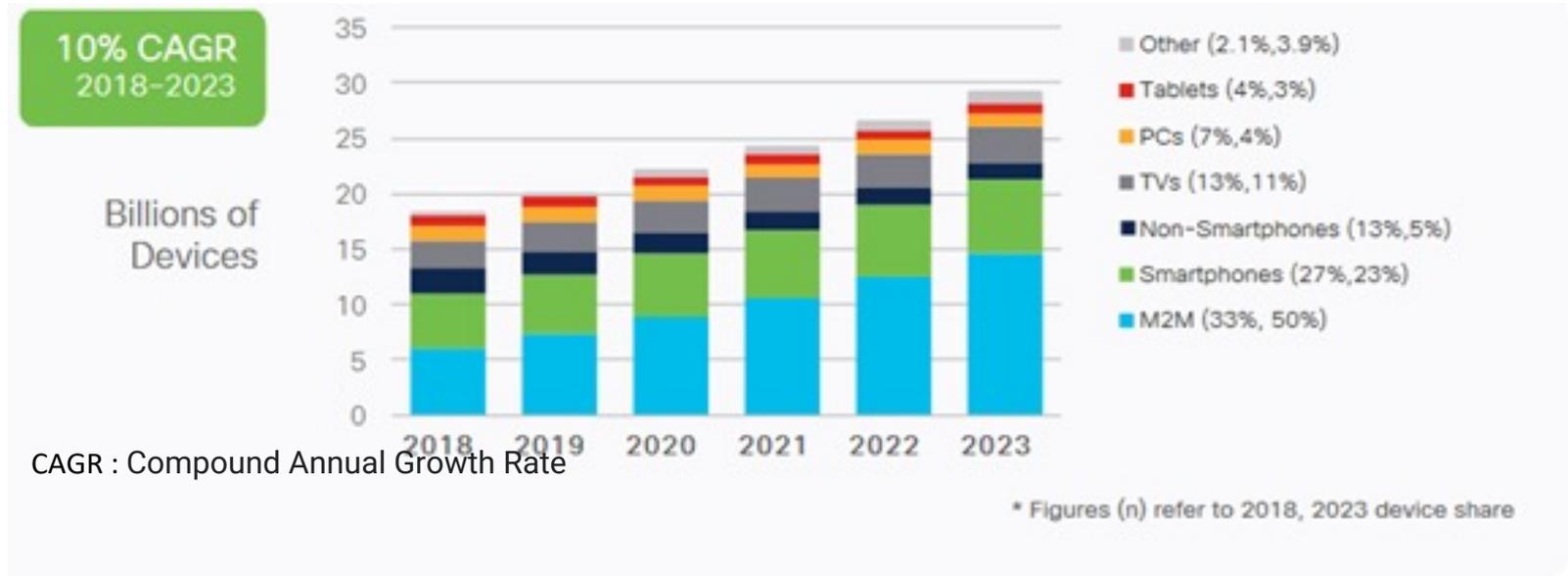
*https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2023/05/Note-danalyse_Planifier-la-decarbonation-du-systeme-numerique-en-France_Mai2023.pdf

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



Schneider - Digital Economy and Climate Impact, 2021

Une demande en équipements en forte croissance (monde)



- **10% de croissance annuelle**

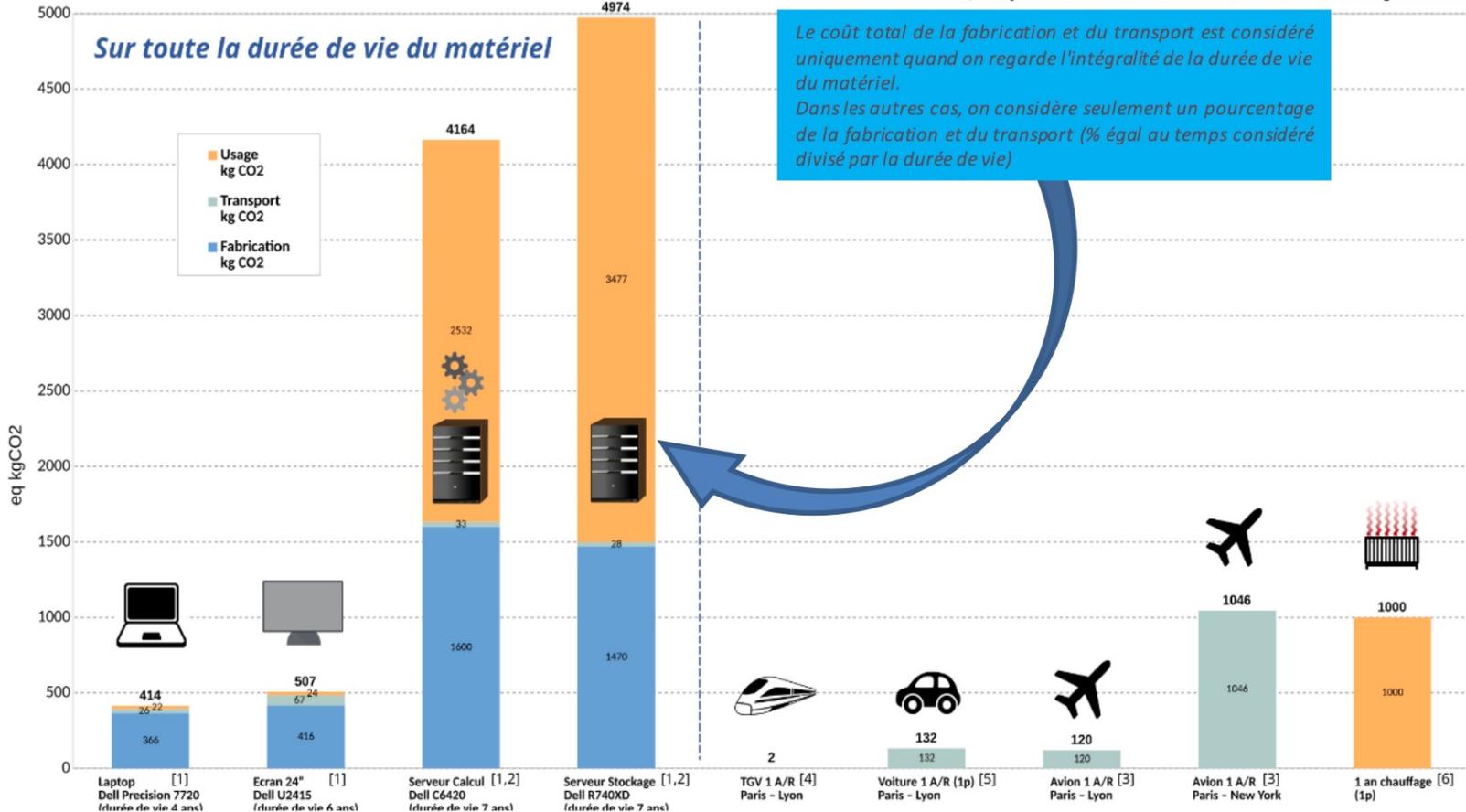
- ⇒ **30 milliards d'objets en 2023**

- ⇒ **75.44 milliards en 2025** (Freitag et al.) (déploiement massif de l'IOT)

Emissions GES = Ordres de grandeur

Comparatif d'émissions CO2

Par Jérémy Wambecke & Carole Plasson (C) 2019, Laurent Bourghès (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-co2-tgv/table/>

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

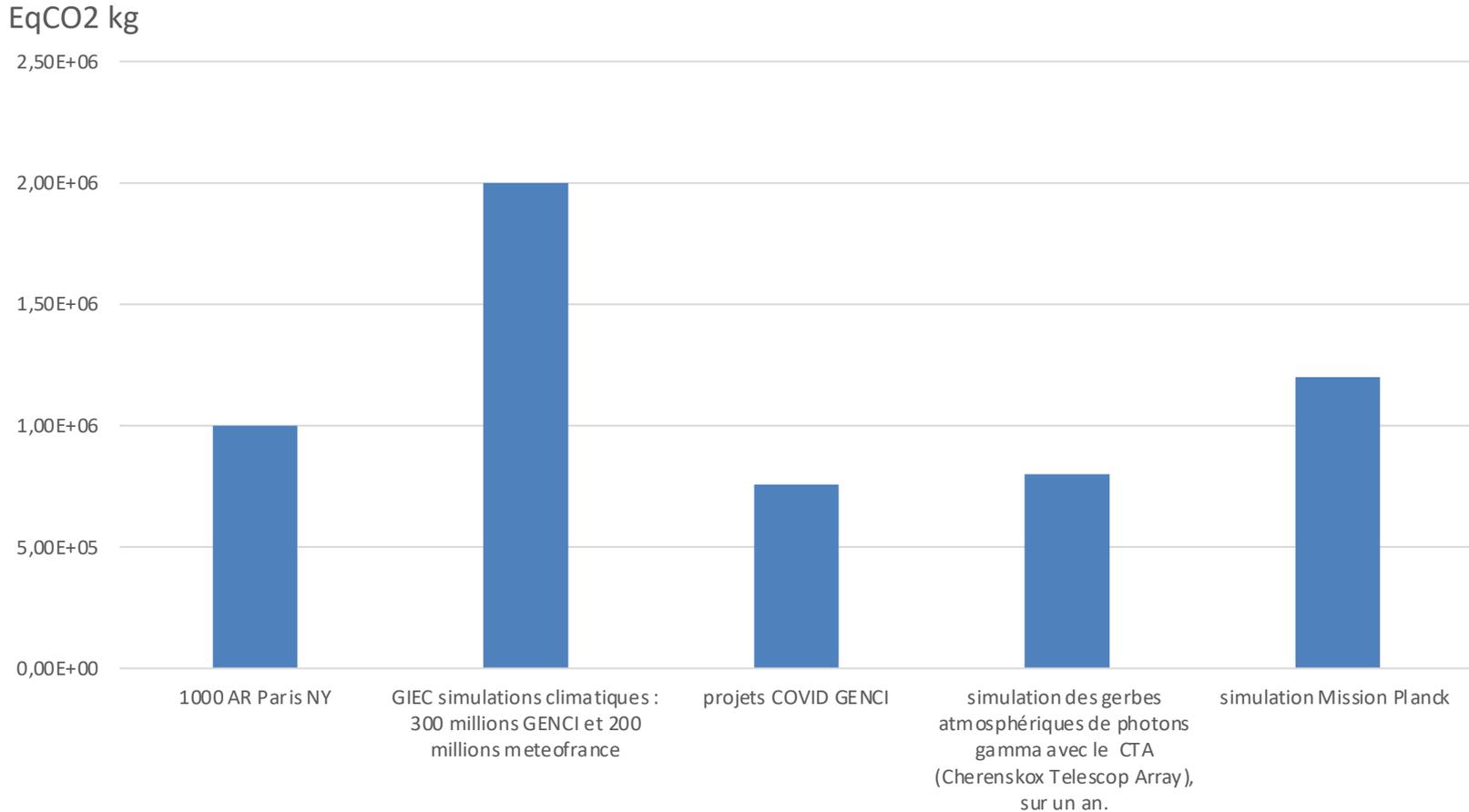
[6] <https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/1281320/ip1445.pdf>

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

Attention, graphe à refaire avec facteur émission France revu : 0,0599 kg eq CO₂/Kwh à la place de 0,108

--> 3,6geqCO₂ coeurCPU à la place de 4.68

Exemples impact eqCO2 projets de recherche



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

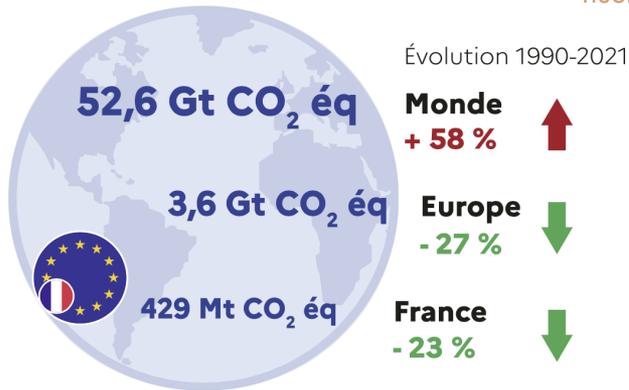
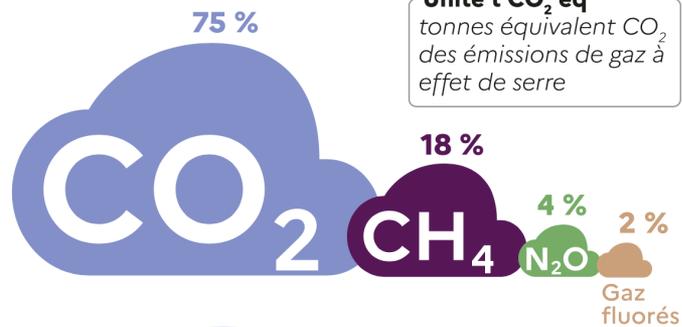
4 expériences LHC (Grand collisionneur de hadrons) qui enregistrent les particules issues des collisions entre proton

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

Emissions GES = Ordres de grandeur

Émissions de gaz à effet de serre* en 2021



* Hors UTCATF : utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

Source : EDGAR

Impact environnemental heures de calcul

Chiffres à comparer aux émissions GES mondiales.

<https://www.globalcarbonproject.org>



(Still) Dare mighty things (slogan JPL) !

Pas une raison pour ne pas adopter les bonnes pratiques !



GDS Ecoinfo

GDS EcoInfo

- **Évaluation** : mesurer, modéliser, simuler, de façon qualitative et quantitative, les impacts environnementaux
- **Efficacité** : rendre un même usage avec un impact moindre, optimiser les systèmes
- **Sobriété** : redéfinir les usages, réorienter les besoins, en lien avec les enjeux planétaires
- **Résilience** : définir le type de numérique qui aiderait à faire face aux situations de ruptures

Périmètre

- **Numérique :**

- Équipements (ordinateurs, tablettes, téléphones mobiles, serveurs, etc.)
- Infrastructures (centres de calcul, réseaux d'accès à Internet, etc.)
- Technologies (5G, fibre optique, etc.)
- Sciences du numérique (algorithmes, IA, langages de programmation, etc.)



- **Tout le cycle de vie** : fabrication, transport, usage, fin de vie.
- **Multicritères** : utilisation de ressources primaires, consommation d'énergie, émissions de gaz à effet de serre, effets rebond, etc.

- 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.

Actions de terrain

- **Audits** de datacenter (ESR)
- **Préconisations** (Matinfo)
- **Revue critiques** (Shift project, ADEME Negaocet, WeeeDolt...)
- **Enquêtes** (devenir des DEEE dans l'ESR)
- **Définition d'indicateurs spécifiques sur demande** (ministère, académie Science...)
- **Formation et interventions sur demande**

→ *Acquisition d'une expertise terrain complétée par de l'auto-formation et du partage d'expérience.*

→ *Actions qui permettent de comprendre les enjeux.*

Actions de recherche

- **Etudes bibliographiques** (blockchain, 5G...)
- **Propositions d'indicateurs et de méthodologies** (calculs scientifiques, IA, comparaison de langages...)
- **Animation de la recherche** : SHS/leviers d'usages (GT avec le GDR CIS sur les politiques environnementales du numérique), impacts de la recherche (actions avec le GDR Labos1point5), journées thématiques (conférences EcoInfo, GreenDays)...

→ *Thématiques : centre de calculs, IA, 5G, bilan matière, sobriété numérique, effets indirects, résilience...*

Productions et valorisation

- **Données**
 - qualitatives : enquête sur les DEEE
 - quantitatives : campagnes expérimentales avec Renater (réseau telecom, visio), mesures d'efficacité énergétique langages, fiches PC...
- **Indicateurs** : impact projet IA, bilan matière, sobriété d'un site web, coût CO2 heure de calcul ...
- **Outils génériques** : Ecodiag
- **Études biblio** : IA, 5G, effet rebond, low tech (stage réseau low tech)...

Productions et valorisation

- **Préconisations** : MatInfo5, audit DC, participation spec AFNOR IA frugale, revues critiques...
- **Guides de bonnes pratiques** (à destination du grand public/ESR) : écoconception logicielle, gestion DEEE, audit DC, numérique responsable (DINUM)...
- **Outils de formations** : ANF, référentiel de compétences pour les plans de formation des universités et écoles d'ingénieur.es, participations à des MOOC, TPs Ecoconception...

Structuration d'EcolInfo

- 69 membres + 290 sur la liste forum
- Animé par un **bureau** (6 personnes)
- Organisé en **groupes de travail**
- Restructuration en cours -> GDRS (Recherche et service)

- **Visio mensuelle** et des points focus
- **Café virtuel** toutes les 2 semaines

- **Journées annuelles** : une fois par an en présentiel, pour les membres EcolInfo
- **Autres événements** : ANF, stand JRES...
- **Journées thématiques** : La santé et les écrans, JRAF, GreenDays (Toulouse 27/28 mars 2024 !)

<https://ecoinfo.cnrs.fr>

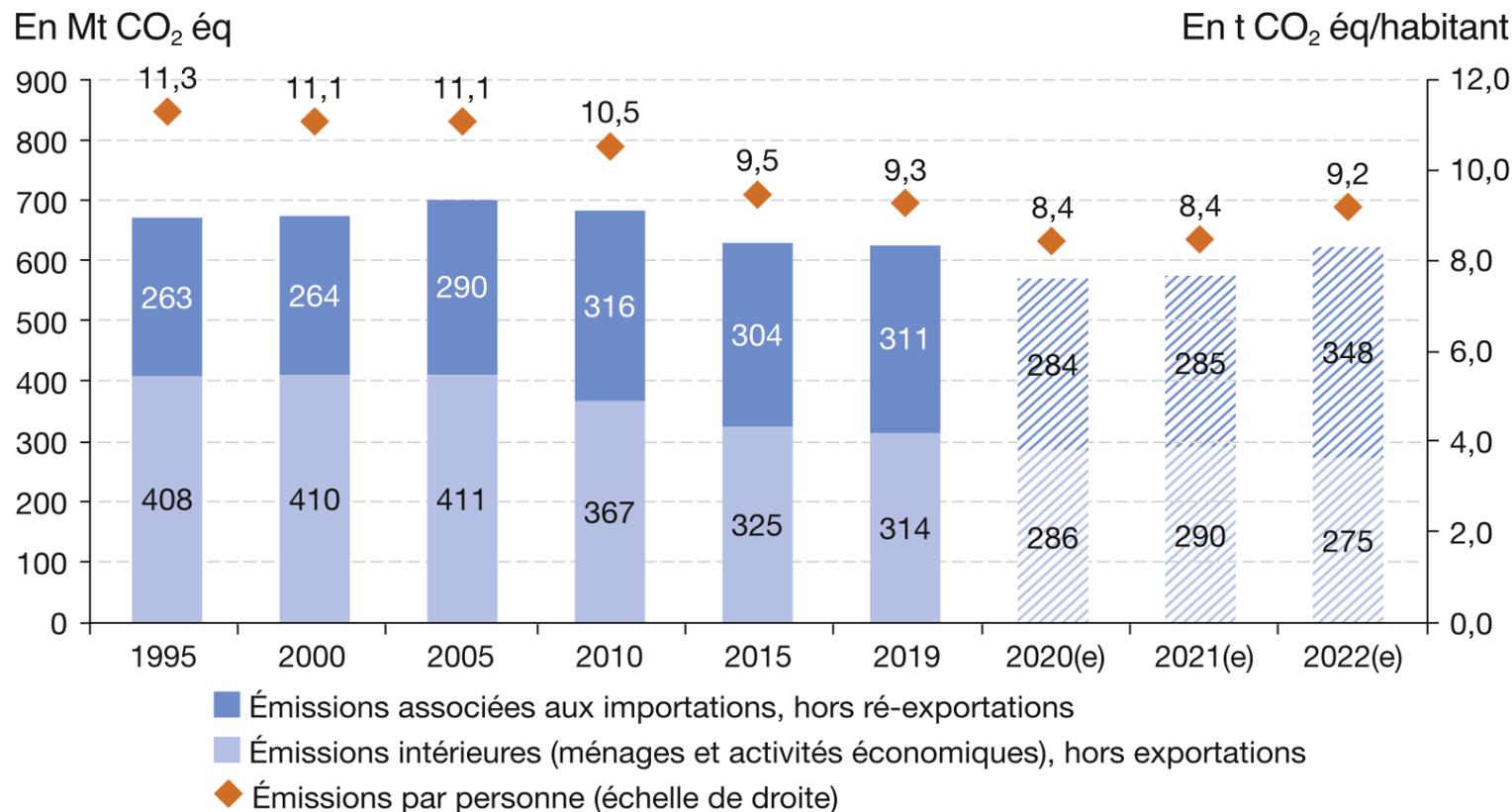


POUR UNE INFORMATIQUE ÉCO-RESPONSABLE

BACKUP

Empreinte Carbone France / ha

ÉVOLUTION DE L'EMPREINTE CARBONE DE LA FRANCE



(e) = estimations.

Note : l'empreinte carbone porte sur les trois principaux gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O).

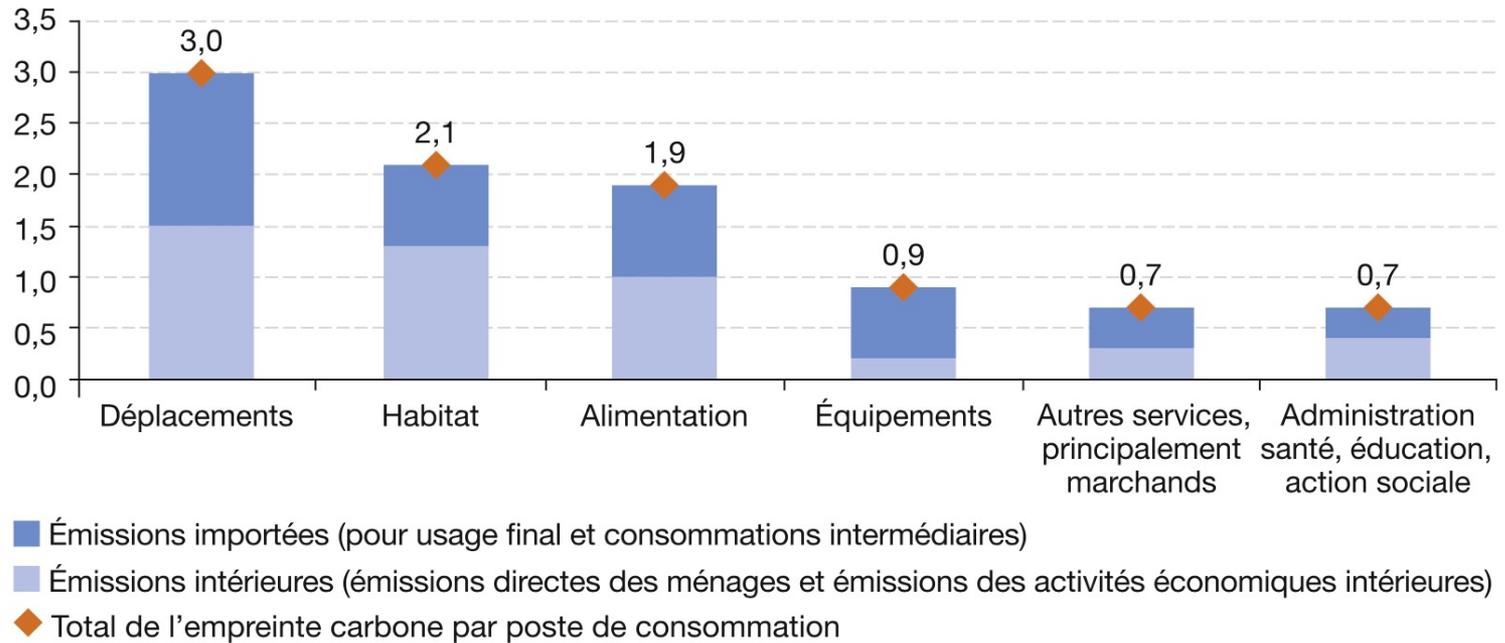
Champ : périmètre « Kyoto » (métropole et outre-mer appartenant à l'UE).

Sources : Citepa ; AIE ; FAO ; Douanes ; Eurostat ; Insee. Traitement : SDES, 2023

Empreinte Carbone France / poste de consommation en 2019

Décomposition de l'empreinte carbone par poste de consommation en 2019

En tonnes de CO₂ éq par an et par personne



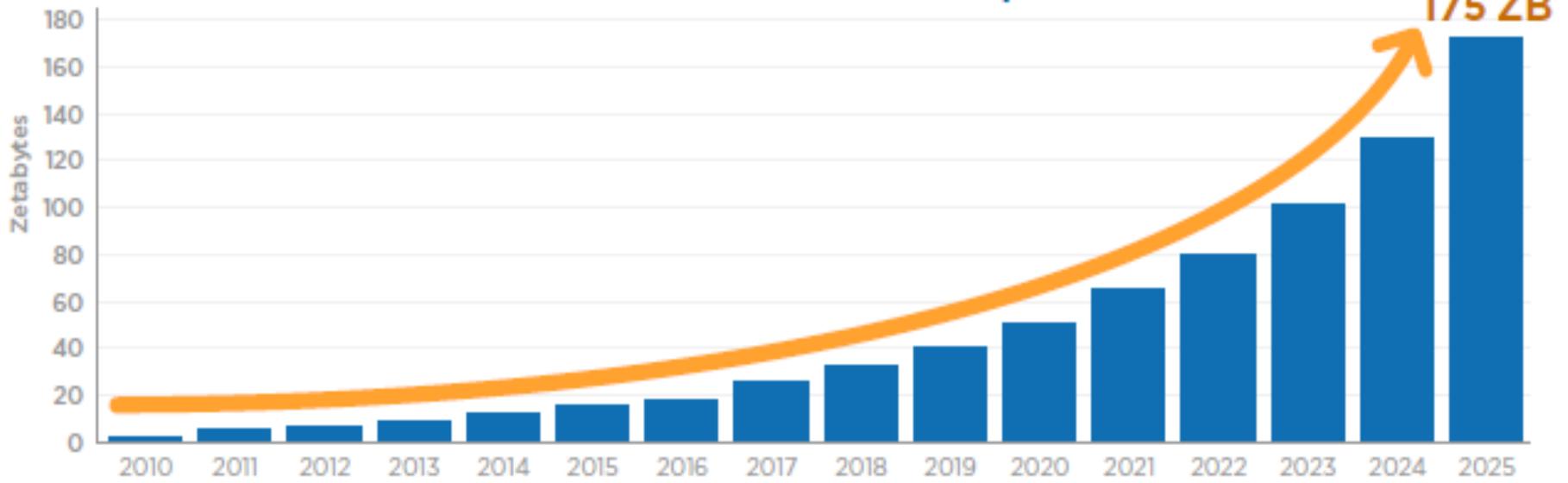
Note : l'empreinte et l'inventaire (voir glossaire) portent sur les trois principaux GES (CO₂, CH₄, N₂O) hors UTCATF.

Champ : périmètre « Kyoto » (métropole et outre-mer appartenant à l'UE).

Sources : SDES, 2023, d'après Citepa ; AIE ; EDGAR-JRC ; FAO ; Douanes ; Eurostat ; Insee

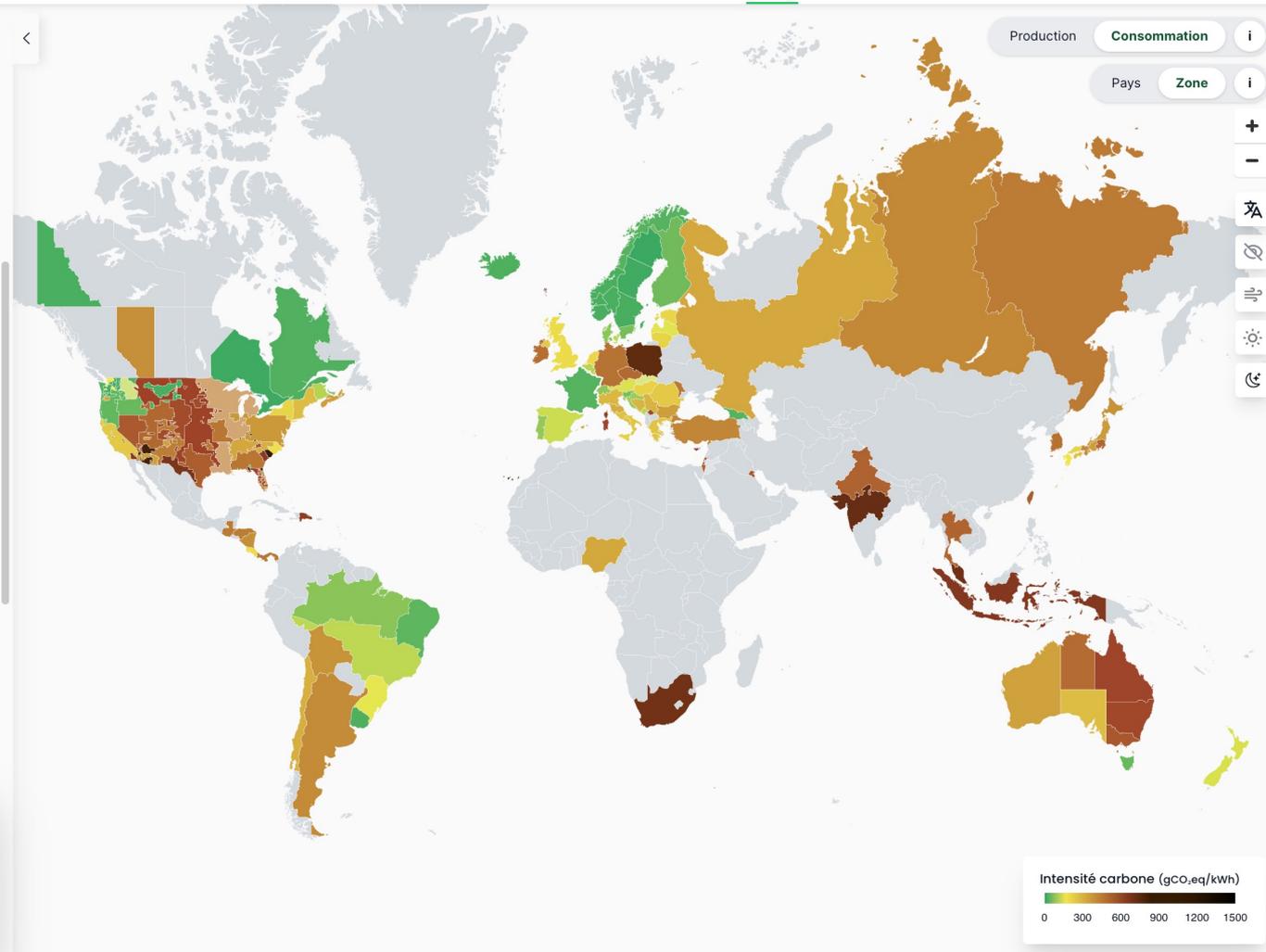
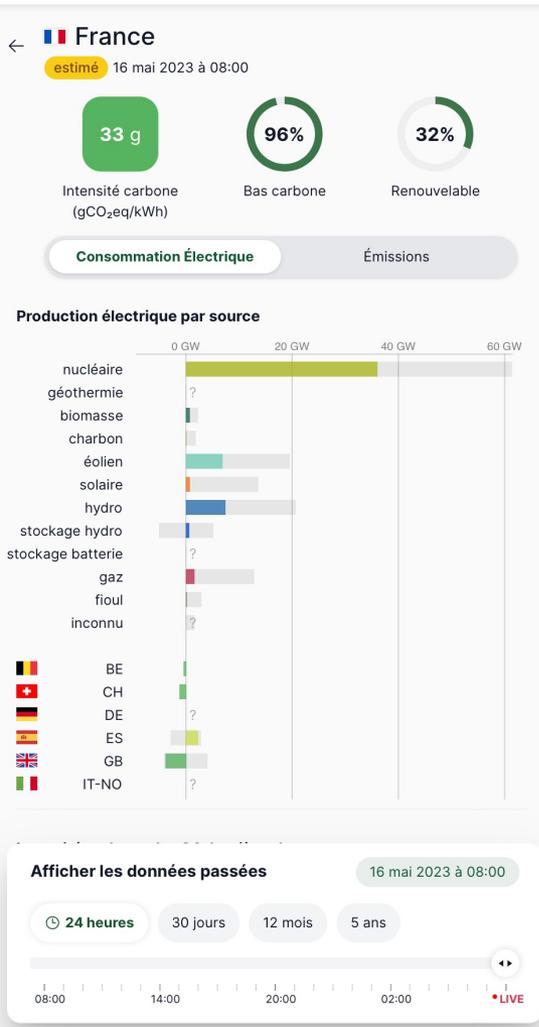
Évolution de la demande en électricité pour les TIC (+30% d'ici 2030)

Annual Size of the Global Datasphere



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

Emissions GES : où sont nos données / calculs ?



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

Intensité énergétique du numérique

Le facteur d'émission traduit l'intensité carbone de la production d'électricité, au vu du mix électrique en vigueur dans la zone géographique

- **Union Européenne** : 0,276 kgCO₂e/kWh
- **France** : 0,035 kgCO₂e/kWh ou
- **Etats-Unis** : 0,493 kgCO₂e/kWh
- **Chine** : 0,681 kgCO₂e/kWh
- **Autres (facteur moyen mondial)** : 0,519 kgCO₂e/kWh

Source : The shift project