

ÉCOCONCEPTION DE SERVICES NUMÉRIQUES

« Je lis dans l'avenir la raison du présent »
Alphonse de Lamartine, 1790-1869



ÉCOCONCEPTION DE SERVICES NUMÉRIQUES

POSITIONNEMENT DE CE COURS



ÉCOCONCEPTION DE SERVICES NUMÉRIQUES

PREMIÈRE PARTIE

Première partie :

- *Constat et enjeux Globaux*
- *Répartition des Impacts*

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

ENJEUX



Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) confirme que le réchauffement planétaire de 1,5° C et de 2° C sera dépassé au 21e siècle, à moins que des réductions importantes des émissions de CO2 et d'autres gaz à effet de serre ne soient réalisées dans les prochaines décennies [1].

Chaque secteur de l'activité humaine doit contribuer à limiter et à réduire les émissions de CO2 et d'autres gaz à effet de serre. Le secteur numérique aussi, en effet ...

- Les émissions totales de GES pour les services numériques dans les pays industrialisés représentent plus de 4 % de leurs émissions de GES [2].
- Ce pourcentage est en forte croissance : +10% par an entre 2010 et 2020, cette tendance est encore accentuée depuis 2020 avec l'arrivée des objets connectés en synergie avec la 5G.

[1] Study commissioned by the European Parliamentary group of the Greens/EFA, 2021

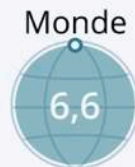
[2] Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

ENJEUX : VUE GÉNÉRALE

L'inégalité mondiale de l'empreinte écologique

Émissions moyennes de CO₂ par habitant dans les régions sélectionnées en 2019, en tonnes (eqCO₂) *



* incluent les émissions liées à la consommation domestique, importations nettes de biens et services, investissements publics et privés.

Source : World Inequality Report 2022

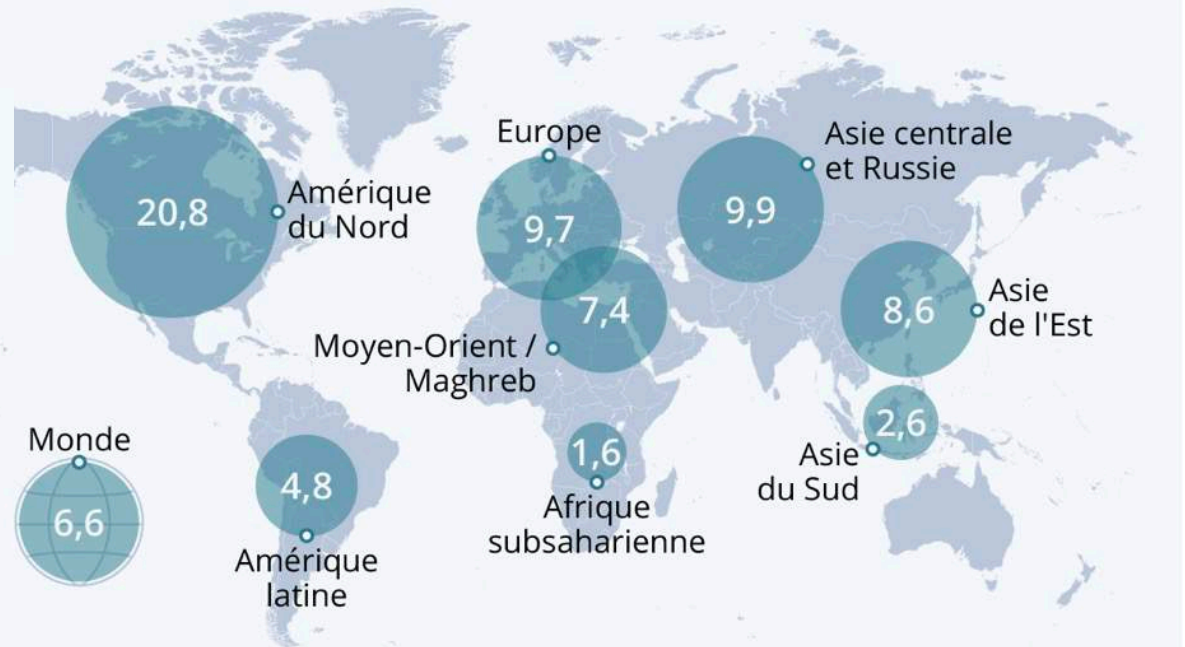


CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

ENJEUX : VUE GÉNÉRALE

L'inégalité mondiale de l'empreinte écologique

Émissions moyennes de CO₂ par habitant dans les régions sélectionnées en 2019, en tonnes (eqCO₂) *



* incluent les émissions liées à la consommation domestique, importations nettes de biens et services, investissements publics et privés.

Source : World Inequality Report 2022

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

EXEMPLES INTRODUCTIFS LIÉS AUX SERVICES NUMÉRIQUES

Empreinte écologique bien connue : l'électricité
Les ménages ont franchis le pas pour
les ampoule basse consommation



Qu'en est il de l'empreinte de services numériques ?

- ✓ Empreinte écologique de l'envoi d'un email
- ✓ Empreinte écologique d'une consultation Web

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

EMPREINTE ECOLOGIQUE DE L'ENVOI D'UN EMAIL [8]

Empreinte écologique réseau internet :
moins de 5 % quel que soit l'indicateur étudié.



Empreinte écologique
utilisateurs : **50 %**
(expéditeur et destinataire)



Empreinte écologique
fournisseurs de services
(Orange, Gmail, : **50 %**)



Impact écologique
e-mail + pièce jointe 1 Mo :
19 grammes eqCO₂

- Limiter les email inutiles
- Limiter les pièces jointes et les compresser
- Utiliser un format mail léger (texte Vs HTML)
- Limiter les spams

EX UNIVERSITÉ DE LA RÉUNION :

- 12000 PERSONNES
- 11 E-MAILS PAR JOUR,
- 220 JOURS PAR AN

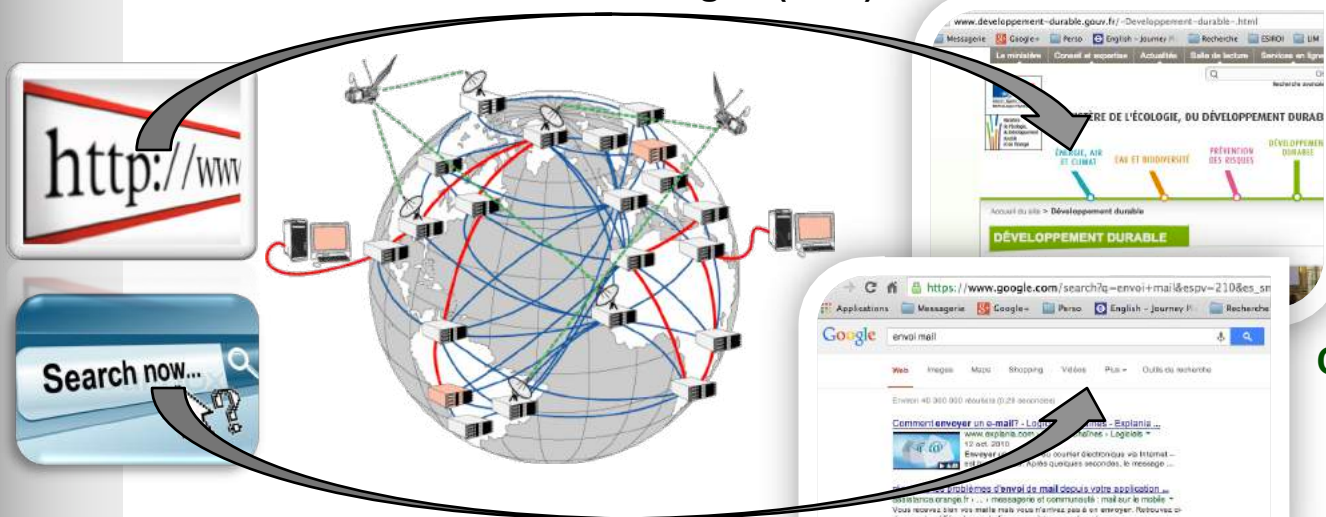
Emissions de gaz à effet de
serre (GES) induites :

- ⇒ 68 TONNES eqCO₂,
- ⇒ SOIT 1000 A/R EN AVION ENTRE
PARIS ET LA RÉUNION.

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

EMPREINTE ECOLOGIQUE D'UNE RECHERCHE WEB [8]

Recherche d'une adresse de site web ou de document en ligne (URL)



Moteur Recherche, stockage index : **> 80 %**
Impact de la requête faible

Empreinte écologique :
2,8 grammes eqCO₂

Consultation utilisateur :
70 % (lecture 5 pages)

Empreinte écologique :
10 grammes eqCO₂

Consultation de sites dans la page de résultat du moteur de recherche

- Utiliser les favoris pour les sites fréquemment consultés
- Personnaliser les session sur les machines collectives
- Gérer ses favoris de manière synchronisé sur le Cloud

EX UNIVERSITÉ DE LA RÉUNION :
- 12000 PERSONNES CONNECTÉS
- 1000 RECHERCHES PAR AN

Emissions de GES induites :
⇒ 120 TONNES EQCO₂,
⇒ SOIT 74 A/R EN AVION ENTRE PARIS ET LA RÉUNION.

EMPREINTE ECOLOGIQUE**TD 1.1 : IMPACT DES RECHERCHES SUR LE WEB****TD No1 : Génie Logiciel Ecoconception de services numériques****Ecoconception de services numériques****≥ POSITIONNEMENT DU TD**

Secteur	Cible	Unité d'enseignement	Cours	Chapitre	Durée	Logiciel nécessaire
Sciences et Technologie	étudiant cycle informatique	Génie Logiciel	Ecoconception de services numériques	Partie 1	1:30 heure	Néant

[Lien vers le TD1.1 Impact des recherches sur le web - 🕒 20 mn](#)

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

CONSTATS ET INDICATEURS

- Empreinte écologique des services numériques ne cesse de s'accroître avec une croissance à deux chiffres sur tous les indicateurs d'impacts environnementaux.
- Raréfaction des énergies carbonées, des métaux rares, changements climatiques, atteintes à la biodiversité, pollution des eaux et de l'air...

Indicateurs classiquement retenus pour évaluer les impacts environnementaux des services numériques

Tension sur l'énergie



MJ EP

+

Réchauffement global



kg équivalent CO2

+

Tensions sur l'eau douce



Litre ou m3

+

Epuisement des ressources



kg équivalent SB

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

INDICATEUR : PED



Consommation d'énergie primaire (PED)

- L'énergie primaire (Primary Energy) est l'énergie nécessaire pour fabriquer l'énergie finale (Final Energy). Dans le domaine du numérique, en fonction de l'étape du cycle de vie d'un équipement, on utilise différentes énergies primaires pour fabriquer différentes énergies finales.

Par exemple, pour extraire des minerais, on utilise du gasoil que l'on transforme en force motrice permettant d'animer une excavatrice. Lors de l'utilisation, l'électricité est fabriquée à partir de différentes sources d'énergie primaire : rayonnement solaire, réaction nucléaire, combustion de charbon, etc.

- **Nom standard** : *Primary Energy Depletion* (PED)
Unité : Mégajoule (MJ) d'énergie primaire
Équivalences grand public : consommation électrique d'une ampoule de 25 Watts ou d'un radiateur électrique de 1 000 Watts

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

INDICATEUR : GWP



Réchauffement global (GWP)

- Les émissions anthropiques de différents gaz à effet de serre dans l'atmosphère contribuent au réchauffement global (*Global Warming Potential* ou GWP) de l'eau, de l'air et du sol. Ce réchauffement global se traduit notamment par un dérèglement des climats locaux.
- **Nom standard** : *Global Warming Potential* (GWP)
Unité : kg équivalent CO₂ (kg eq. CO₂)
Équivalence grand public : kilomètre parcouru par un véhicule thermique

Source BENCHMARK GREEN IT 2021 - Version 0.2 - Août 2021 - GreenIT.fr [6]

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

INDICATEUR : WD



Consommation d'eau douce (WD)

- **L'eau bleue** est l'eau facilement mobilisable par les êtres humains (en opposition à l'eau verte captable uniquement par les végétaux). Plus le numérique consomme d'eau bleue et moins elle est disponible pour d'autres usages à un instant t.
- Par ailleurs, en cas de stress hydrique, l'industrie numérique n'est plus capable de fabriquer les équipements que nous utilisons au quotidien. Enfin, la fabrication du papier et de l'électricité nécessite beaucoup d'eau.
- **Nom standard** : *Water Depletion* (WD)
Unité : litre d'eau bleue (l ou m³ d'eau)
Équivalences grand public : canette (33 centilitres), pack d'eau minérale (9 litres), douche (60 litres)

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

INDICATEUR : ADP



Épuisement des ressources abiotiques (ADP)

- La contribution à l'épuisement des ressources abiotiques (ressources naturelles non renouvelables) évalue l'impact du numérique en matière d'épuisement des stocks de minerais et d'énergie fossile.
- **Nom standard** : *Abiotic Depletion Potential* (ADP)
Unité : kg équivalent antimoine (kg eq. SB)
Équivalence grand public : kg de terre excavée

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

EMPREINTE ÉCOLOGIQUE DES SERVICES NUMÉRIQUES (MONDE)

■ A l'échelle mondiale pour un an

- ✓ 7300 TWh d'énergie primaire
- ✓ 1 600 millions de tonnes équivalent CO2
- ✓ 8 milliards de m3 d'eau
- ✓ 1570 TWh d'électricité



■ A l'échelle de la personne / an

- ✓ 1 800 kWh d'énergie primaire
- ✓ 400 kg de gaz à effet de serre
- ✓ 1 900 litres d'eau bleue
- ✓ 380 kWh d'électricité



Source France Stratégie, 2019 [1]
Source iNUM, GreenIT.fr 2020, [5]

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

EMPREINTE ÉCOLOGIQUE DES SERVICES NUMÉRIQUES (MONDE)

■ A l'échelle mondiale pour un an

- ✓ 7300 TWh d'énergie primaire
- ✓ 1 600 millions de tonnes équivalent CO2
- ✓ 8 milliards de m3 d'eau
- ✓ 1570 TWh d'électricité



■ A l'échelle de la personne / an

- ✓ 1 800 kWh d'énergie primaire
Fabrication de 32 tél. mobiles
- ✓ 400 kg de gaz à effet de serre
2 tonnes CO2 eq. par français
- ✓ 1 900 litres d'eau bleue
300 packs d'eau minérale de 6l
- ✓ 380 kWh d'électricité
6 % conso. élec. annuelle



Source France Stratégie, 2019 [1]
Source iNUM, GreenIT.fr 2020, [5]

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

CHIFFRES DE L'EMPREINTE DES SERVICES NUMÉRIQUES (EUROPE-28)



■ A l'échelle européenne (UE-28)

- ✓ 571 Mt de matériaux déplacés,
- ✓ 283 TWh sur un total de 3 054 TWh pour UE-28
- ✓ 115,94 Mt de production de déchets
- ✓ 185 Mt éq. CO₂ sur un total de 4 378 Mt éq. CO₂

Source Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021 [2]

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

CHIFFRES DE L'EMPREINTE DES SERVICES NUMÉRIQUES (EUROPE-28)



■ A l'échelle européenne (UE-28)

- ✓ 571 Mt de matériaux déplacés,
Poids de 9,20 milliards d'êtres humains (62 kg en moyenne).
Environ le poids de tous les êtres humains de la planète.
- ✓ 283 TWh sur un total de 3 054 TWh pour UE-28
Environ 32 344 000 radiateurs (1 000 W) alimentés pendant 1 an.
- ✓ 115,94 Mt de production de déchets
Environ le poids de 1,87 milliard d'humains (en moyenne 62 kg).
- ✓ 185 Mt éq. CO₂ sur un total de 4 378 Mt éq. CO₂
L'impact sur le changement climatique est similaire à 370 000 allers-retours
d'un avion de 500 passagers Paris-New York
Environ 63 ans de connexion Paris-New-York avec 16 avions par jour.

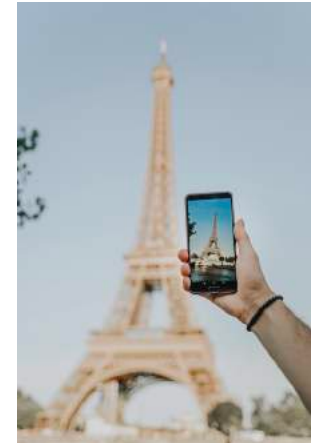
Source Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021 [2]

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

CHIFFRES DE L'EMPREINTE DES SERVICES NUMÉRIQUES (FRANCE)

■ A l'échelle de la France, pendant un an

- ✓ 180 TWh d'énergie primaire ;
- ✓ 24 millions de tonnes équivalent CO2 ;
- ✓ 559 millions de m³ d'eau douce ;
- ✓ 833 tonnes équivalent de ressources antimoine.
- ✓ 40 TWh d'électricité (8,3%)



■ A l'échelle d'un utilisateur en France, pendant un an

- ✓ 3 100 kWh d'énergie primaire
- ✓ 420 kg de gaz à effet de serre ;
- ✓ 9 700 litres d'eau douce ;
- ✓ 14 grammes équivalent antimoine.



Trop abstrait pour vous

Source INUM, GreenIT.fr 2021, [7]

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

CHIFFRES DE L'EMPREINTE DES SERVICES NUMÉRIQUES (FRANCE)

Chacun des 58 millions d'utilisateurs en France, Consomme **chaque jour** les ressources ci-dessous

Voici donc votre empreinte écologique en services numériques de ce seul jour...



ENERGIE PRIMAIRE



1 RADIATEUR ÉLECTRIQUE DE 1000 WATTS ALLUMÉ 8 HEURES



GAZ À EFFET DE SERRE



6 KMS EN VOITURE



EAU



3 PACKS D'EAU MINÉRALE (9 LITRES) ;



RESSOURCES



L'EXCAVATION DE 197 KG DE TERRE (ENVIRON 3 FOIS VOTRE POIDS, CHAQUE JOUR)

Source IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU NUMÉRIQUE EN FRANCE – Version 0.8 - Janvier 2021 - GreenIT.fr [7]

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

CHIFFRES DE L'EMPREINTE DES SERVICES NUMÉRIQUES (FRANCE)



ENERGIE PRIMAIRE

6,2 %
DE LA
CONSUMMATION
DE LA FRANCE



6 x
LA CONSUMMATION
ÉLECTRIQUE
DE PARIS



GAZ À EFFET DE SERRE

3,2 %
DES ÉMISSIONS
DE LA FRANCE



LES ÉMISSIONS
ANNUELLES DES
2,2 millions
DE PARISIENS



EAU

2,2 %
DE LA
CONSUMMATION
DE LA FRANCE

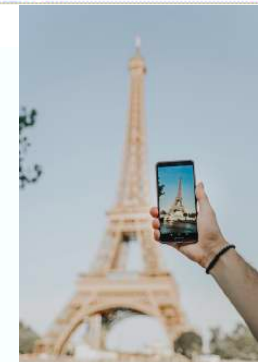


5 x
LA CONSUMMATION
D'EAU DES
PARISIENS



RESSOURCES

EXCAVATION DE
4 milliards
DE TONNES
DE TERRE



En 2020 en France
631 millions d'équipements
utilisés par 58 millions de
personnes

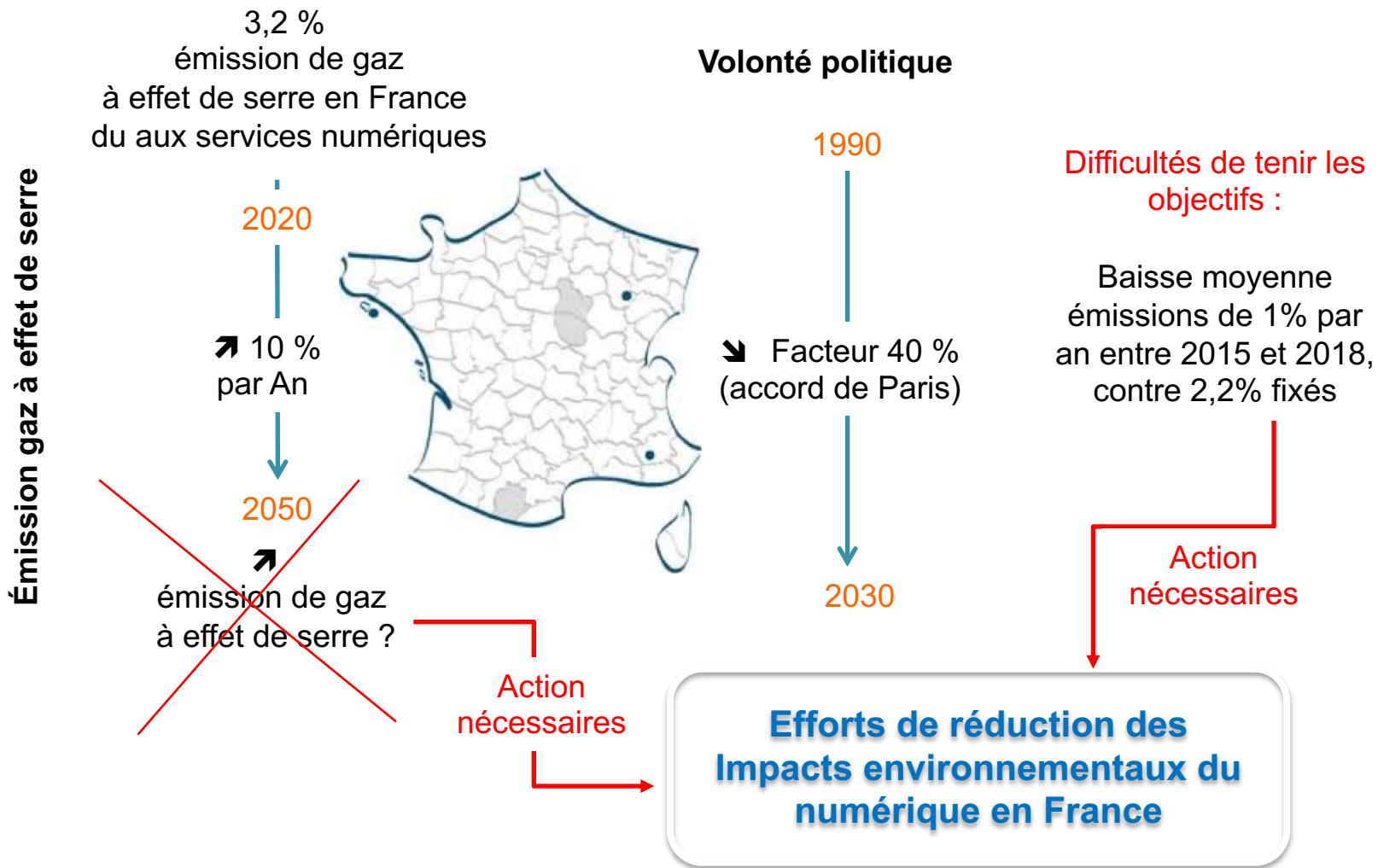


FRANCE
11 à 15
APPAREILS
EN MOYENNE
PAR UTILISATEUR

Source iNUM, GreenIT.fr 2021, [7]

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

CHIFFRES DE L'EMPREINTE DES SERVICES NUMÉRIQUES (FRANCE)



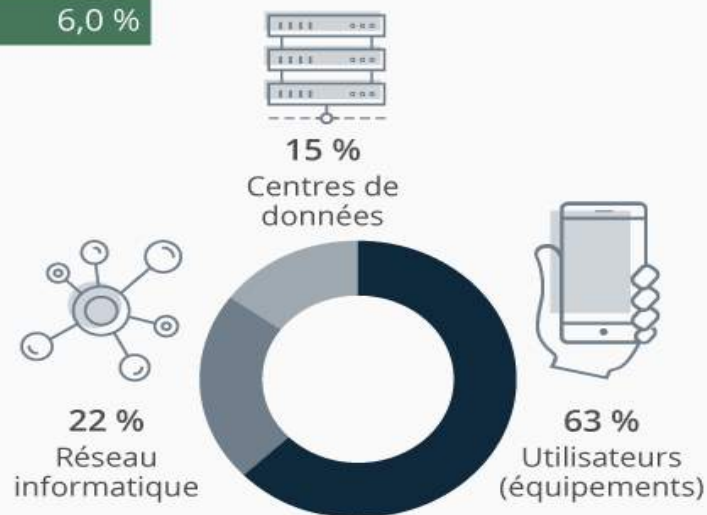
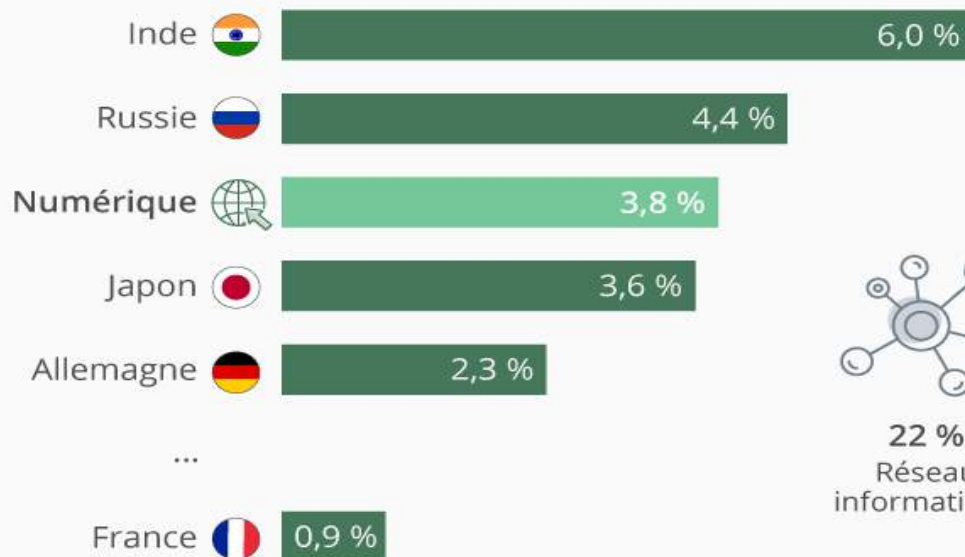
CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

EMPREINTE DES SERVICES NUMÉRIQUES : POSITION DE LA FRANCE

La France est un bon élève au niveau mondial 😊

Le numérique émet 4 fois plus de CO2 que la France

Part des émissions mondiales de CO2 du numérique comparée à celle des pays sélectionnés *



Répartition des émissions du numérique selon la source

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX

CHIFFRES DE L'EMPREINTE DES SERVICES NUMÉRIQUES (REUNION)

Réunion,
Ile verte



Effort d'accompagnement des entreprises à la réduction de l'impact écologique des services numérique

Région Réunion, Nexa
Digital Réunion
CNFPT

{
Conférence,
Ateliers
}

Exemple avril 2021 : « COMMENT DÉVELOPPER DES SERVICES ET ADOPTER DES COMPORTEMENTS NUMÉRIQUES RESPONSABLES ? »

Effort de formation des étudiants à l'impact écologique des services numérique

{
Cours
} Université
de la Réunion

Exemple : Cours spécialisé dans la formation d'ingénieurs en informatique

EMPREINTE ECOLOGIQUE**TD 1.1 : IMPACT DES RECHERCHES SUR LE WEB****TD No1 : Génie Logiciel Ecoconception de services numériques****Ecoconception de services numériques****≥ POSITIONNEMENT DU TD**

Secteur	Cible	Unité d'enseignement	Cours	Chapitre	Durée	Logiciel nécessaire
Sciences et Technologie	étudiant cycle informatique	Génie Logiciel	Ecoconception de services numériques	Partie 1	1:30 heure	Néant

Lien vers le TD1.2 : Empreinte écologique d'une service choisi-  30 mn

CONSTAT ET ENJEUX GLOBAUX SYNTHÈSE

L'impact de l'empreinte écologique des services numériques est crucial au niveau planétaire.

- Au niveau du grand public
 - ✓ Peu de sensibilisation sur le sujet de la pollution numérique
 - ✓ Pourtant les services numériques = un quart du forfait annuel GES soutenable d'un français (420 kg = 25 % de 1 700 kg équiv. CO₂).

- Au niveau des acteurs économiques
 - ✓ La gouvernance en retard
 - ✓ Peu de maturité en termes de conception responsable
 - ✓ Difficulté à donner du sens au terme écoconception dans leur activité
 - ✓ Difficulté d'auto-évaluation de l'empreinte écologique
 - ✓ Des écarts importants d'une organisation à une autre

- Discussion ouverte

Source : Erwan AUTRET, ADEME, 2019 [4] ; BENCHMARK GREEN IT 2021 [6]

RÉPARTITION MULTICRITÈRE DES IMPACTS

MESURE D'IMPACT





- La norme ISO 14040 propose une méthodologie pour analyser les impacts environnementaux d'un produit ou d'un service à chaque étape de son cycle de vie.
- Cette approche retient 5 grandes étapes :
 - ✓ Conception
 - ✓ Fabrication
 - ✓ Distribution
 - ✓ Utilisation
 - ✓ Fin de vie

Etapes généralement retenues dans les études

RÉPARTITION MULTICRITÈRE DES IMPACTS EN FONCTION DE L'ÉTAPE DU CYCLE DE VIE

■ 3 principales étapes significatives :

- ✓ Fabrication
- ✓ Utilisation
- ✓ Fin de vie (faible impact)

%	 Energie	 GES	 Eau	 Ressources ⁽¹⁾
Fabrication	41 %	83 %	88 %	100 %
Utilisation	59 %	17 %	12 %	0 %

Impacts d'abord liés à la fabrication des appareils

Répartition en fonction de l'étape du cycle de vie des impacts du numérique en France en 2020

Source iNUM, GreenIT.fr 2021, [7]

RÉPARTITION MULTICRITÈRE DES IMPACTS EN FONCTION DES TIERS

- 3 principaux « tiers » significatifs :
 - ✓ les équipements des utilisateurs
 - ✓ les réseaux qui relient les utilisateurs entre eux et centres info.
 - ✓ les centres informatiques qui hébergent des serveurs

%	 Energie	 GES	 Eau	 Ressources ⁽¹⁾
Utilisateurs	64 %	84 %	91 %	79 %
Réseau	21 %	10 %	5 %	15 %
Centres informatiques ⁽²⁾	15 %	6 %	4 %	6 %





La fabrication et l'utilisation des équipements « utilisateurs » => majorité des impacts

Répartition par tiers des impacts du numérique en France en 2020

RÉPARTITION MULTICRITÈRE DES IMPACTS

FOCUS SUR L'IMPACT DES UTILISATEURS FRANÇAIS EN 2020

- Question : Est-ce la fabrication ou l'utilisation qui est le principal facteur d'impact ?

	64 %		84 %		91 %		79 %	
								
%	Energie		GES		Eau		Ressources ⁽¹⁾	
	FAB	USE	FAB	USE	FAB	USE	FAB	USE
Utilisateurs	37 %	27 %	76 %	8 %	86 %	5 %	79 %	0 %

La fabrication des équipements « utilisateurs » est le principal contributeur d'impacts

RÉPARTITION MULTICRITÈRE DES IMPACTS

FOCUS SUR L'IMPACT DES EQUIPEMENTS UTILISATEURS FRANÇAIS

Les équipements des utilisateurs totalisent
64 à 91 % des impacts

- | | |
|---|--------------------|
| ■ Ordinateurs et les écrans associés | 15 % à 24 % |
| ■ Télévisions et les box TV, décodeurs,... | 22 % à 65 % |
| ■ Téléphones mobiles (98 millions d'unités) | 4 à 9 % |
| ■ Objets connectés grand public | non significatif |
| ■ Objets connectés professionnels | non mesuré |



Exemple : la fabrication d'une télévision de 47 pouces émet 479 kg de gaz à effet de serre et elle nécessite 26 000 litres d'eau !

RÉPARTITION MULTICRITÈRE DES IMPACTS BILAN DE L'EMPREINTE DES SERVICES NUMÉRIQUES

Réaliser un bilan d'impact complet permet d'obtenir :

■ **une Empreinte environnementale**

- ✓ Changement climatique (Gaz à effet de serre)
- ✓ Tension sur l'eau (Eau verte et Eau bleue)
- ✓ Epuisement de l'Énergie (Quantité d'énergie primaire)
- ✓ Epuisement des Ressources (Quantité de ressources abiotiques)
- ✓ Les flux (déchets papier, DEEE, électricité)
- ✓ Les aspects Tertiaire et Transport de la DSI

■ **Un niveau de Maturité**

- ✓ Définir le niveau de sa maturité sur la base de bonnes pratiques clés, des Achats jusqu'à la gestion de fin de vie du matériel, en passant par la gouvernance, la gestion des postes de travail et les data center

■ **Un niveau de Performance**

- ✓ Définir un niveau de performance en positionnement les résultats obtenus sur une échelle (min, moyenne, max) basée sur les résultats d'autres acteurs similaires du secteur d'activité

L'ÉCOCONCEPTION DE SERVICES NUMÉRIQUES

REFERENCES

- [1] IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte & al (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. P.18
- [2] DIGITAL TECHNOLOGIES IN EUROPE: an environmental life cycle approach, tudy commissioned by the European Parliamentary group of the Greens/EFA, Version: 7 December 2021
- [3] France Stratégie, Appliquer la démarche d'écoconception aux services numériques, support de Frédéric Bordage, 21 fév. 2019
- [4] France Stratégie, Les enjeux de l'écoconception , Application au numérique, Cycle « L'impact environnemental du numérique » Séquence 5 , Erwan AUTRET, ADEME, 21 février, 2019
- [6] BENCHMARK GREEN IT 2021 - Version 0.2 - Août 2021 - GreenIT.fr
- [7] IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU NUMÉRIQUE EN FRANCE – Version 0.8 - Janvier 2021 - GreenIT.fr
- [8] ADEME <http://www2.ademe.fr/>

EMPREINTE ECOLOGIQUE**TD 1.1 : IMPACT DES RECHERCHES SUR LE WEB****TD No1 : Génie Logiciel Ecoconception de services numériques****Ecoconception de services numériques****≥ POSITIONNEMENT DU TD**

Secteur	Cible	Unité d'enseignement	Cours	Chapitre	Durée	Logiciel nécessaire
Sciences et Technologie	étudiant cycle informatique	Génie Logiciel	Ecoconception de services numériques	Partie 1	1:30 heure	Néant

Lien vers le **TD1.3** : Constat d'impact à différents niveaux d'échelles - 🕒 30 mn