

Outil informatique & impact environnemental

Conseil Scientifique de l'Insmi

Généralités

Équipement

Streaming et vidéo

Requêtes internet

Messagerie

Visioconférence

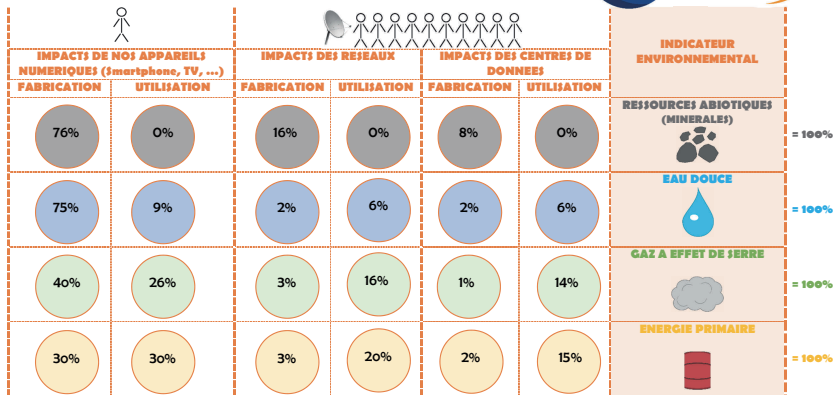
Gestion des données

Code et IA

Vues d'ensemble

Pour aller plus loin

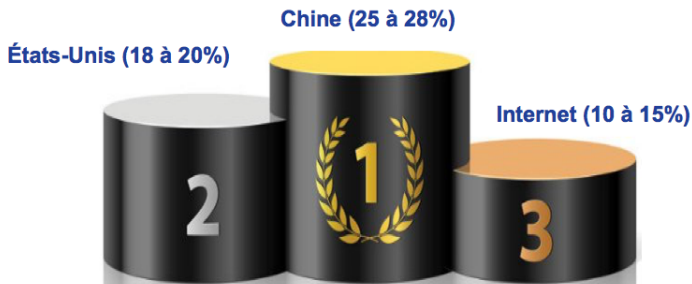
Répartition des impacts environnementaux du numérique mondial par indicateur



Source : étude Green IT "Empreinte environnementale du numérique mondial" (2019)

Source : conscience-numerique-durable.org

Internet, 3e consommateur mondial d'énergie (pour l'instant...)



Internet représente aujourd'hui :

- ▶ 10% de la consommation mondiale d'électricité,
- ▶ 4% de nos émissions de gaz à effet de serre.

NB : on a des ordres de grandeur et pas plus

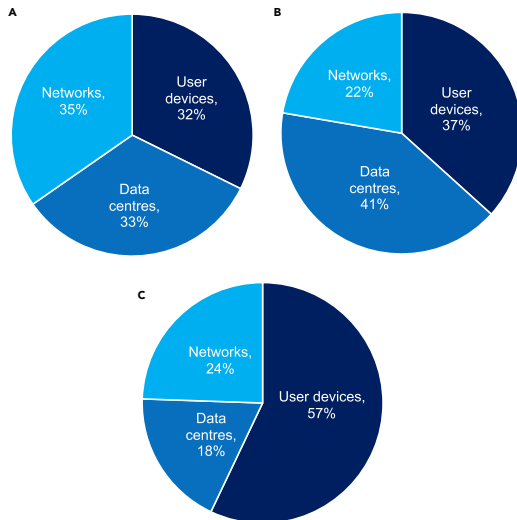


Figure 3. Proportional breakdown of ICT's carbon footprint, excluding TV
(A) Andrae and Edler (2015): 2020 best case (total of 623 MtCO₂e).
(B) Belkhir and Elmeligi (2018): 2020 average (total of 1,207 MtCO₂e).
(C). Malmodin (2020): 2020 estimate (total of 690 MtCO₂e).

Source : The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations

Des ordres de grandeur : source Ecoinfo

	g eq CO2
1 vol Paris-Nice[1]	170 000
1 vol Paris – New York[1]	1 000 000
1 TGV Grenoble-Paris[2]	1 538
1 km en voiture pour 1 passager, s'il est seul dans sa voiture / si 4 passagers[3]	140 / 35
1 repas classique avec boeuf / végétarien [4]	6 890 / 510
1 feuille A4[5]	10

	g eq CO2
Fabrication / transport d'un laptop (latitude 5490)[6]	200 000 / 11 000
Fabrication / transport d'un écran (24'')[6]	350 000 / 25 000
Usage pendant 1 an laptop+écran (France, hors internet)[7]	10 000
1h.coeur de calcul (mésocentre, hors fabrication des serveurs) [7]	2,8
Fabrication / transport d'un serveur (R740)[6]	1 060 000 / 200 000

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

[2]

[3] Basé sur un véhicule émettant 140gCO2/km

[4] http://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?repas.htm

[5] Estimation groupe dd-batimag

[6] https://www.dell.com/learn/us/en/uscorp1/corp-comm/environnement_carbon_footprint_products

[7] Estimation groupe EcoInfo à partir des données de consommation des mésocentre (prise en compte climatisation et nombre d'heures de calcul effectif dans l'année, facteur d'impact : 0,119 kgCO2e/kwh)

Impacts principaux du matériel sur les ressources

▶ Avant usage (fabrication)

- ▶ Extraction de matières premières
- ▶ Traitement chimique des matières premières
- ▶ Phases de transport
- ▶ Phases d'assemblage
- ▶ Énergie

▶ Pendant l'usage (consommation)

▶ Après usage (déchets et recyclage)

L'extraction des matières premières est beaucoup plus impactante que le transport.

La phase de production des équipements numériques représente plus de 75% (Étude « Impacts environnementaux du numérique en France » de [GreenIT](#)) de l'empreinte environnementale du numérique (émissions de gaz à effet de serre, consommation d'eau et de ressources) : enjeu prioritaire sur lequel agir, **ce que l'on ne produit pas ne pollue pas.**

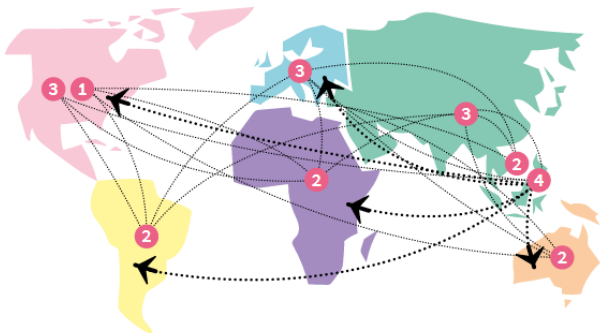
Équipement : coût CO2

Ordres de grandeurs pour un ordinateur portable :

- ▶ Fabrication d'un portable : 200 kg CO2 (voir [incertitudes](#)),
- ▶ Fabrication d'un ordinateur fixe : 300 kg CO2,
- ▶ Fabrication d'un écran : 250 kg CO2,
- ▶ Transport : 11 kg de CO2,
- ▶ Usage pendant 1 an d'un portable + écran (France, hors internet) : 10 kg de CO2.

Équipement	Consommation
Smartphone	2 à 7 kWh/an
Tablette	5 à 15 kWh/an
Écran	20 à 100 kWh/an
Ordinateur portable	30 à 100 kWh/an
Ordinateur fixe	120 à 250 kWh/an
Box (internet+TV)	150 à 300 kWh/an

QUATRE TOURS DU MONDE POUR FABRIQUER UN SMARTPHONE



1. Conception le plus souvent aux États-Unis

2. Extraction et transformation des matières premières en Asie du Sud-Est, en Australie, en Afrique centrale et en Amérique du Sud

3. Fabrication des principaux composants en Asie, aux États-Unis et en Europe

4. Assemblage en Asie du Sud-Est



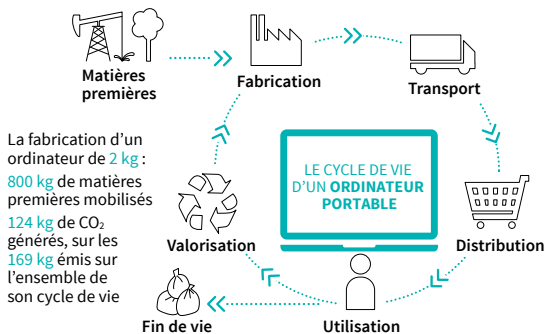
Distribution vers le reste du monde, souvent en avion.

Source : ADEME et France Nature Environnement

Équipement : coût en matières premières

Équipement	Quantité de matières premières
voiture	54 fois le poids de la voiture
smartphone	500 fois le poids du smartphone
ordinateur portable 2kg	300 fois le poids du portable
puce de 2g	16 000 fois le poids de la puce

LE CYCLE DE VIE D'UN ORDINATEUR



ORDINATEUR PORTABLE ET SMARTPHONE : QUELLES COMPOSITIONS ?

Cartes électroniques

recyclées en fonderies spécialisées pour récupérer les métaux, le reste est valorisé énergétiquement

Substances réglementées

condenseurs incinérés, batteries traitées et recyclées

Métaux ferreux

recyclés et utilisés pour des armatures métalliques de construction

15 %

15 %

17 %

1,5 % Autres matériaux

dépollués, en partie recyclés, valorisés énergétiquement, enfouis en décharge

40 %

11,5 %

Plastiques

recyclés en partie et utilisés dans l'industrie automobile

Métaux non ferreux aluminium, cuivre...recyclés pour la fabrication de pièces automobiles, de câbles...

Métaux

- 80 à 85 % de métaux ferreux et non ferreux cuivre, aluminium, zinc, étain, chrome, nickel...
- 0,5 % de métaux précieux or, argent, platine, palladium...
- 0,1 % de terres rares et métaux spéciaux europium, yttrium, terbium, gallium, tungstène, indium, tantale...
- 15 à 20 % d'autres substances magnésium, carbone, cobalt, lithium...

30 % à 50 %

Plastiques et matières synthétiques

40 % à 60 %

10 % à 20 %

Verre et céramique

Source : Eco-systèmes, Oeko-Institut, EcoInfo et Sénat

- ▶ Faire attention au recyclage. Gestion des Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques (DEEE), filière officielle et recommandée : Ecologic.
- ▶ Le recyclage n'est pas « LA » solution :
 - ▶ Trop de métaux différents en petite quantité
 - ▶ Appareils pas faciles à démonter
 - ▶ Trop cher
 - ▶ Les produits recyclés sont de moindre qualité

↪ L'équipement représente le plus gros impact de l'informatique.

Équipement : recommandations

- ▶ **Éviter de consommer** du nouveau matériel.
- ▶ **Faire durer le matériel** : ne pas renouveler avant la fin de la garantie, et réparer plutôt que remplacer.
- ▶ Utiliser des alternatives logicielles moins gourmandes.
- ▶ Résister à l'obsolescence programmée due au logiciel ou à l'effet de mode.
- ▶ Il est possible par exemple d'installer Linux sur n'importe quelle machine, y compris un Mac.
- ▶ Extinction (nuit, week-end et vacances).
- ▶ **Baisser la luminosité de l'écran** : diminuer le taux de luminosité de 100% à 70% permet d'économiser jusqu'à 20% de la consommation en énergie et limite la fatigue oculaire.
- ▶ Mutualiser à la bonne échelle (imprimantes, serveurs).

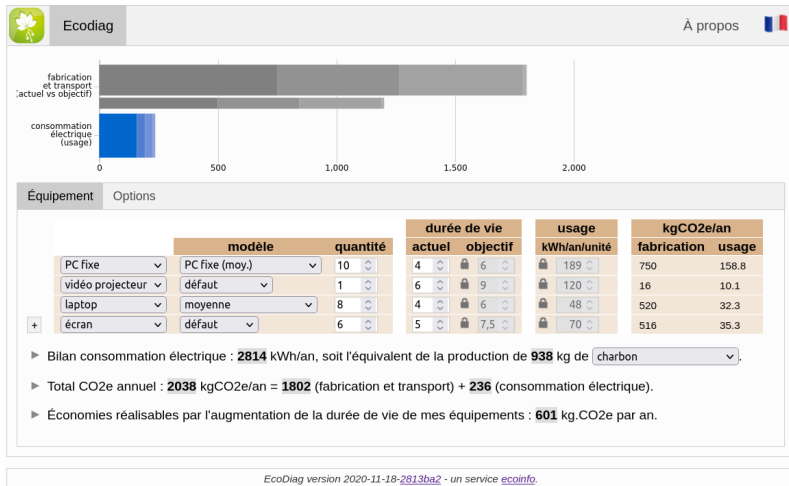
Ces aspects doivent être valorisés dans l'activité des responsables des parcs informatique.

Pour aller plus loin : rubrique « agir sur le matériel », [ecoinfo](#)

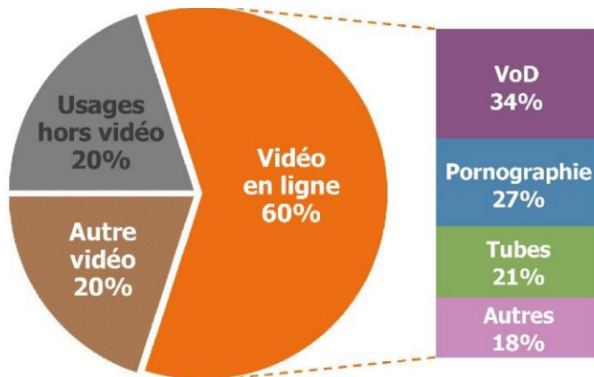
Équipement : où acheter ?

- ▶ Lors des achats, favoriser les marchés publics comme [MatInfo](#), où EcolInfo a travaillé en introduisant 15% de critères éco-responsables dans la mise en place du marché.
- ▶ Acheter d'occasion : il n'existe pas de marché pour le matériel d'occasion, donc liberté, mais achat par CB obligatoire pour le moment. Exemple backmarket, inscrit dans la liste nationale des fournisseurs.

L'outil [ecodiag](#), développé par [ecoinfo](#), est désormais intégré à l'outil [GES 1point5](#). Il calcule l'empreinte carbone du parc informatique à partir de son inventaire.



Streaming



Répartition des flux de données en ligne
entre les différents usages en 2018 dans le monde

[Source : *The Shift Project 2019* - à partir de (Sandvine 2018),
(Cisco 2018) et (SimilarWeb 2019)]

Vidéo en ligne : 300 millions de tonnes de CO2 par an.

Shift project : [L'insoutenable usage de la vidéo en ligne](#)

Streaming et vidéo : recommandations

- ▶ Diminuez la qualité des vidéos.
- ▶ Si vous devez consulter plusieurs fois des documents, des vidéos, etc., préférez le téléchargement au streaming dès que c'est possible : les données ne sont transmises qu'une seule fois (transporter une donnée sur internet consomme 2 fois plus d'énergie que de la stocker).
- ▶ Bloquez la lecture automatique des vidéos (voir les paramètres de blocage du navigateur) : cela consomme de l'énergie inutilement.

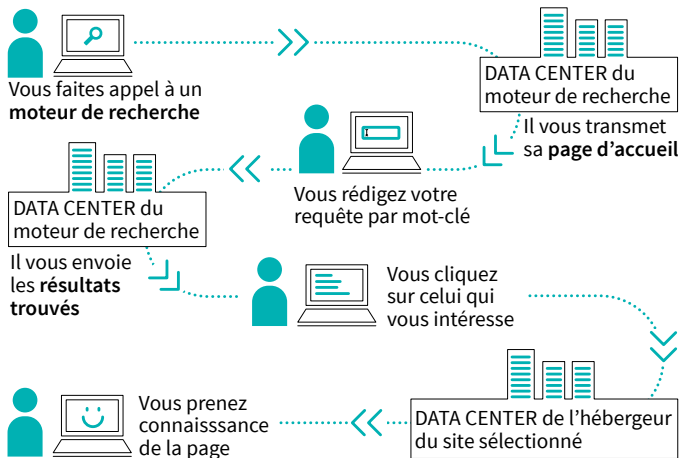
Exemple de la musique :

- ▶ Ne pas écouter la musique sur une plateforme de vidéos en ligne
- ▶ Télécharger sur son ordinateur la musique que l'on réécoute régulièrement

Quelles sont les applications énergivores ? Click clean
(Greenpeace) : <http://www.clickclean.org/france/fr/>

Requêtes internet

LA REQUÊTE WEB : COMMENT ÇA MARCHE ?



ADEME : *La face cachée du numérique*

Constat : Une recherche Google produit 7g de CO₂ ([article du Monde](#))

En cause : l'immense quantité d'énergie consommée par les quelques 500 000 serveurs de Google.

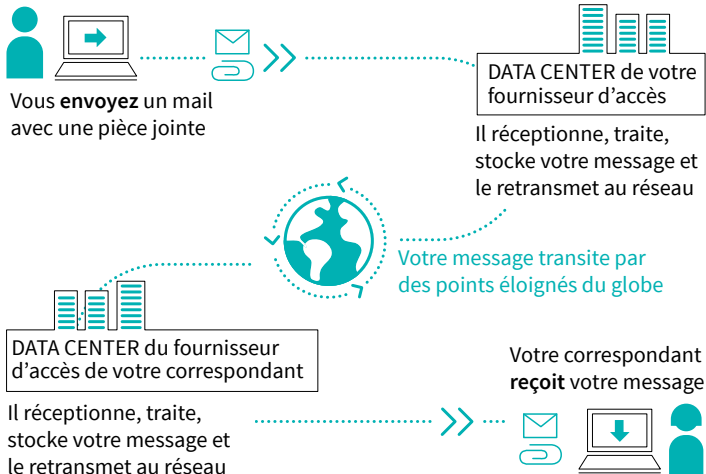
140 millions de recherches internet/heure soit 1000 allers-retours Paris-New York.

Recommandations : pour limiter ses recherches,

- ▶ **Marquer les pages** fréquemment utilisées (bookmarks).
- ▶ Pour retrouver une page déjà consultée, chercher dans l'**historique du navigateur** évite de solliciter un moteur de recherche.

Messagerie

L'ENVOI D'UN MAIL : COMMENT ÇA MARCHE ?



ADEME : *La face cachée du numérique*

À l'échelle mondiale, 55 à 95% des méls sont en fait des **spams**.
90% est filtré en amont par les outils anti-spam des serveurs de messagerie.

Ces spams, vous ne les voyez pas mais ils vous sont adressés
(sources Vade Retro, Altospam, Signal Spam).

Les spams émettent autant que 3 millions de voitures.

Messagerie : ordres de grandeur

Avertissement : il est très délicat de donner des chiffres précis de consommation (ex : comment l'électricité est-elle produite, selon les pays par lesquels passe un message ?).

Mél au format texte	4g CO2
Mél avec pièce jointe de 1Mo	19g CO2
Mél avec grosse pièce jointe	jusqu'à 50g CO2
SMS avec pièce jointe de 1Mo	0,001g CO2
Voiture	120g/km

- Un mél rédigé au format HTML est **12 fois plus lourd** que le même mél au format texte.
- Un mél, ou plus généralement une donnée numérique (téléchargement, vidéo, requête web, etc.) parcourt en moyenne 15 000km (data centres situés partout dans le monde...).
- Plus de 280 milliards de méls envoyés chaque jour dans le monde.

Messagerie : ordres de grandeur (suite)

- L'ajout d'une pièce de taille (au moins) 1 Mo, c'est (au moins) 19g de CO2 **par personne de la liste des destinataires**.
 - Chacun de nous produit en moyenne **130 kg de CO2 par an** avec les boîtes mail traditionnelles.
Pour un labo de 100 personnes, ça fait 13 tonnes équivalent CO2, ce qui revient à **14 allers-retours Paris-New York**.
- En cause :** les milliers de **pièces jointes**, qui ne sont jamais utilisées, et qui consomment inutilement l'énergie des serveurs.

Le protocole POP (Post Office Protocol)

- ▶ Quand vous consultez votre messagerie, le courrier est transféré du serveur vers votre client.
- ▶ Le coût énergétique est minimal, mais les messages sont sur un seul ordinateur.

Le protocole IMAP (Internet Message Access Protocol)

- ▶ Quand vous consultez votre messagerie, le courrier reste sur le serveur.
- ▶ Vous pouvez le consulter à partir de plusieurs clients.
- ▶ En se déchargeant sur le serveur, le client qui ne prend pas le temps du nettoyage de ses données augmente le coût énergétique associé.

Réception de mél avec pièce jointe : scénario 1

On suppose dans tous les scénarii que le mél est géré par IMAP.

Ouverture de la pièce puis : lecture et classement de la pièce jointe. La pièce jointe est alors présente dans :

- ▶ un dossier local,
- ▶ la sauvegarde sur un serveur,
- ▶ la sauvegarde déportée sur un autre serveur,
- ▶ le serveur de messagerie,
- ▶ la sauvegarde du serveur de messagerie,
- ▶ la sauvegarde déportée du serveur de messagerie.

Soit 6 fois la taille de la pièce jointe.

Réception de mél avec pièce jointe : scénario 2

Ouverture de la pièce puis : lecture et classement de la pièce jointe et synchronisation sur le cloud.

La pièce jointe est alors présente dans :

- ▶ un dossier local,
- ▶ la sauvegarde sur un serveur,
- ▶ la sauvegarde déportée sur un autre serveur,
- ▶ le serveur de messagerie,
- ▶ la sauvegarde du serveur de messagerie,
- ▶ la sauvegarde déportée du serveur de messagerie,
- ▶ le cloud,
- ▶ la sauvegarde du cloud,
- ▶ la sauvegarde déportée du cloud.

Soit 9 fois la taille de la pièce jointe.

Messagerie : vers de bonnes pratiques

- Rappelons que c'est le matériel qui pèse le plus dans notre impact (voir tableaux avant et après).
- Passer du temps à nettoyer sa boîte mail a au final peu d'impact.
- Ceci n'empêche pas d'adopter des pratiques plus économes, décrites juste après.

Messagerie : des bonnes pratiques

- Rédiger les messages en texte simple, pas en HTML.
- Pour les pièces jointes volumineuses, utiliser un cloud pour partager vos fichiers sous forme de lien.
- Ne pas envoyer de pièces jointes sur les listes de diffusion, utiliser un lien vers un cloud.

Exemple : PLMbox, cf. [portail math](#).

- Pour garder un message contenant initialement une pièce jointe, si le mél est géré par IMAP, **supprimer la pièce jointe après l'avoir lue/sauvegardée.**
- Supprimer les anciens mails et vider la corbeille.
- Se désabonner des newsletters qu'on ne lit pas.

Visioconférence

Ordre de grandeur :

1h de visioconférence = entre 150 et 1 000g éq. CO₂.

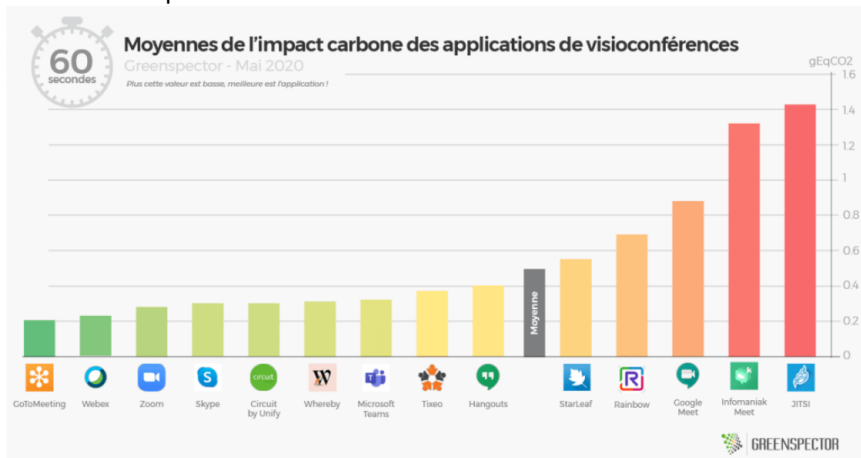
Sur un smartphone, pour l'ensemble des applications de visioconférence, la consommation d'énergie (mAh) est en moyenne **2,25 fois plus importante quand on ajoute la vidéo à l'audio**. Elle bondit de 14% lorsqu'on couple le partage d'écran à l'audio (source : [The conversation](#)).

Si vous coupez votre caméra, votre empreinte diminuera de 96% durant ce laps de temps. (source : [eurekalert](#)).

- Mettre la caméra de façon raisonnée.

Données Greenspector

NB : il s'agit d'usage sur smartphone, on n'a pas (encore) de telles données pour les ordinateurs.

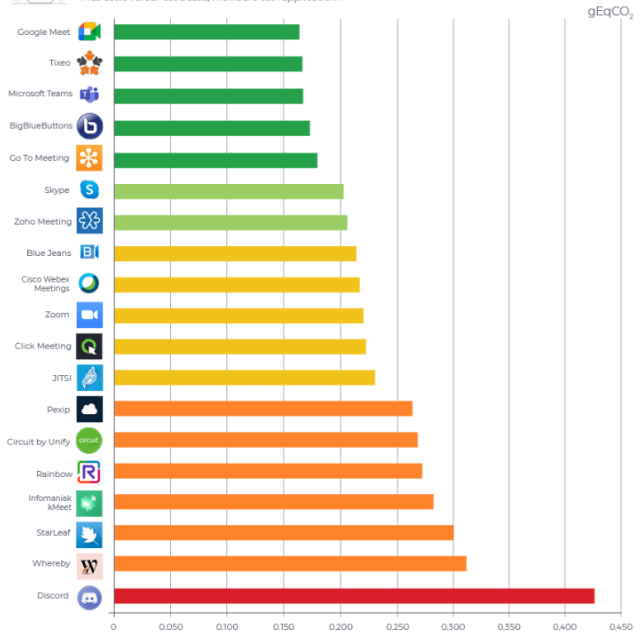




Impact carbone moyen d'une minute de visioconférence

Greenspector - Visioconférences - Avril 2021

Plus cette valeur est basse, meilleure est l'application !



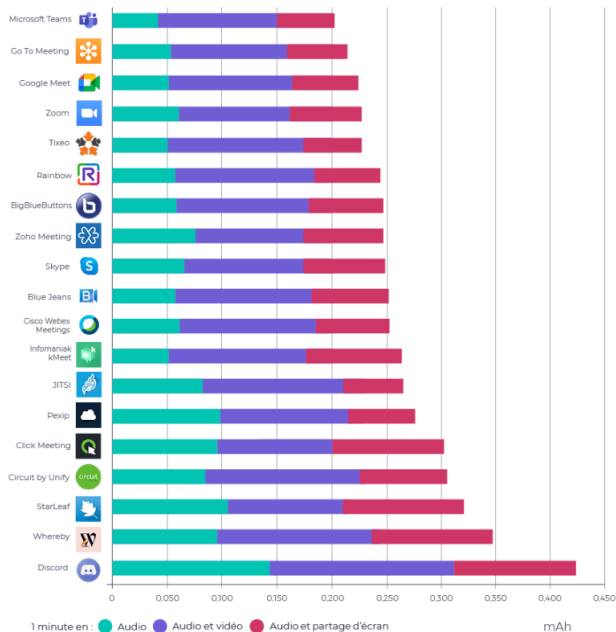
Mesures réalisées sur un smartphone Samsung S7 (Android 8)



Consommation d'énergie d'une minute de visioconférence sur mobile

Greenspector - Visioconférences - Avril 2021

Plus cette valeur est basse, meilleure est l'application !

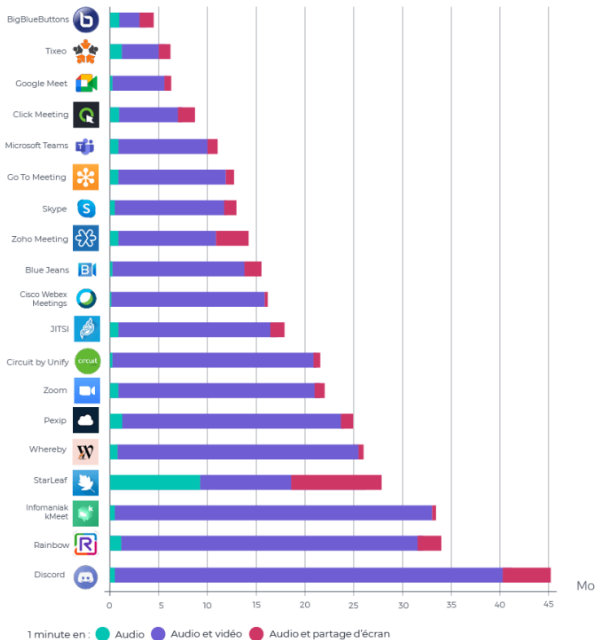




Données échangées d'une minute de visioconférence sur mobile

Greenspector - Visioconférences - Avril 2021

Plus cette valeur est basse, meilleure est l'application !



- ▶ Limiter l'utilisation du cloud.
- ▶ FAIR(E) : Utiliser des standards ouverts, pérenniser, garantir l'intégrité, pour mutualiser le coût d'acquisition et éviter de perdre les données acquises très souvent uniques, Intégrer dans les différentes étapes du cycle de vie de la donnée des éléments éco responsables par exemple, localiser la donnée au plus près de son usage pour minimiser le transport, permet également une consommation optimale des ressources allouées au traitement de ces données. Le réseau [SIST](#) est une bonne première porte d'entrée.

- Une heure.coeur de calcul dans le centre de calcul Gricad à Grenoble a une empreinte carbone liée directement aux équipements qui est due à 40% à la fabrication des serveurs ! Et en terme d'autres impacts, l'extraction et le traitement des matières premières nécessaires à la fabrication des composants électroniques sont également très polluants.

Référence : [ecoinfo](#), [article associé](#)

- Document “[Je code : les bonnes pratiques en éco-conception de service numérique à destination des développeurs de logiciels](#)”

- ▶ Page [ecoinfo sur la consommation énergétique de l'IA](#)

Contient notamment des liens vers des outils permettant de calculer la consommation d'énergie et l'empreinte carbone associée (en ligne ou téléchargeables).

- ▶ Cours “[Impact du numérique et de l'IA sur l'environnement](#)”, CentraleSupélec, Anne-Laure Ligozat, 18 mars 2021



Une newsletter = 10 grammes de CO2

Empreinte carbone du spam = émissions annuelles
de 3,1 millions de voitures



15.000 km = la distance moyenne parcourue
par un e-mail

281 milliards = nombre d'emails envoyés chaque jour
dans le monde



Une photo de vacances de 1 Mo à 10 amis
= 500 mètres en voiture

Une requête Google = une ampoule de 60 W allumée
pendant 17 secondes



Entre 10.000 et 50.000 e-mails non lus dans
une boîte de réception

Industrie du numérique = 2% des émissions globales
de CO2



Mes changements de comportement * ...	Sur :	Je réalise en moyenne une réduction d'émission de (kg CO2e)	C'est comme si j'arrêtais de faire en voiture...
Si j'achète un vidéoprojecteur plutôt qu'une télévision connectée	1 action	400	1 600 km
Si je garde mon ordinateur portable 6 ans au lieu de 4	2 ans	150 à 250	600 à 1 000 km
Si j'éteins ma box Internet et/ou TV tous les soirs	1 an	30 à 65	120 à 260 km
Si je n'achète pas la nouvelle enceinte connectée	1 action	176	704 km
Si je garde mon smartphone 4 ans au lieu de 2	2 ans	61	244km
Si je regarde deux heures de vidéo HD en moins par jour via mon smartphone en 4 G	1 an	 ITA 111	444 km
		 BEL 72	290 km
		 FR 18	72 km
Si je me désabonne de 50 newsletters envoyant chacune un mail de 1 Mo par semaine	1 an	9	36 km
Si je cesse de stocker 1 GB d'email – c'est-à-dire que j'en supprime plusieurs milliers	1 an	0,04	0,16 km

Source : conscience-numerique-durable.org

Des sites (très) utiles

- ▶ ecoinfo : ecoinfo.cnrs.fr, lettres d'information
- ▶ Librairie ADEME : librairie.ademe.fr
- ▶ GreenIT
- ▶ Shift project
- ▶ conscience-numerique-durable.org