

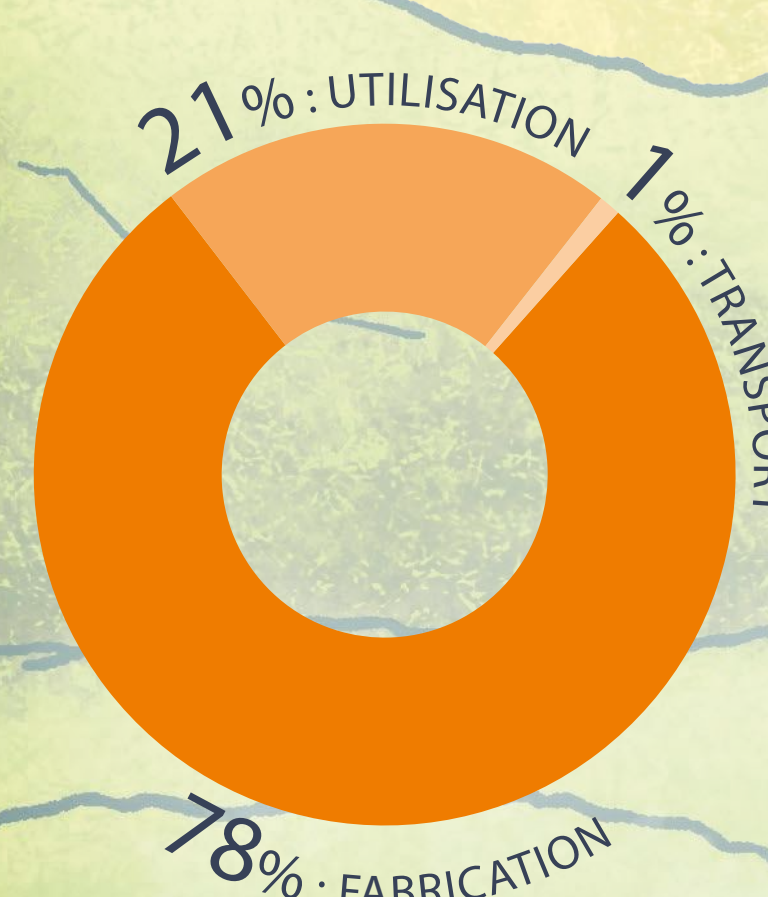
LE NUMÉRIQUE

ATOUT OU RISQUE POUR L'ENVIRONNEMENT ?

IMPACT DU NUMÉRIQUE SUR L'ENVIRONNEMENT

EMPREINTE CARBONNE

ÉMISSIONS DE CARBONE
DES APPAREILS NUMÉRIQUES



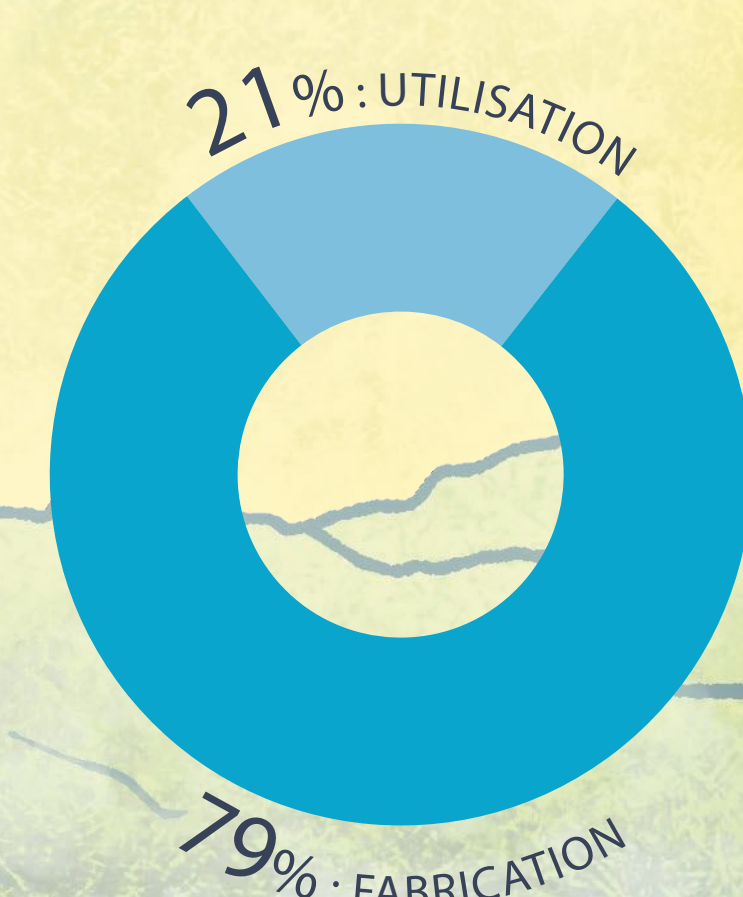
RÉSEAUX
Télécommunications, routeurs, antennes, wifi, etc. 8%

CENTRE DE DONNÉES
Baies de stockage, serveurs, climatisations, etc. 7%

APPAREILS NUMÉRIQUES
Téléphones, tablettes, ordinateurs, consoles, etc. 84%

BILAN EAU

CONSOMMATION EN EAU
DES APPAREILS NUMÉRIQUES



SAVIEZ-VOUS QU'IL FAUT 20 MILLIARDS DE M³ D'EAU DOUCE PAR AN POUR FABRIQUER DES APPAREILS NUMÉRIQUES DANS LE MONDE ?

C'EST 5 FOIS LA CONSOMMATION ANNUELLE DE LA FRANCE MÉTROPOLITAINE, OU L'ÉQUIVALENT DE 5 MILLIONS DE PISCINES OLYMPIQUES *

*SOURCE : FROST & HUA 2017, MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE

QUOI ? 20 000 000 000 M³ ?!
C'EST ÉNORME !!!

UN SOUTIEN À LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE...

Véritable révolution technologique, le numérique a évidemment des retombées positives sur l'environnement : des ÉCHANGES VIRTUELS remplacent des déplacements polluants, des SYSTÈMES INTELLIGENTS limitent les dépenses d'énergie des bâtiments, et des SOLUTIONS INFORMATIQUES gèrent en temps réel la consommation électrique d'un territoire et le fonctionnement d'éoliennes ou de panneaux photovoltaïques (comme avec les panneaux solaires sur les Monts Taihang, en Chine, illustrés ici).

... MAIS DES EFFETS PERVERS

Le numérique a aussi des CONSÉQUENCES NÉGATIVES sur l'environnement : avec

16,9 MILLIONS DE TONNES DE CO₂, il représente **2,5 % DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE EN FRANCE***, et **3 À 4 % AU NIVEAU MONDIAL**.

Cette EMPREINTE CARBONE vient surtout de la fabrication d'ordinateurs, tablettes, smartphones, et autres objets connectés.

Autre impact : la consommation et la pollution de l'eau, principalement dues à la FABRICATION DE NOS ÉQUIPEMENTS.

La PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ, NÉCESSAIRE POUR CRÉER ET UTILISER CES APPAREILS, CONSOMME, ELLE AUSSI, BEAUCOUP D'EAU !

*D'APRÈS UNE ÉTUDE DE L'ADEME ET DE L'ARCEP DE 2023

DISQUE QUIZ

L'UTILISATION DU
NUMÉRIQUE
PERMET-ELLE DE :

- A. Mieux gérer les ressources en eau et en électricité
- B. Limiter l'utilisation de pesticides
- C. Protéger les écosystèmes naturels
- D. Les trois

RÉPONSE D : LES TROIS

Le numérique aide à répartir les ressources et éviter les pertes. Il permet de savoir plus précisément quand des pesticides sont nécessaires, ou de mieux connaître les écosystèmes naturels et leur fonctionnement.

COMBIEN D'APPAREILS NUMÉRIQUES
AVEC ÉCRAN TROUVE-T-ON EN MOYENNE
DANS UN FOYER EN FRANCE MÉTROPOLITAINE ?

RÉPONSE : 10 APPAREILS

Dont 3 téléphones portables, 2 téléviseurs et 2 ordinateurs portables. Mais près d'un quart de ces équipements n'est pas utilisé et traîne au fond d'un tiroir...

Source : Baromètre du numérique, étude réalisée en 2023 par le CREDOC

L'EXTRACTION DE MÉTAUX

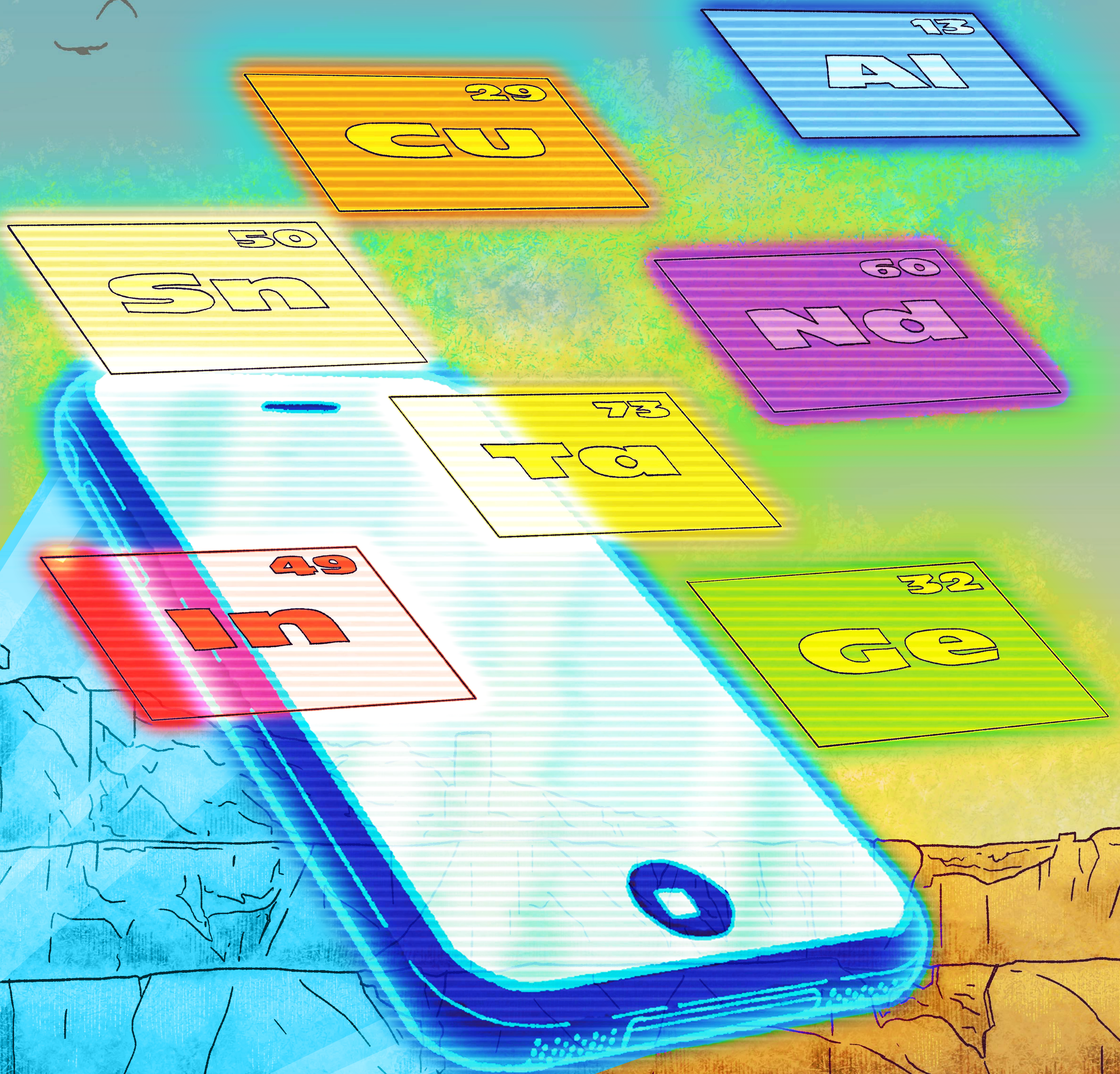
UNE ACTIVITÉ EXTRÊMEMENT POLLUANTE

DES MÉTAUX INDISPENSABLES...

Nos équipements électroniques contiennent BEAUCOUP DE MÉTAUX : jusqu'à 75 DIFFÉRENTS DANS UN SMARTPHONE*. Ils se trouvent dans la croûte terrestre. Les plus abondants (métaux de base) sont souvent mélangés à d'autres, en plus petites quantités (des co-produits).

Les appareils numériques nécessitent des métaux de base (cuivre, aluminium, étain...), et des co-produits (cobalt, tantale, indium, néodyme, germanium...), essentiels aux composants électroniques miniatures et aux écrans. Nous exploitons aujourd'hui une quantité et une diversité de métaux sans précédent.

**SOURCE : EMSBO ET AL. 2017, EOS SCIENCE.*



RIEN QUE POUR FABRIQUER DE L'ÉNERGIE PLUS VERTE, DANS LES 25 ANNÉES À VENIR, NOUS AURONS BESOIN D'EXTRAIRE AUTANT DE MÉTAUX QUE DEPUIS L'ANTIQUITÉ !

...EXTRAITS DANS DES CONDITIONS CATASTROPHIQUES

L'activité minière est un DÉSASTRÉ POUR L'ENVIRONNEMENT : elle détruit les sols des forêts, et consomme beaucoup d'eau. Elle libère des métaux lourds et fait appel à des éléments toxiques qui polluent les lacs, rivières ou nappes phréatiques avec des RISQUES POUR LA SANTÉ.

Sous la pression d'intérêts financiers, les mesures de protection nécessaires ne sont pas toujours prises. C'est le cas, par exemple, en République démocratique du Congo, où 40 000 enfants travailleraient dans des conditions catastrophiques au sein de mines de cobalt.

DISQUE QUIZ

COMBIEN DE KILOGRAMMES DE MATIÈRES PREMIÈRES FAUT-IL POUR RÉALISER UN ORDINATEUR PORTABLE DE 2 KG ?

- A. 200 kg (le poids d'un lion)
- B. 500 kg (le poids d'un dromadaire)
- C. 800 kg (le poids d'un bison)

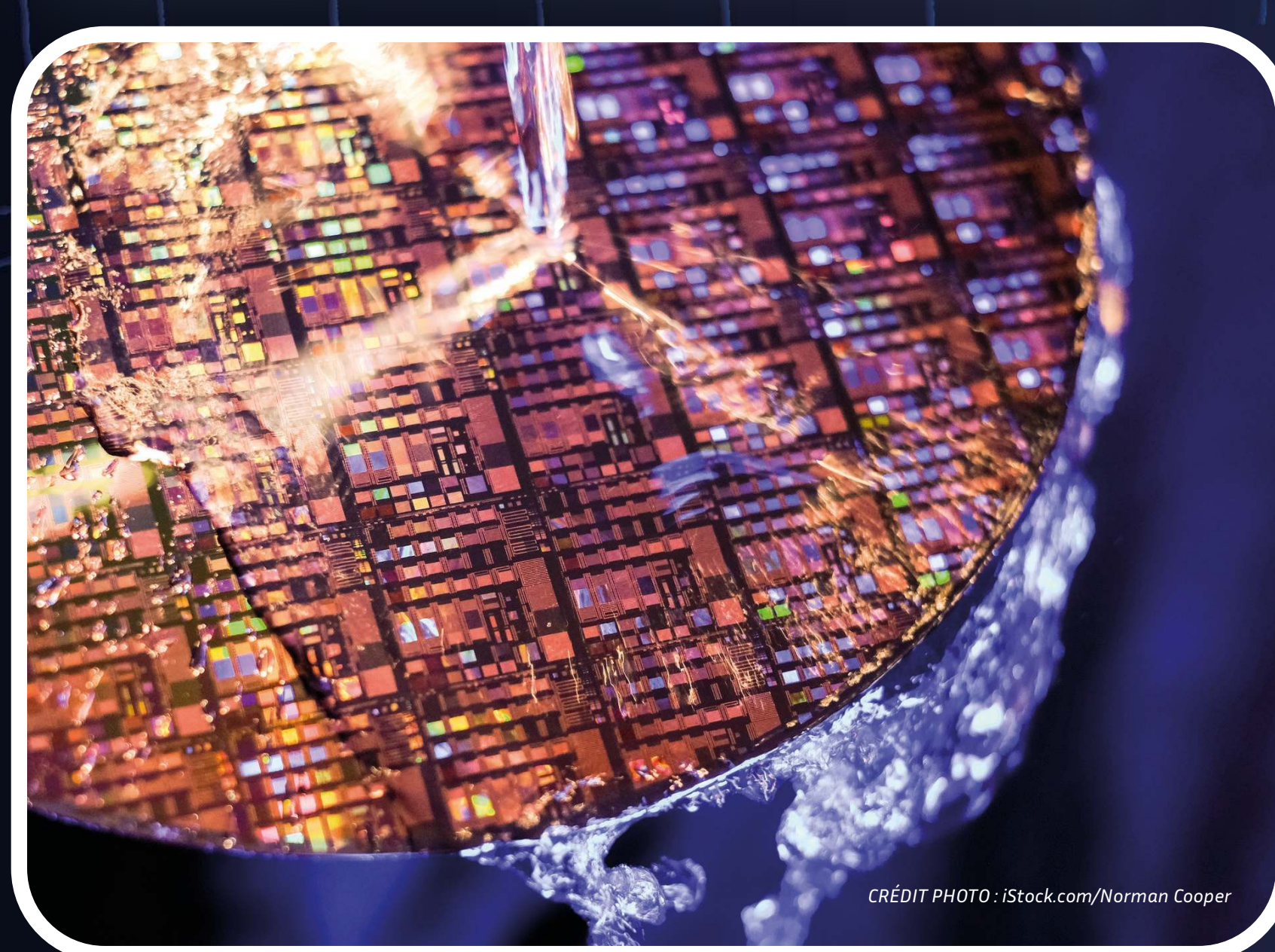
RÉPONSE C : 800 KG

Cela représente 400 fois son poids ! Cette phase de fabrication est également extrêmement énergivore et productrice de CO2.

LA PRODUCTION DE COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

UNE ACTIVITÉ COÛTEUSE EN EAU

Micro-processeurs, cartes graphiques, disques durs, capteurs en tous genres... Pour fabriquer ces composants électroniques, on grave généralement une image sur du silicium via la PHOTOLITHOGRAPHIE.



PHOTOLITHOGRAPHIE : LE RINÇAGE DES "WAFERS" (GAUFRETTES)

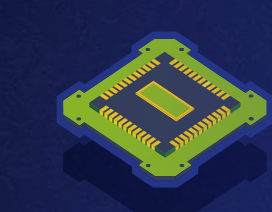
Or, cette succession d'opérations emploie de nombreux produits chimiques et NÉCESSITE UNE GRANDE QUANTITÉ D'EAU POUR RINCER LES PLAQUETTES DE PUCES (ou "wafers") à diverses étapes. Résultat : de l'eau chaude et sale, qui peut contenir des "polluants éternels", est rejetée à la sortie des usines.

UNE CONSOMMATION D'EAU COLOSSALE

La consommation d'eau nécessaire à la fabrication d'objets numériques en quelques chiffres :



1 FEUILLE DE PAPIER A4
10 l d'eau ou 7 bouteilles de 1,5 l



1 PUCÉ ÉLECTRONIQUE
32 l d'eau ou 21 bouteilles de 1,5 l



1 SMARTPHONE
910 l d'eau ou 6,5 baignoires



UNE GUERRE DE L'EAU

Alors que l'eau potable devient une ressource de plus en plus rare sur la planète, cette utilisation entre en conflit avec d'autres activités ou préoccupations écologiques.

TAÏWAN, 2020-2021 :

En pénurie d'eau douce, le gouvernement restreint notamment l'irrigation des rizières alors qu'il laisse tourner les usines de TSMC, producteur des deux tiers des puces électroniques du monde.



RIZIÈRES DE TAITUNG À TAIWAN

FRANCE, 2022 :

Près de Grenoble, l'agrandissement du site de ST Microelectronics est contesté. Alors qu'une partie de la région est placée en état d'alerte hydrique, l'industriel peut poursuivre la production de semi-conducteurs, à condition de réduire sa consommation d'eau de 10%.

ET SI ON ÉCRIVAIT DES LETTRES PLUTÔT QUE DES TEXTOS ?

FAUT PAS EXAGÉRER !

SOURCE : HEISE ONLINE (2016), BASÉ SUR « YOUR WATER FOOTPRINT » (2014) PAR STEPHEN LEAHY.

1 ORDINATEUR DE BUREAU
20 000 l d'eau ou 143 baignoires de 140 l

LE SMARTPHONE

UN CAS EMBLÉMATIQUE

En 20 ans, les smartphones ont révolutionné la vie quotidienne et sont souvent devenus indispensables. Mais leur fabrication pose des problèmes d'approvisionnement et de pollution.

LE CUIVRE

Très bon conducteur électrique, LE CUIVRE est utilisé POUR LES CIRCUITS IMPRIMÉS. Il est ESSENTIEL À LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE, qui s'appuie sur l'électricité pour décarboner l'énergie. La demande est telle que cet "or rouge" commence à manquer.

29

CU

CUIVRE
63.546

3

Li

LITHIUM
6.941

LE LITHIUM

Léger, LE LITHIUM est le métal phare des BATTERIES des téléphones portables ou des voitures électriques.

Une grande partie des réserves se trouve dans des salars, des déserts de sel détruits par l'extraction. Le lithium est obtenu par l'évaporation de millions de litres d'eau, ce qui menace l'accès à l'eau des populations locales dans ces zones arides.

79

AU

OR
196.96

L'OR

Un smartphone contient en moyenne 25 mg d'or. Excellent conducteur électrique et très résistant à la corrosion, c'est le matériau idéal pour des contacts solides entre composants électroniques.

Son extraction a un RENDEMENT TRÈS FAIBLE : un gramme d'or par tonne de minerai broyé. Elle consomme énormément d'eau et utilise souvent du cyanure, qui pollue les sols et les nappes phréatiques.

SAVIEZ-VOUS QUE PARMI LES PLUS DE 12 ANS, PLUS DE 8 FRANÇAIS SUR 10 ONT UN SMARTPHONE ?

DISQUE QUIZ

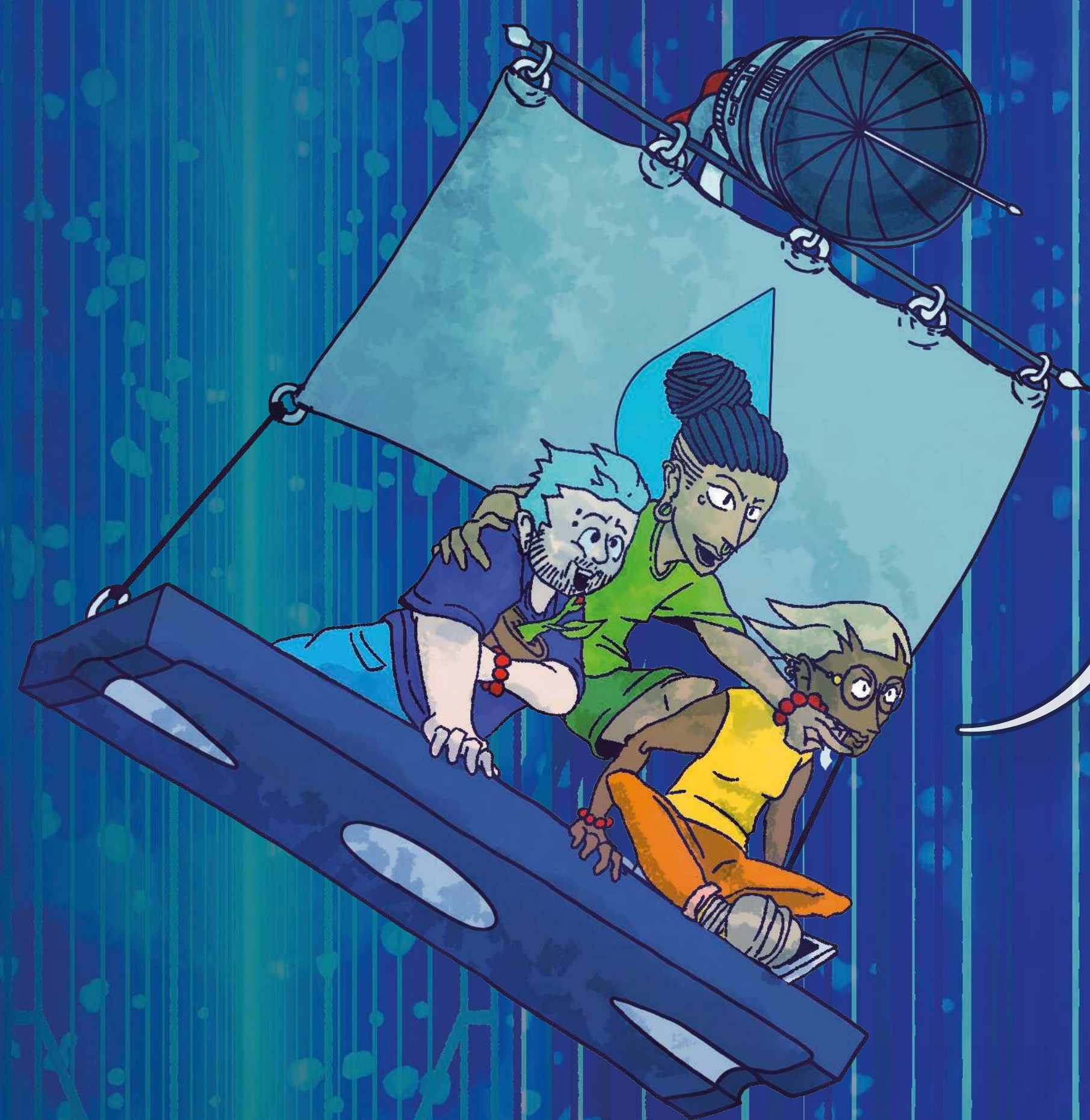
COMBIEN DE SMARTPHONES ONT ÉTÉ VENDUS DEPUIS L'APPARITION DE L'IPHONE EN 2007 ?

- A. 1 milliard
- B. 5 milliards
- C. 10 milliards

RÉPONSE C : 10 MILLIARDS

UNE UTILISATION DU NUMÉRIQUE

DE PLUS EN PLUS ÉNERGIVORE

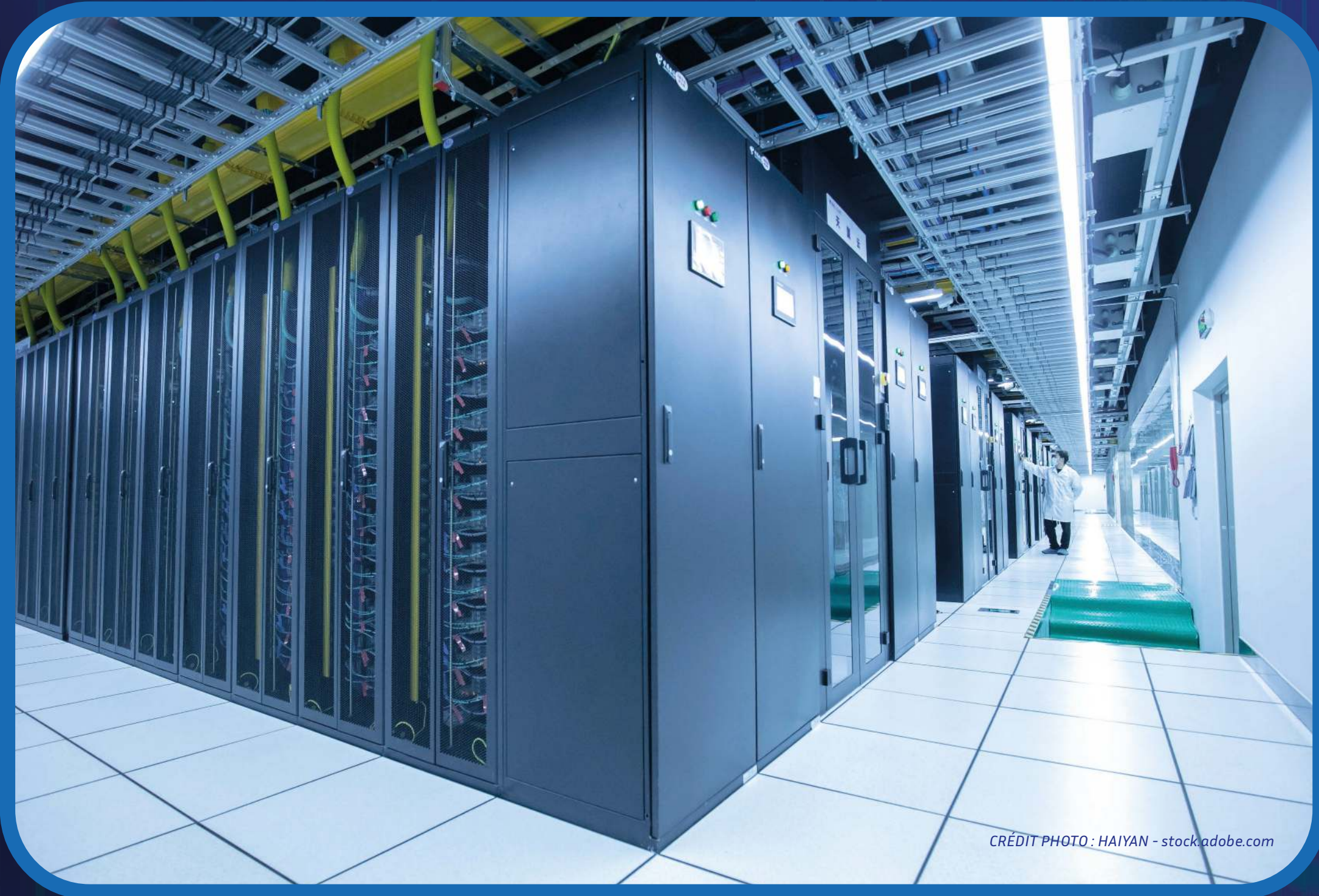


PLUS LA PUISSANCE D'UNE PUCE INFORMATIQUE AUGMENTE, PLUS IL FAUT D'ÉNERGIE POUR L'ALIMENTER ET LA REFROIDIR.

LES DATA CENTERS (CENTRE DE DONNÉES) : SOLUTIONS RÉVOLUTIONNAIRES, MAIS AUSSI GOUFFRES ÉCOLOGIQUES

Traiter, organiser, sécuriser et STOCKER DES DONNÉES INFORMATIQUES : c'est le rôle des *data centers*, indispensables au fonctionnement d'Internet.

Ils regroupent des ordinateurs centraux, serveurs, routeurs et baies de stockage, qui produisent de la chaleur. Or, la SURCHAUFFE endommage le matériel, ralentit ou interrompt les services, et peut causer l'explosion des équipements.



DATA CENTER DE CHINA TELECOM

Or, les *data centers* sont en général situés près des centres urbains, où les besoins en EAU POTABLE sont déjà importants.

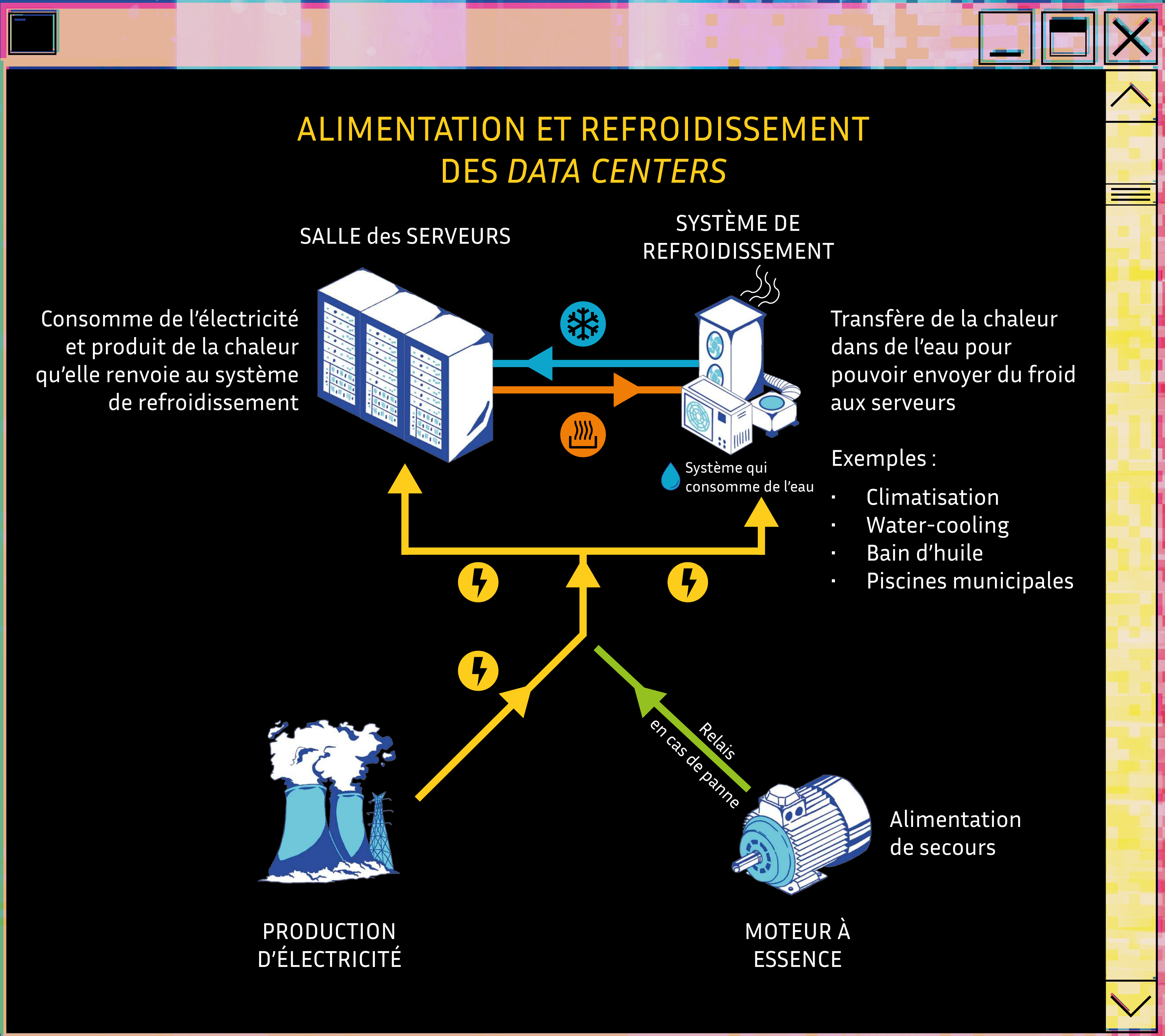
Dans les grandes villes fortement peuplées, la consommation d'eau des *data centers* peut créer des tensions en période de sécheresse. En 2022, une pénurie d'eau a ainsi conduit la ville d'Amsterdam, qui accueille d'importantes installations de Microsoft et Google, à réglementer l'implantation des *data centers* sur son territoire.



RIVIÈRE ASSÉCHÉE AUX PAYS-BAS

D'où la NÉCESSITÉ DE REFROIDIR LE MATÉRIEL en ventilant les salles, ce qui demande jusqu'à 2 millions de litres par jour pour un gros *data center* et hyperscale.

SOURCE : DATA CENTER WATER USAGE : A COMPREHENSIVE GUIDE, DGTL INFRA, 2024



DU COUP, ON POURRAIT SE DEMANDER
SI LES SERVICES RENDUS PAR CES
NOUVELLES TECHNOS SONT VRAIMENT
INDISPENSABLES...

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, SYNONYME D'ACCÉLÉRATION

Des études estiment qu'une conversation avec ChatGPT dépense l'équivalent d'un demi-litre d'eau : la puissance de calcul requise pour l'IA dépasse les usages précédents. S'il est encore difficile d'avancer des chiffres fiables, il est sûr que l'IA générative, qui crée des textes, images ou vidéos, amplifie l'impact environnemental du numérique.

Consommation de Microsoft en 2022

arrivée de chatGPT le 30 Nov 2022

+34%

augmentation
par rapport à 2021

**6.4
MILLIARDS
DE LITRES D'EAU**

Soit 1,5 fois
la consommation d'eau
de la France Métropolitaine



Consommation de Google en 2022

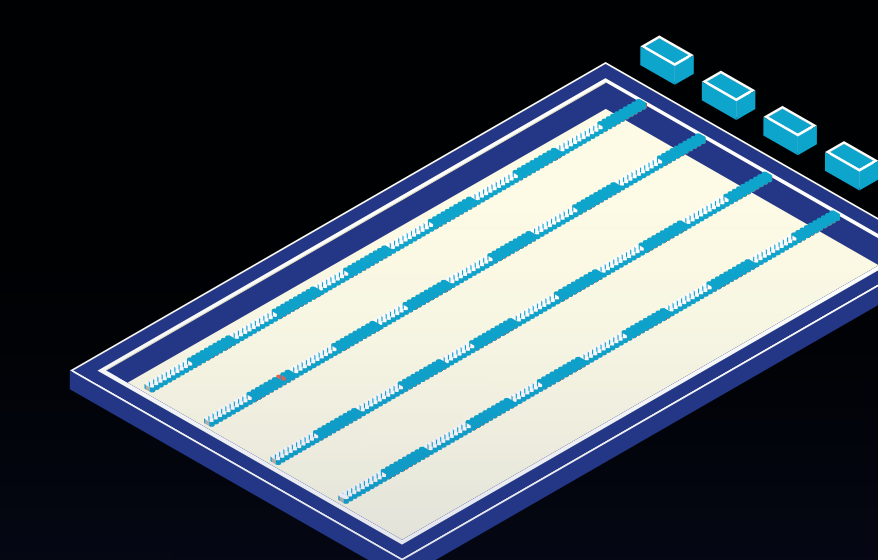
+20%

**21.2
MILLIARDS
DE LITRES D'EAU**

Soit 5 fois
la consommation d'eau
de la France Métropolitaine



OU
5 millions de
piscines



SOURCE : RAPPORTS DE RESPONSABILITÉ ENVIRONNEMENTALE DE MICROSOFT ET GOOGLE

LES DÉCHETS ÉLECTRONIQUES

QUEL AVENIR POUR NOS MATÉRIELS USAGÉS ?

Saviez-vous que moins d'un quart des déchets électroniques est collectés pour recyclage ? C'est pourtant le type de déchet qui croît le plus rapidement au monde !

En cause : la durée de vie des équipements électroniques, qu'on appelle l'obsolescence, plus ou moins programmée par les constructeurs, ainsi que des possibilités de réparation limitées.

Une fois les appareils collectés, on n'arrive à recycler qu'une toute petite fraction des métaux qu'ils contiennent. Dans le cas des téléphones, on recycle à peine 1 % de leur poids en or, argent, cuivre.

SOURCE : SYSTEXT, MINE SECONDAIRE ET RECYCLAGE, 2024

SAIS-TU QU'EN UN AN, ON POURRAIT REMPLIR 2 MILLIONS DE BENNES À ORDURES MÉNAGÈRES AVEC NOS DÉCHETS ÉLECTRONIQUES ? SOIT UNE FILE ININTERROMPUE DE CAMIONS, DE 16 000 Km !

SOURCE : THE GLOBAL E-WASTE MONITOR 2024

L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ A CARRÉMENT PARLÉ DE "TSUNAMI DE DÉCHETS ÉLECTRONIQUES" !

DES TONNES DE DÉCHETS...

D'après l'Organisation mondiale de la santé, 62 MILLIONS DE TONNES de déchets électroniques sont produites chaque année dans le monde avec une répartition très inégale selon les régions.

QUANTITÉ DE DÉCHETS EN KILOGRAMMES PAR HABITANT :



...RAREMENT RECYCLÉS

Nos anciens appareils finissent trop souvent au fond d'un tiroir, et trop peu en recyclerie. Beaucoup s'entassent aussi dans des décharges à ciel ouvert, principalement dans les pays les plus pauvres. Là, ils sont triés à la main puis recyclés, stockés ou brûlés à l'air libre, quand d'autres sont jetés à la rivière dont ils polluent durablement l'eau.

Or, ces déchets contiennent de nombreuses substances toxiques (plomb, nickel ou mercure), qui mettent en danger des millions de personnes, en particulier les populations locales.

DISQUE QUIZ

COMBIEN DE TÉLÉPHONES FINISSENT CHAQUE ANNÉE À LA POUBELLE OU DANS UN TIROIR ?

- A. Plus de 500 000
- B. Plus de 5 millions
- C. Plus de 5 milliards

RÉPONSE C : PLUS DE 5 MILLIARDS

45 % des personnes interrogées conservent leur ancien smartphone "au cas où", tandis que 15 % indiquent avoir pour projet de le vendre ou de le donner ultérieurement.

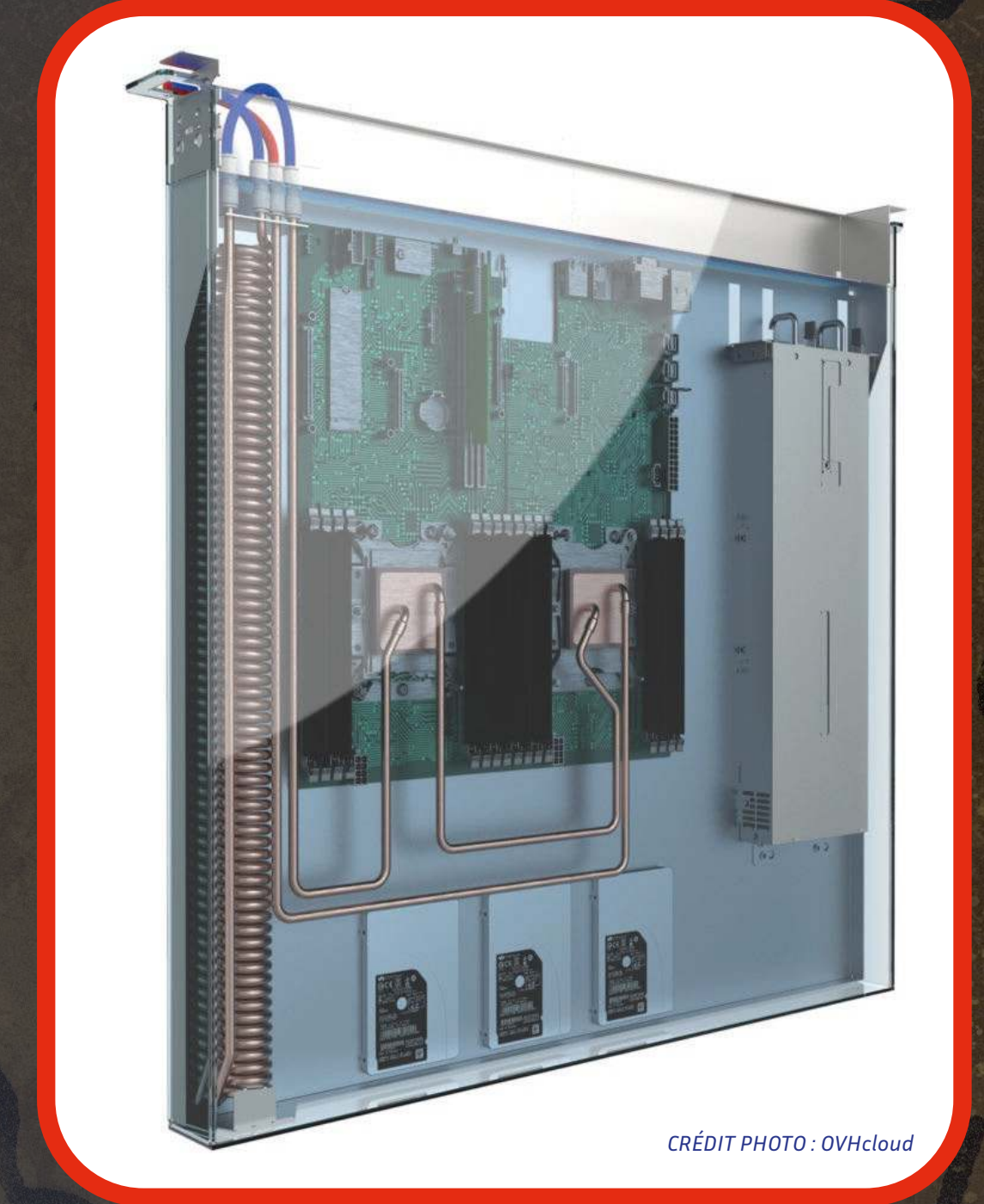
Étude réalisée en 2022 par le forum international sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE).

ET MAINTENANT ?

QUELLES SOLUTIONS POUR LIMITER L'IMPACT DU NUMÉRIQUE SUR L'ENVIRONNEMENT ?

VERS DES DATACENTERS MOINS ÉNERGIVORES ?

Des équipes scientifiques cherchent des solutions pour réduire la consommation d'énergie des data centers. Voilà 20 ans qu'OVHcloud, géant français de l'hébergement web, utilise le **WATERCOOLING** : la circulation d'eau froide dans les ordinateurs, qui évite de climatiser l'entièreté des salles serveurs. Cela réduit la consommation d'électricité et d'eau. Et pour plus d'efficacité, l'entreprise nordiste mise désormais sur l'immersion de ses serveurs dans des bains d'huile.



Autre approche : **RÉCUPÉRER LA CHALEUR** des data centers pour chauffer des bâtiments. C'est l'idée de Qarnot Computing, une startup française qui a expérimenté son système en Finlande et veut maintenant se développer en Europe.

En 2022, Inria et Qarnot Computing lançaient PULSE avec le soutien de l'Ademe, pour valoriser la "chaleur fatale informatique" en améliorant la réduction et le recyclage des émissions du calcul intensif.

ÇA FAIT DU BIEN DE SE PASSER DE SON
SMARTPHONE DE TEMPS EN TEMPS !

QUELS USAGES RAISONNABLES POUVONS-NOUS FAIRE DES OUTILS NUMÉRIQUES ?

Chacun peut agir à son niveau. Soyons honnêtes : ce n'est pas uniquement parce qu'un appareil est tombé en panne que nous en achetons un nouveau... Les motivations sont souvent : d'avoir un smartphone dernier cri (ah, la mode !), un ordinateur plus puissant (mais pour quoi faire ?) ou une deuxième tablette (une seule par famille ne suffit vraiment pas ?) ... Mais changer nos comportements n'est pas simple !

Nos appareils nous demandent parfois des mises à jour qui les ralentissent au point de devenir inutilisables. La dépendance toujours croissante de nos sociétés au numérique rend alors leur remplacement urgent.

Réduire l'impact du numérique est une responsabilité à la fois individuelle et collective. Et pose une question essentielle : quelle société voulons-nous pour demain ?

Chez Inria, les scientifiques cherchent à construire un monde écoresponsable par la transition énergétique et un numérique plus frugal. Ils et elles s'interrogent sur les questions suivantes : comment "faire plus avec moins" ? Comment penser la contrainte énergétique et la réduction de l'impact environnemental dès la conception de nouvelles technologies logicielles ?

DISQUE QUIZ

À QUELLE
FRÉQUENCE LES UTILISATEURS
CHANGENT-ILS EN MOYENNE DE
TÉLÉPHONE ?

- A. Un à deux ans
- B. Deux à trois ans
- C. Trois à quatre ans

RÉPONSE B : DEUX À TROIS ANS
Bonne nouvelle : cette durée augmente
légèrement, grâce à la meilleure résistance
des appareils.

REGARDER 30
MINUTES DE VIDÉO EN LIGNE
PRODUIT AUTANT DE GRAMMES
DE CO2 QUE PARCOURIR :

- A. 100 m avec une voiture thermique
- B. 1 km avec une voiture thermique
- C. 10 km avec une voiture thermique

RÉPONSE A : 100 M AVEC UNE VOITURE THERMIQUE
« Regarder 30 minutes de vidéo en ligne produit 36
grammes de CO2 d'après l'Agence internationale de
l'énergie. Cette valeur dépend du matériel utilisé, de la
qualité de la vidéo, mais aussi de la source d'énergie
qui alimente les appareils en électricité (charbon,
énergies vertes, nucléaire, etc.). La production
totale croît à cause de l'augmentation de
la consommation de vidéos et du
nombre d'utilisateurs. »

