

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

JFR - 13 octobre 2023



Dr NEROT Alexandre
alexandre@nerot.net



Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

Avant le numérique ?

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?



Le développement des radiographies

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?



Le passage des produits chimiques néfastes à
l'archivage numérique

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?



Selon Anne-Cécile Orgerie, chercheuse CNRS à l'Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires (Irisa) :

« Le numérique fait partie du problème et pas seulement de la solution ».

Écoresponsabilité numérique en radiologie

La radiologie moderne est, par définition, **une activité créatrice et consommatrice de données numériques.**



L'empreinte du numérique n'est pas virtuelle, l'invisibilisation de l'usage est à la source de l'insensibilité écologique

Les principes du Life Cycle Assessment

Quels impacts ?

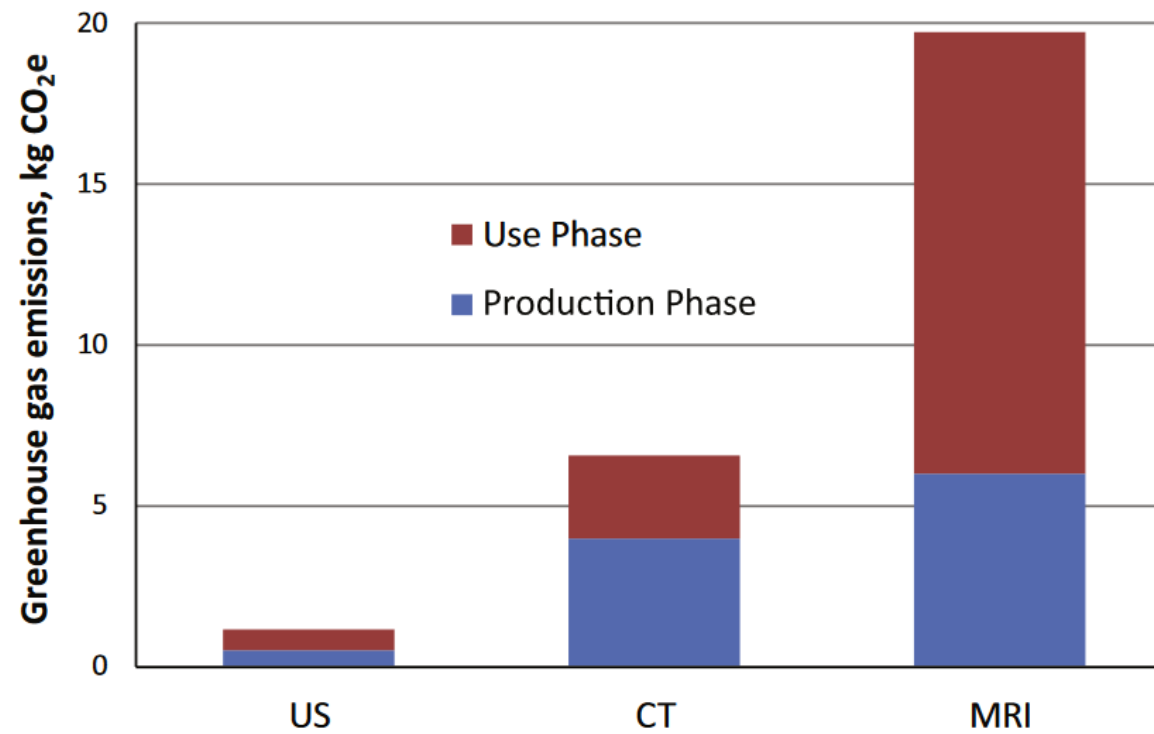
Pour réduire l'impact environnemental d'un procédé, il faut aller au-delà des déchets visibles et prendre en compte le cycle de vie complet des produits.

L'analyse du cycle de vie (**LCA** pour **Life Cycle Assessment**) est un outil utile pour estimer l'impact environnemental cumulé d'un produit depuis l'**extraction des matières premières** jusqu'à son **élimination en fin de vie**, en passant par la **production** et l'**utilisation**.

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

Les principes du Life Cycle Assessment

Extraction des matières premières + production > utilisation.



Les principes du Life Cycle Assessment

“L’ensemble des techniques d’imagerie serait responsable à lui seul de près de **1% des GES d’un pays développé.**”

La santé représente 10% environ des GES d’un pays.
Pour comparaison le numérique 6% et l’aviation 8%.

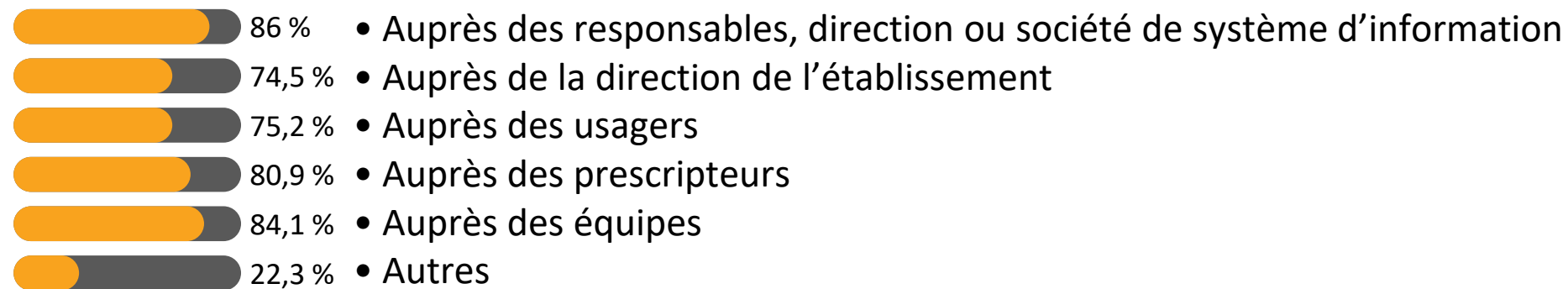
Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

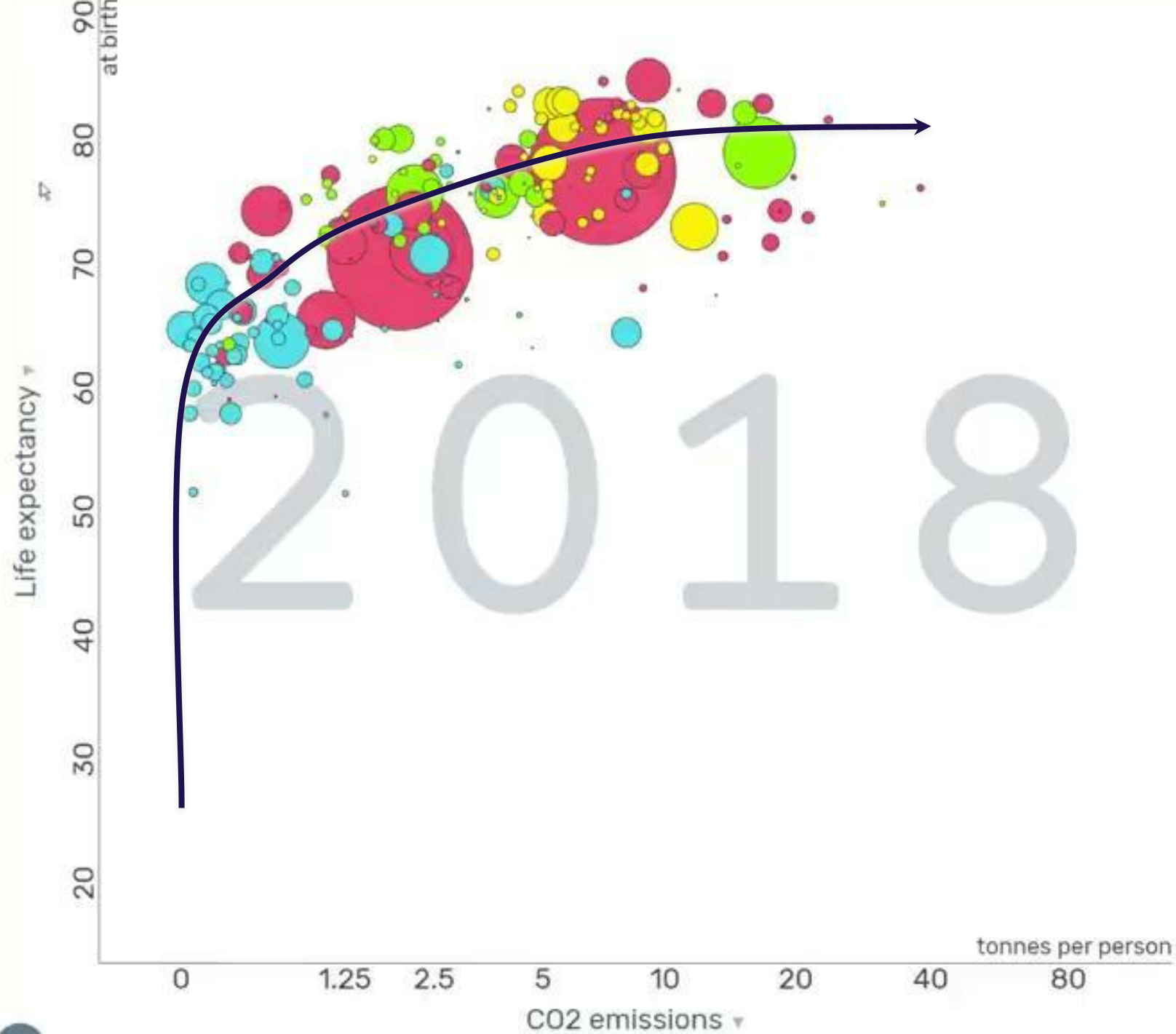
Introduction

Dans une enquête du CNEH à laquelle ont participé **163 radiologues hospitaliers et libéraux**, ces derniers ont répondu à la question suivante :

*« Face à l'accroissement de production des données, de leur accès et de leur stockage, **avec quels acteurs, faut-il travailler en priorité pour identifier et promouvoir les bonnes pratiques** sur le bon usage des datas en radiologie-imagerie ? ».*

Leurs réponses témoignent de la nécessité de mobiliser toutes les parties prenantes de l'écosystème de la discipline :



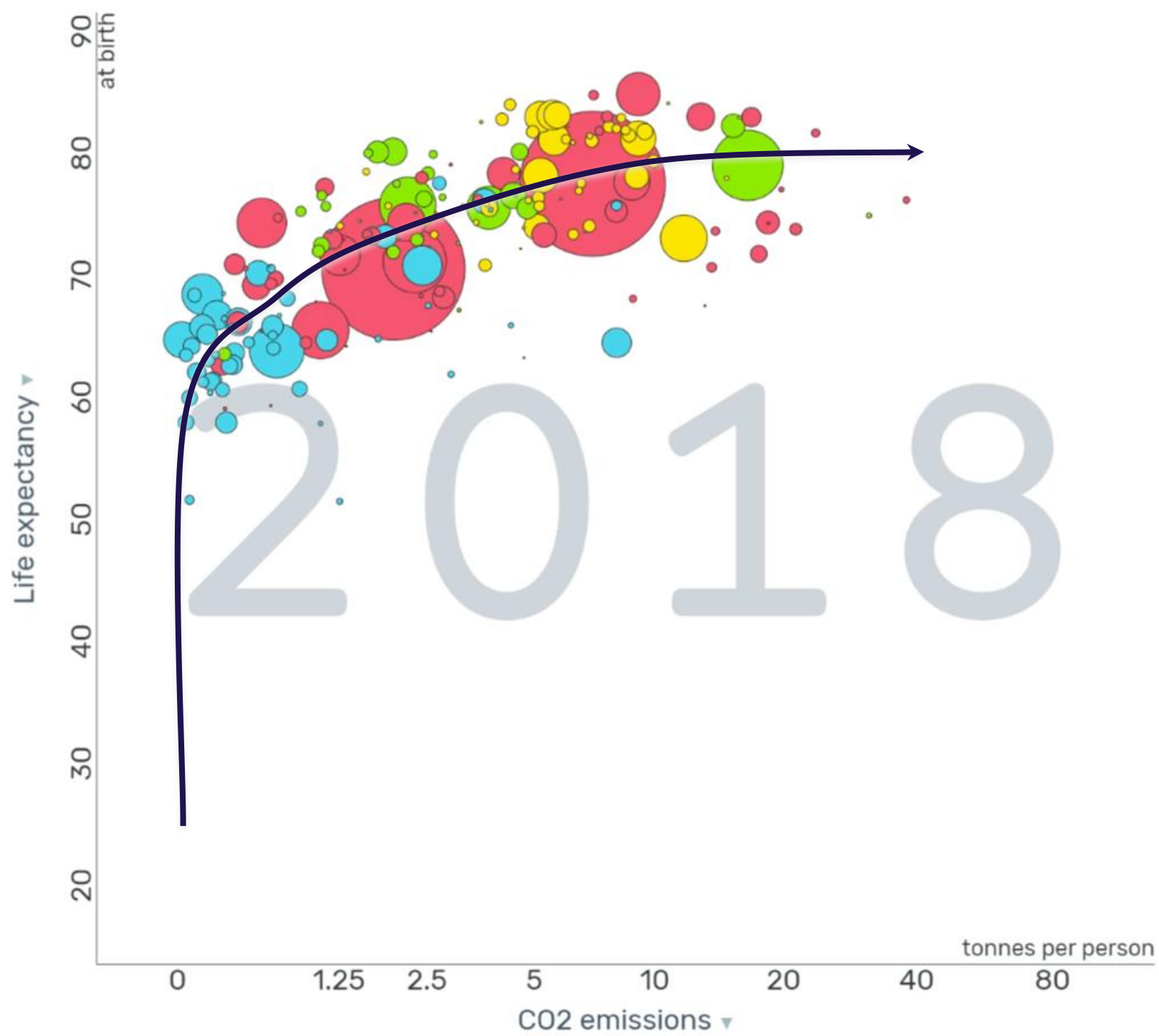


Select

Afghanistan
Albania
Algeria
Andorra
Angola
Antigua and Barbuda
Argentina
Armenia
Australia
Austria
Azerbaijan
Bahamas
Bahrain
Bangladesh
Barbados
Belarus
Belgium
Belize
Benin
Bhutan
Bolivia
Bosnia and Herzegovina
Botswana
Brazil
Brunei
Bulgaria
Burkina Faso
Burundi
Cambodia
Cameroon
Canada
Cape Verde
Central African Republic

Size

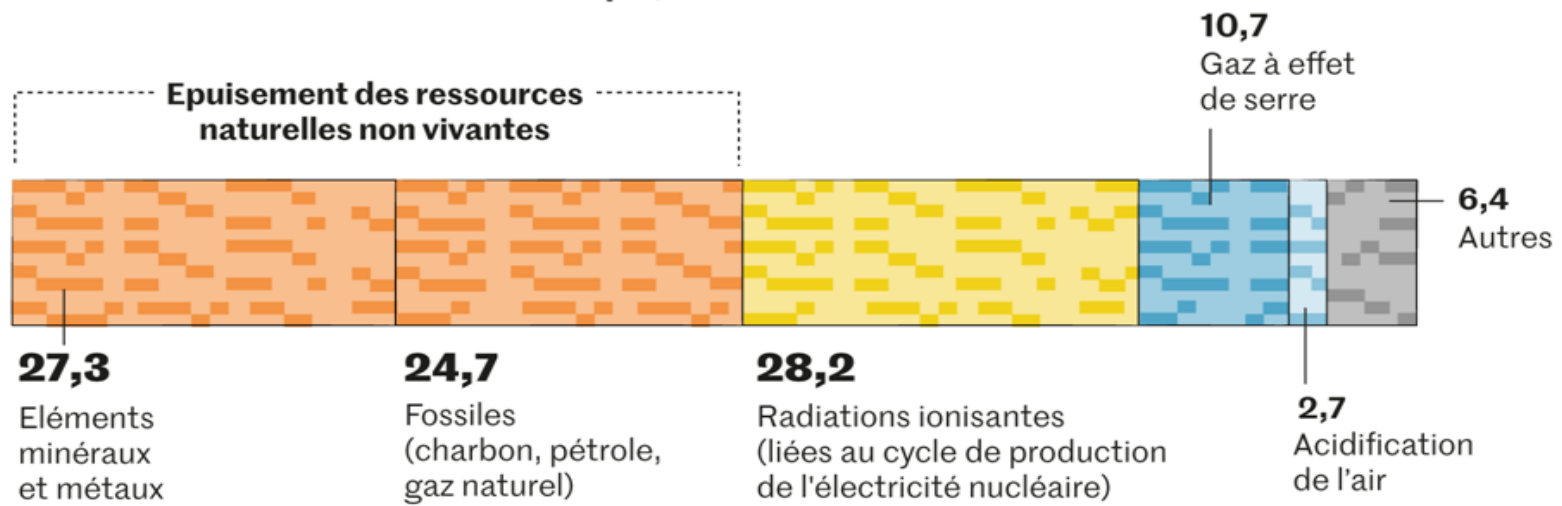
Zoom    



Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

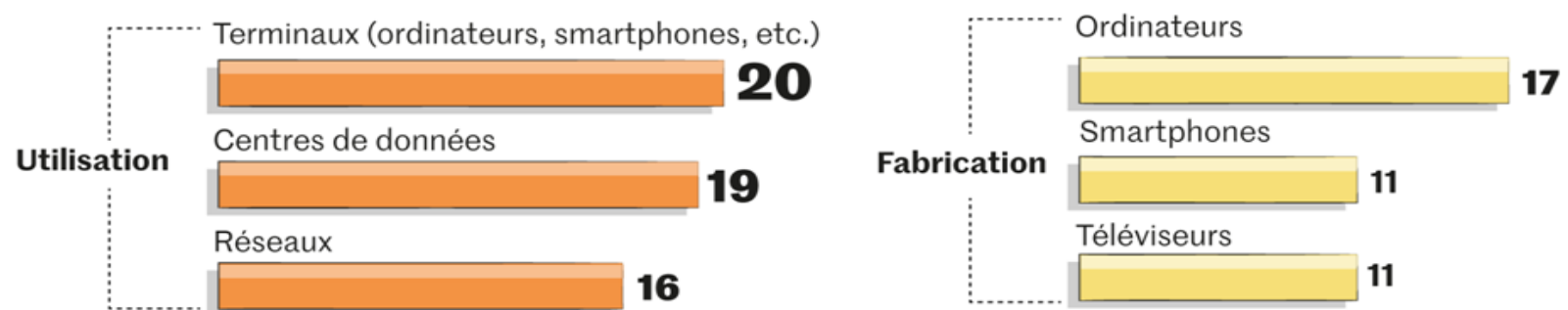
Le « carbone » n'est pas le premier impact du numérique sur l'environnement

Impacts environnementaux liés au numérique, en %



Les terminaux sont les plus voraces

Consommation énergétique du numérique, en %, en 2017



Infographie : Le Monde
Sources : Arcep, The Shift Project



“La quantité totale de métaux à produire [...] pour les 35 prochaines années [...] serait équivalente à la quantité totale [cumulée...] de métaux produite depuis l'antiquité.”

A large, smooth, reddish-brown sphere, resembling a giant egg or a polished stone, sits on a dark, rocky, and uneven ground. The background is a vast, open, arid landscape with sparse vegetation and distant hills under a clear sky. The sphere is positioned in the lower center of the frame, casting a soft shadow to its right.

Notre génération consommera plus de ressources
métalliques que les 2500 générations précédentes.

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

Life Cycle Assessment



EML / Radio / Echo

Nos machines sont lourdes,
consommatrices en métaux, en
énergie et proviennent de l'autre
bout du monde.

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

Life Cycle Assessment

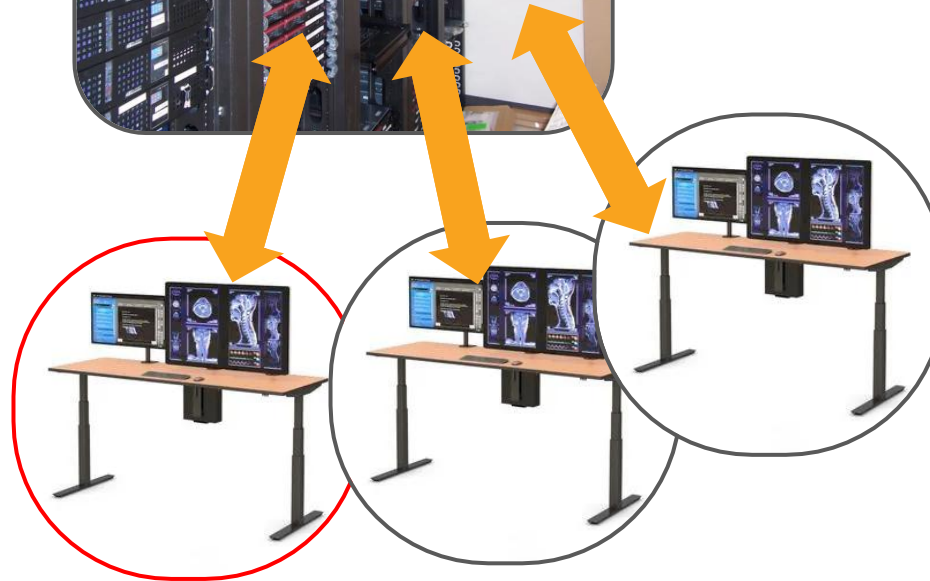
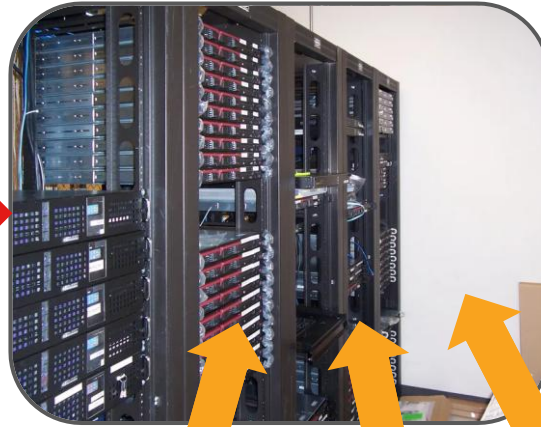


Stockage / PACS

Les données médicales d'imagerie sont stockées sur le PACS avec des problématiques d'accès multiples (radiologues et correspondants), de sécurité (données sensibles) et d'intégrité

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

Life Cycle Assessment

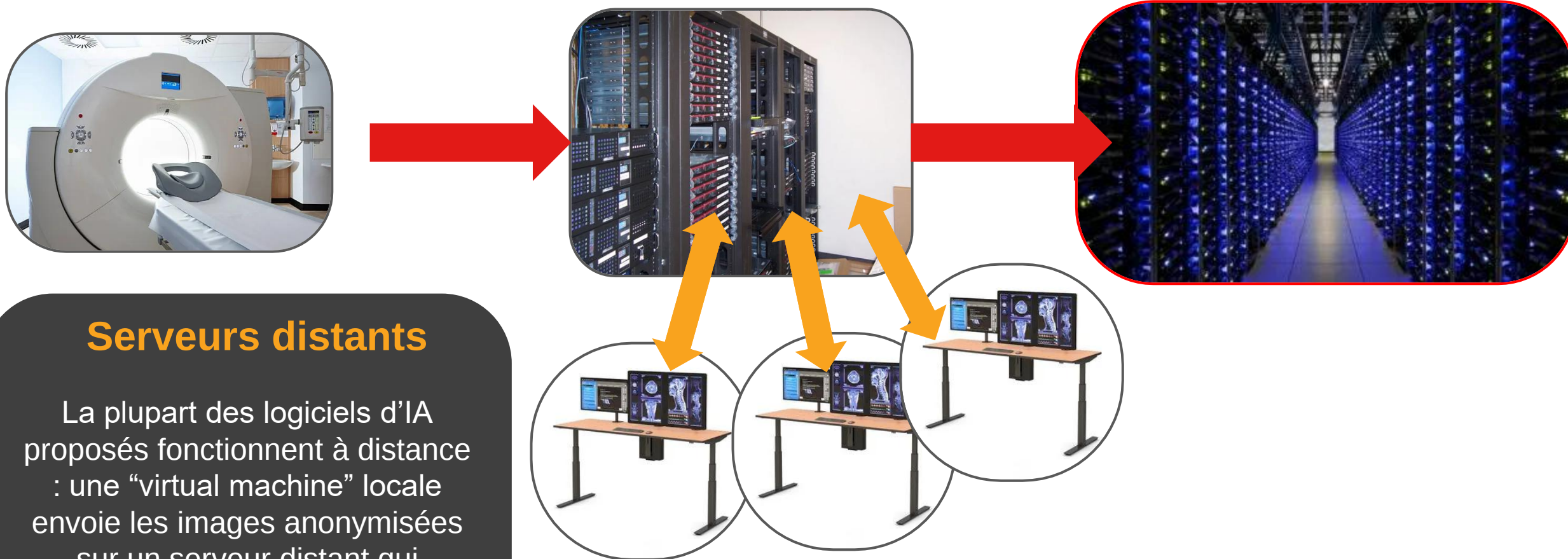


Postes de travail

Chaque poste de travail correspond à un ordinateur en général supérieur aux simples stations de bureautique et jusqu'à 3 écrans.

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

Life Cycle Assessment



Serveurs distants

La plupart des logiciels d'IA proposés fonctionnent à distance : une "virtual machine" locale envoie les images anonymisées sur un serveur distant qui s'occupe de l'analyse

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?



Consommation électrique à la production

The actual active patient scan energy that produces the images is only about 1.6% of this total life cycle energy.

The CT in-hospital energy related to idle periods, where the machine is on but no patients are being scanned and is 14–30-fold higher than the energy used for the CT image.

=> En Europe, la perte en énergie par l'absence du mode « veille » ou « éteint » des machines de radiologie a été estimée à 49 TWh en 2020.

(soit 10% de la production électrique effective française annuelle, soit l'éolien + le solaire + méthanisation)

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?



Stockage

Chaque examen génère de nouvelles images. Mais :

- activité scanner en hausse
- augmentation du nombre de reconstructions (mou, os, IA, reco itératives...)

Résultat : Un scanner produisait 160 Mégabytes (MB) en 2020 contre 66 en 2011.

Environ 1200 scanners en France et environ 700 IRMs.

Soit environ 15-20 To de données par jour en France, qui devront être (multi) sauvegardées pendant plus de 20 ans.

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?



Caractéristiques des données d'imagerie

- La **confidentialité** : données médicales sensibles
- **L'intégrité** pendant plus de 20 ans (patient majeur), et dont le délai est remis à zéro à chaque examen
- La **disponibilité** : usagers multiples

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

Les données comme « **pollution** » :
problématique de l'accumulation de données médicales parfois inutiles.

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?



Stockage

Le stockage se fait en multiples copies, si possible dans des lieux différents pour permettre l'intégrité des données.

Les salles sont censées être réfrigérées.

Pas d'estimation de la consommation des data center spécifiques de l'imagerie... mais probablement une part importante liée à leur fonctionnement permanent avec une part non négligeable de la climatisation (cf consommation électrique d'une salle de scanner).

Dans un cas général :

- 1 To de données sur votre disque dur : 25kg eqCO2
- 1 To de données en data center : 215kg eqCO2

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?



Stockage



>> Un tri des séquences à sauvegarder permet d'alléger le poids des examens.

Exemple des reconstructions parenchyme et os qui sont applicables par simple filtre sur l'image d'origine.

Ces propositions se heurtent pour l'instant aux problèmes de contraintes légales, de l'absence de dossier médical commun partagé, de l'absence de maîtrise des outils de post-traitement d'images de la part des cliniciens. Elles ne trouveront pas de solution immédiate sans limiter significativement l'accès aux données nécessaires à une pratique médicale optimale.

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?



L'informatique locale

Les consoles d'interprétation ne sont pas n'importe quel ordinateur avec des processeurs voire des cartes graphiques spécifiques.
Ils consomment plus que les ordinateurs de bureautique classique et sont mis à jour plus fréquemment.

32 stations de travail consomment par an 53 000 kWh



>> Un procédé d'extinction automatique permet d'économiser la consommation nocturne des appareils "oubliés" (en plus de participer à la cyber-sécurité) : diminution de la consommation d'environ 45%.

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?



IA et informatique extériorisée

Que représente l'IA ?

L'IA d'aujourd'hui :

- amélioration des images : en général en local
- analyse automatisée d'une question : en VM + VPN

L'IA de demain ?

plus de puissance de calcul... probablement à distance ?

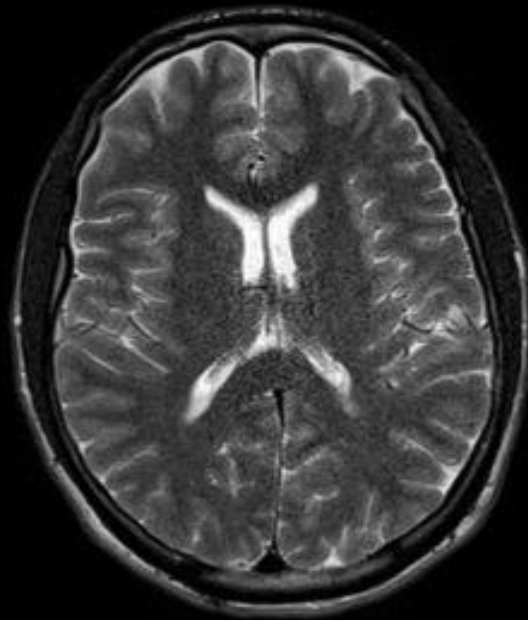
Quelle taille ?

Quels objectifs ?

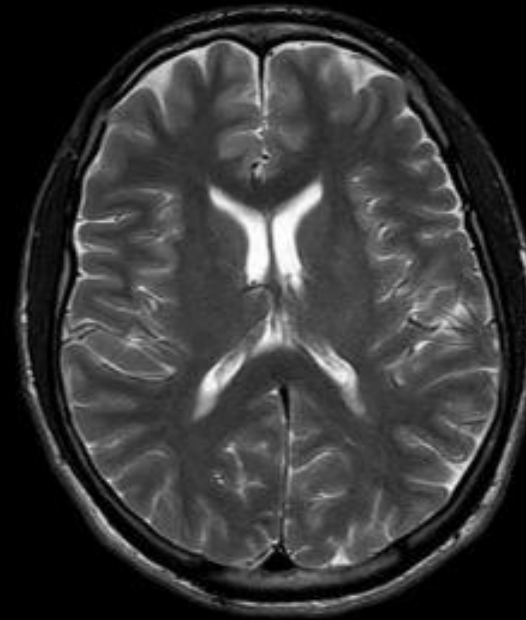
Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

L'IA d'aujourd'hui :

- amélioration des images :
 - Gestion du bruit dans l'image
 - Gain de temps d'acquisition ou qualité d'image
 - Peut être réalisé en local (a priori mieux avec les données sources de l'espace k)



Conventional
reconstruction



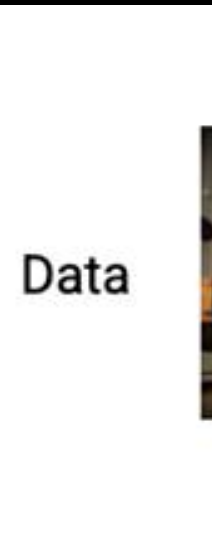
Avec IA

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

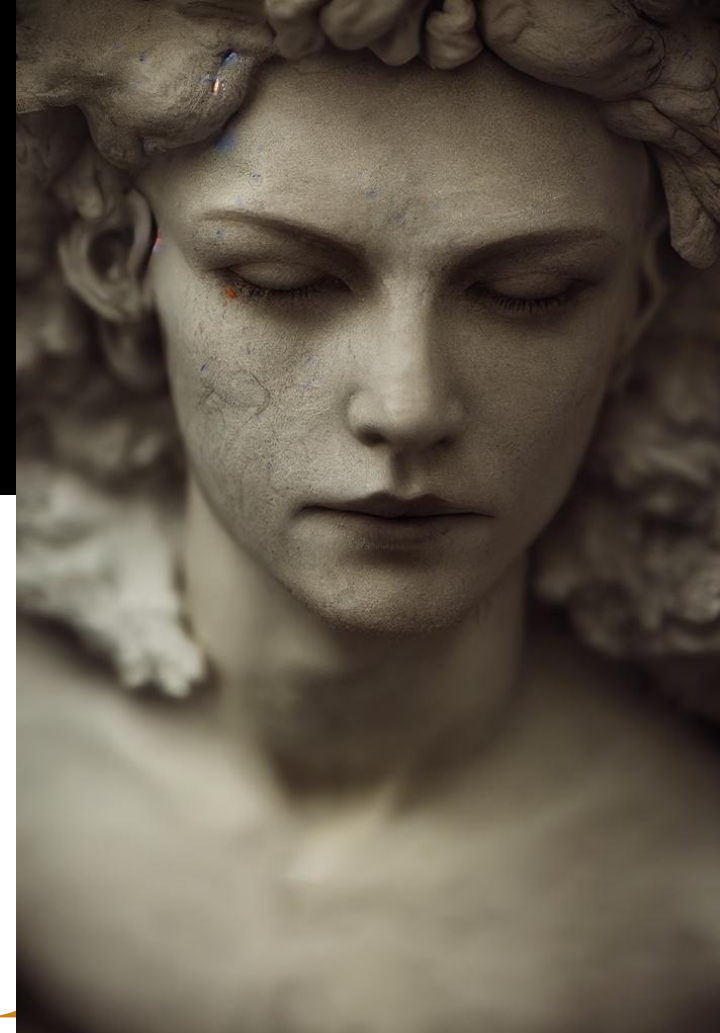
L'IA d'aujourd'hui :

images :
ruit dans l'image
os d'acquisition ou qualité d'image
alisé en local

connaissance a priori de l'image.



Data



Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?



IA et informatique extériorisée

- analyse automatisée d'une question :
 - Une IA pour une question donnée
 - >> multiplication des IA pour une même image pour répondre à de multiples questions

En général l'IA fonctionne à distance sur un serveur dédié.

>> Une machine locale (virtual machine) récupère les données du PACS et les transfère sur les serveurs de l'entreprise via un VPN.

>> Calcul à distance puis retour des résultats.



Cela implique une gestion sécurisée des données (RGPD), européenne, une connexion internet permanente etc.

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?



IA et informatique extériorisée

Extériorisation des calculs :

probablement la solution d'avenir... par obligation

- augmentation en taille des IA qui ne pourront plus tenir sur des machines locales.
- mutualisation des coûts devant l'avènement de l'IA en radiologie



Cela permet l'augmentation en taille des IA en radiologie...

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?



IA et informatique extériorisée

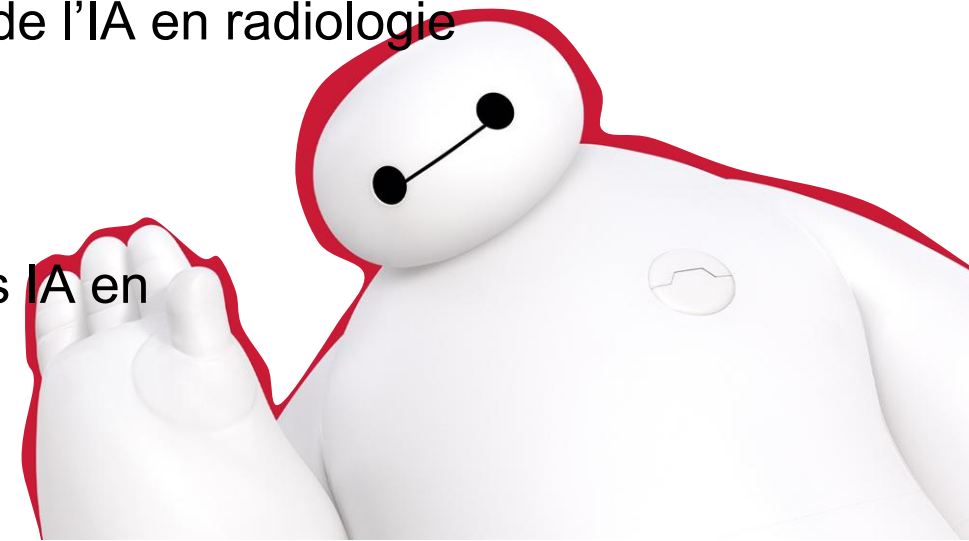
Extériorisation des calculs :

probablement la solution d'avenir... par obligation

- augmentation en taille des IA qui ne pourront plus tenir sur des machines locales.
- mutualisation des coûts devant l'avènement de l'IA en radiologie



Cela permet l'augmentation en taille des IA en radiologie...



Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?



IA et informatique extériorisée : l'IA obèse

- Exemple de l'IA de création d'images (text-to-image) : 15 teCO2 pour son entraînement.
<https://huggingface.co/stabilityai/stable-diffusion-2-1>
- Exemple d'un LLM : 50teCO2 (18x le tout de la Terre)
- Exemple pour ChatGPT : 700 000 L d'eau rien que pour le refroidissement du datacenter pour son entraînement. Puis ~1 bouteille d'eau par discussion avec le chatbot.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.02001>



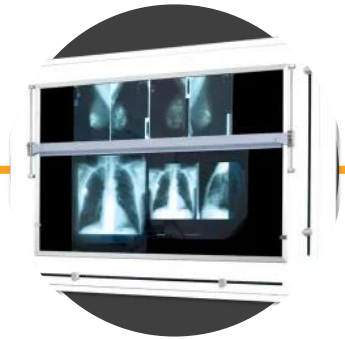
https://www.youtube.com/watch?v=j6sKYie9EPs&ab_channel=SPXCoolingTechnologies



Air Handler Loop:

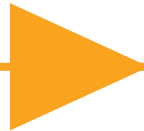
The chilled water is then pumped back to air handler units, where it is used to cool the data center's air.

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?



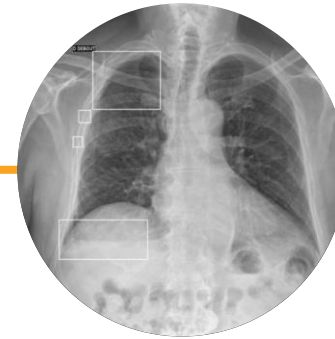
Radiologie sur films

- agents chimiques
- pas de stockage efficace



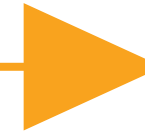
Informatisation

- PACS
- Serveurs de stockage



Aide par IA

- PACS
- Serveurs de stockage
- Serveurs distants

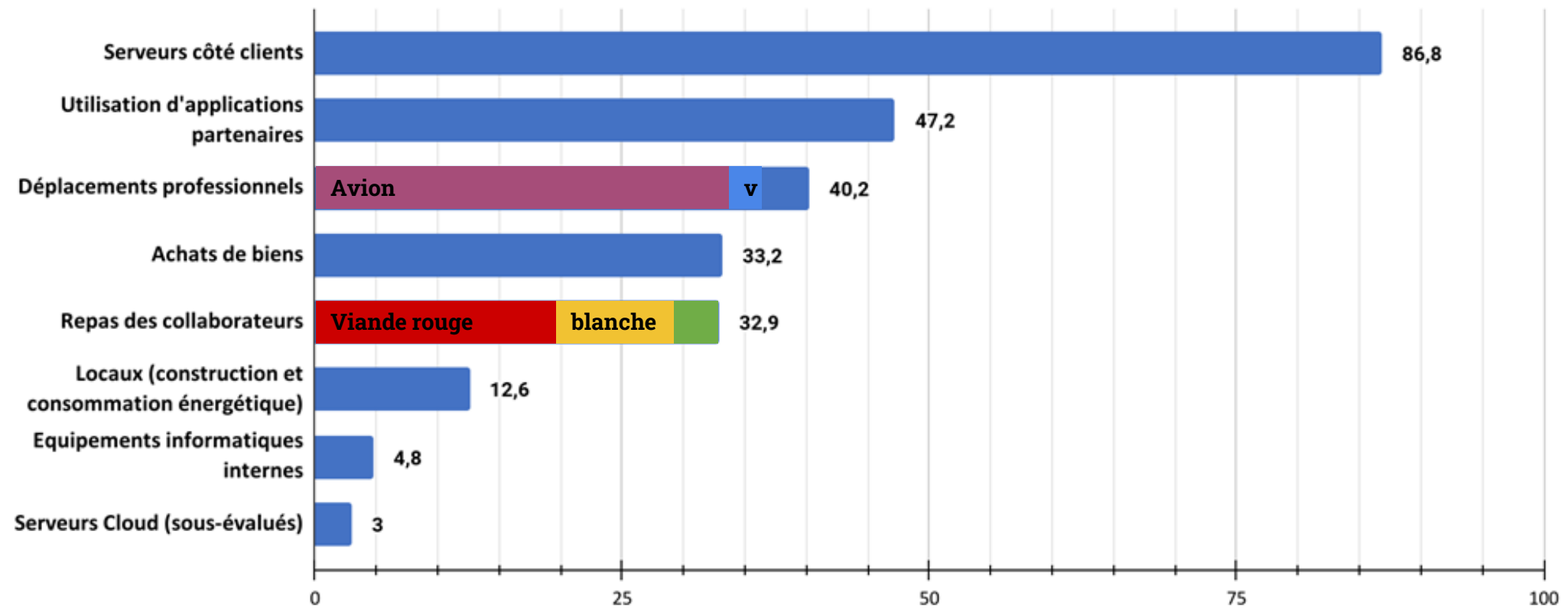


Avènement de l'IA

- PACS
- Serveurs de stockage
- Serveurs distants
- Data-center

Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

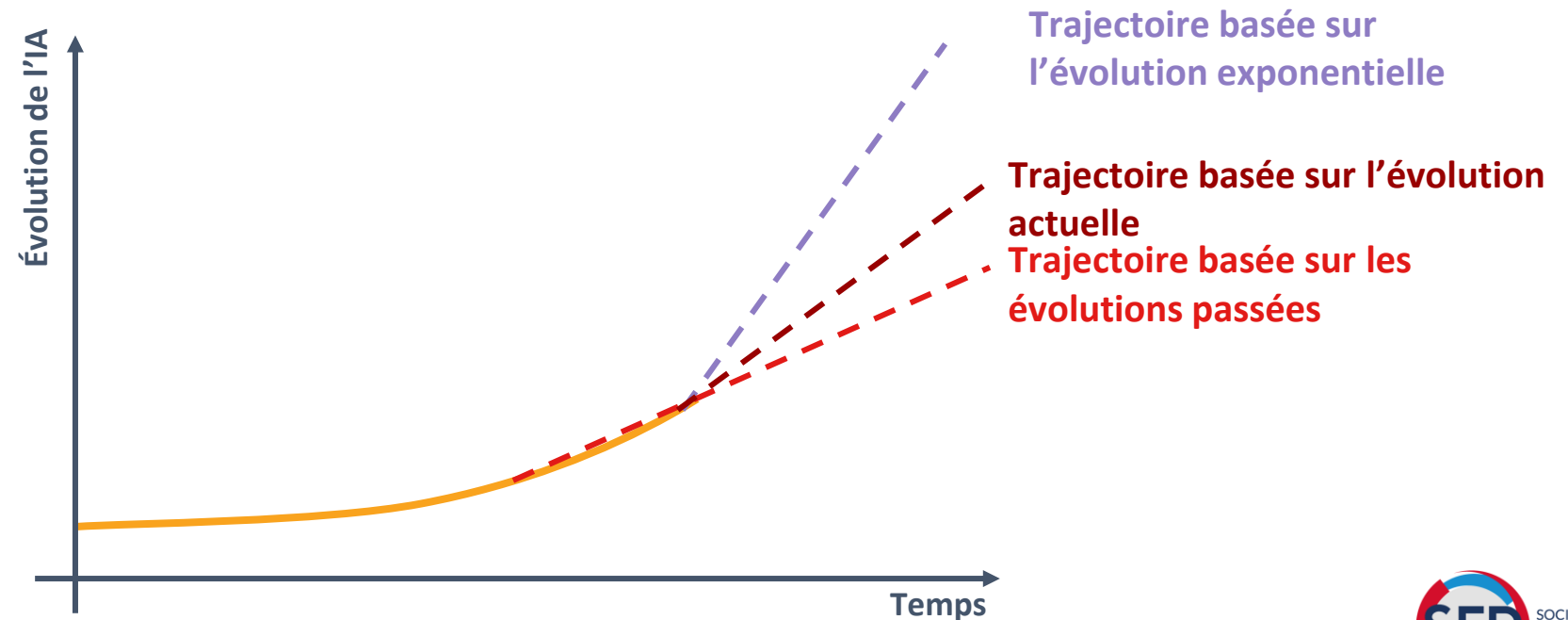
Exemple d'une société d'IA :



Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

IA et informatique extériorisée

L'IA du futur ?
Quelle évolution ?



Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

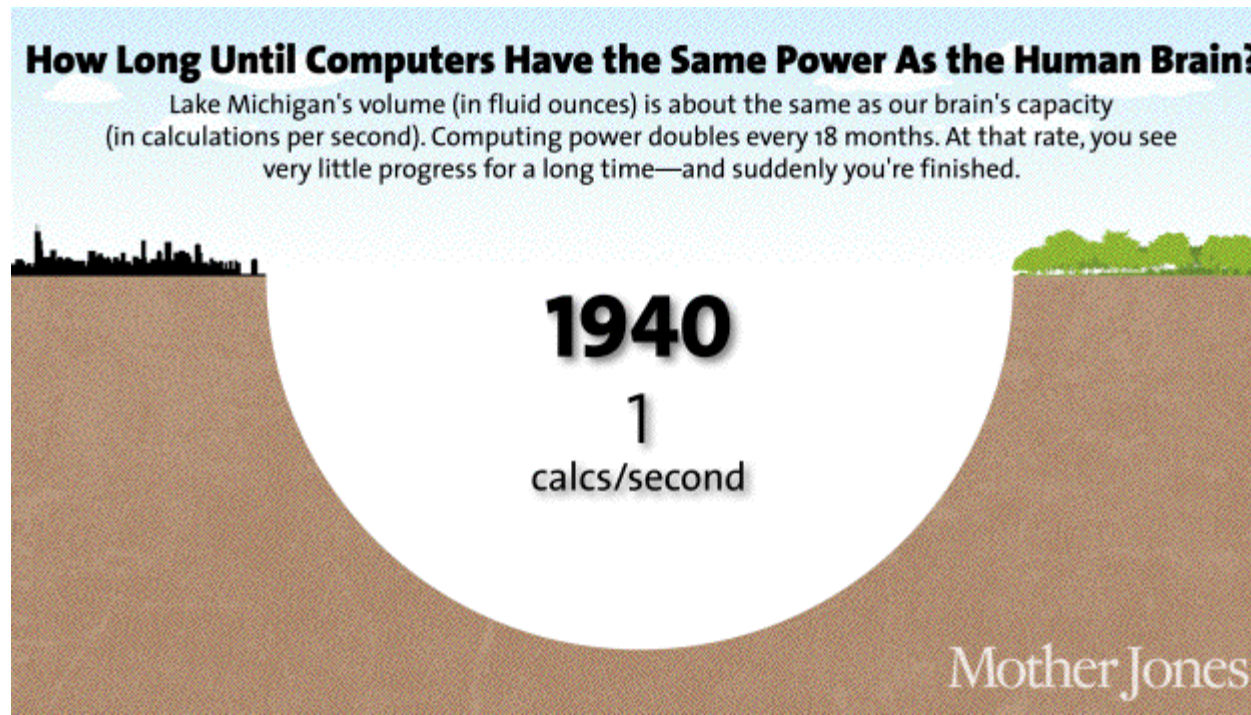
IA et informatique extériorisée

L'IA du futur ?

Événements récents en faveur d'une accélération prochaine.

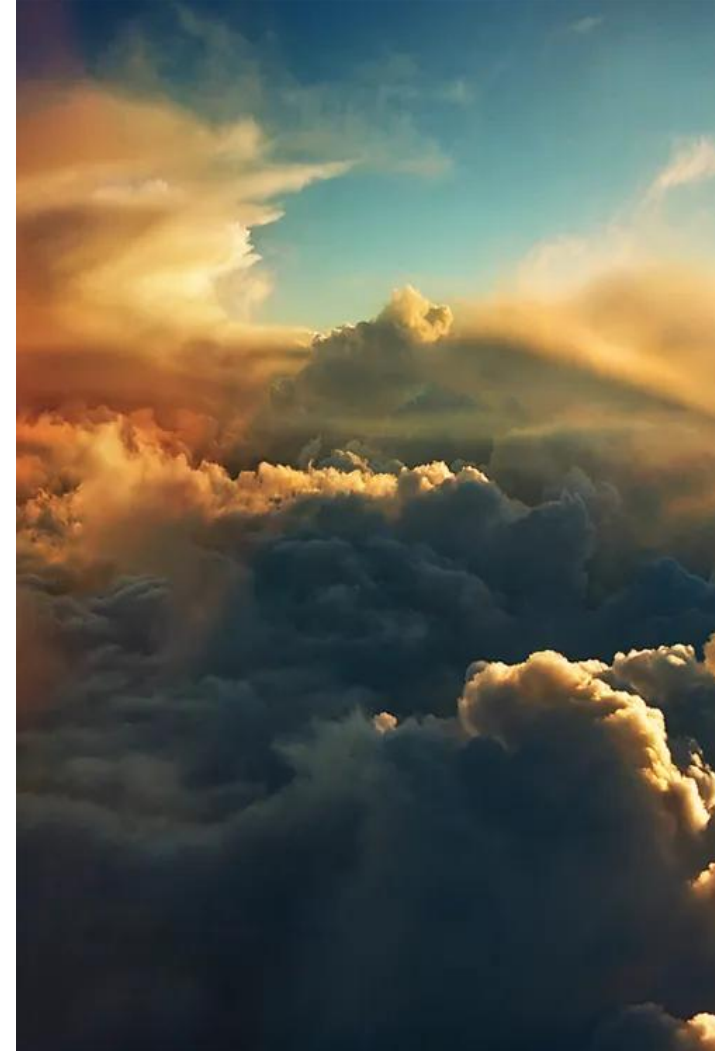
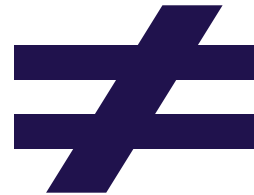
“Nvidia dévoile un superordinateur dédié à l'IA qui vous mettra au chômage beaucoup plus rapidement”

<https://trustmyscience.com/nvidia-devoile-dgx-gh200-supercalculateur-ia/>



Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

Key Points : le cloud computing



Le numérique : quelle empreinte, quelles attentes ?

Key Points

Plus de numérique = Plus de ressources
“Absence de découplage”
Intensité matérielle croissante

De plus en plus besoins de ressources :
la croissance de la production minière va plus vite que la croissance
économique

Key Points

- 1 Réfléchir à nos usage de nos systèmes informatiques et à l'impact du stockage des images
- 2 Réunir les acteurs autour de la table pour discuter des objectifs à viser : limiter le nombre d'acquisitions/reconstructions se fait en accord avec le service de radiologie, les autres services, la DSI, le logiciel de PACS pour permettre à chacun de faire reconstructions en live.
- 3 Ne pas voir l'IA et le cloud computing comme une activité neutre
- 4 Garder en tête que le système le plus résilient en "Intelligence" c'est notre **cerveau avec seulement 20 W de consommation "électrique"**