

Radiologie et Écoresponsabilité

Sur la voie de la « Green Radiology »

Dr Camille Bourillon
cbourillon@hopital-dcss.org



Imagerie médicale



Performance

Excellence clinique



Progrès

“Le progrès est conçu comme une amélioration des connaissances en santé et un partage des biens de santé au sein de tous les couches de la population”

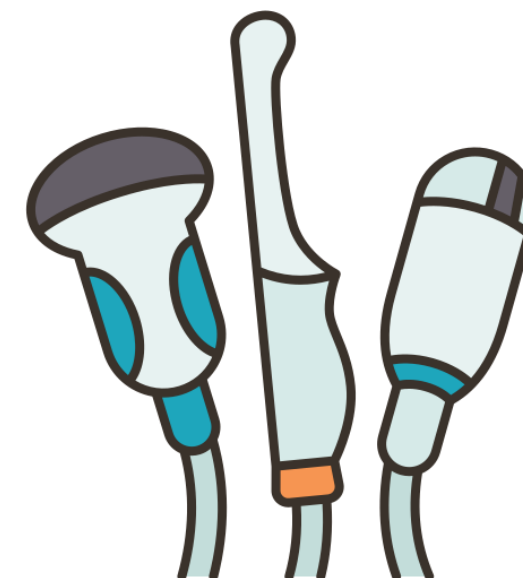
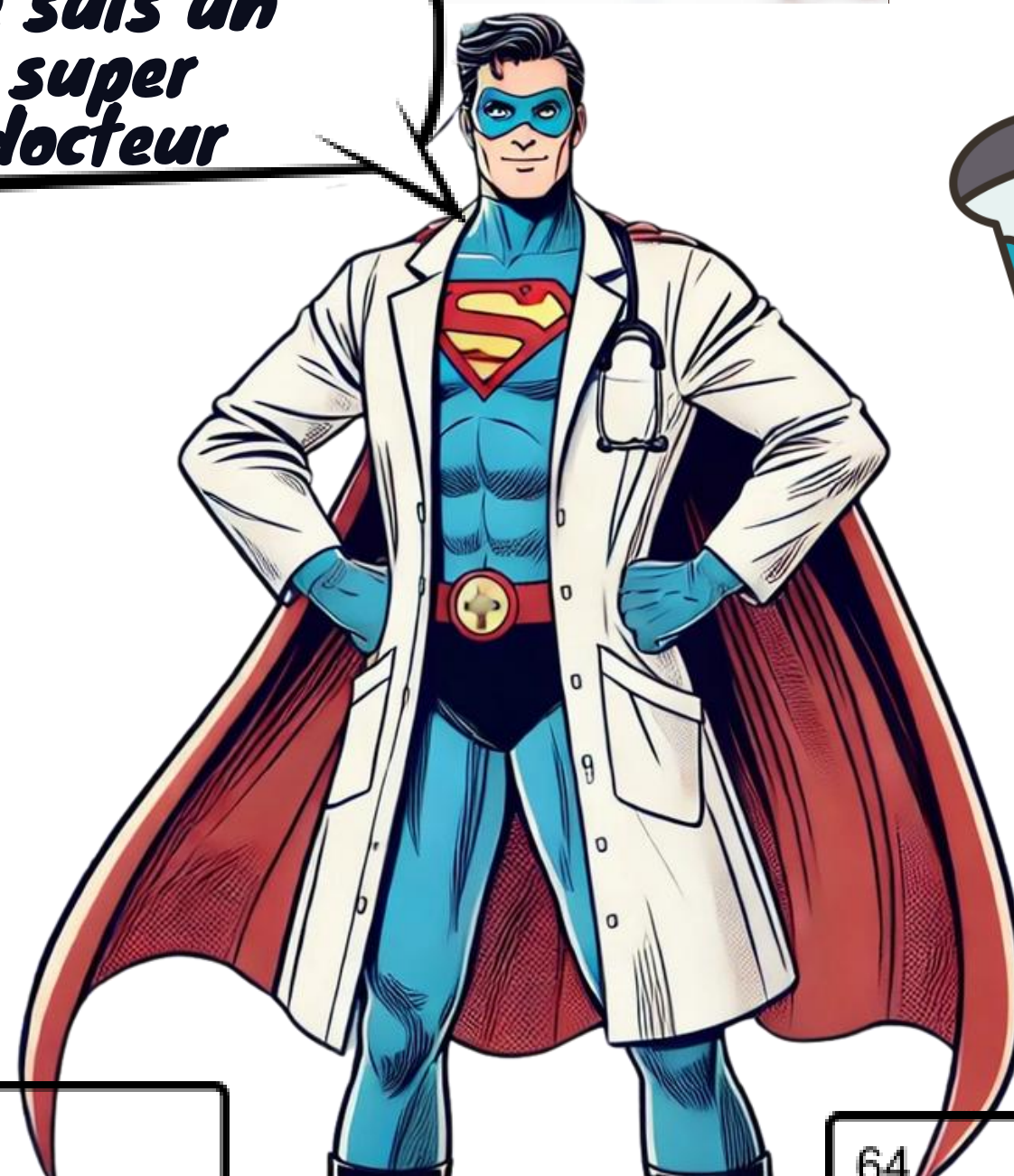


Innovation

IA
Outil diagnostique embarqué



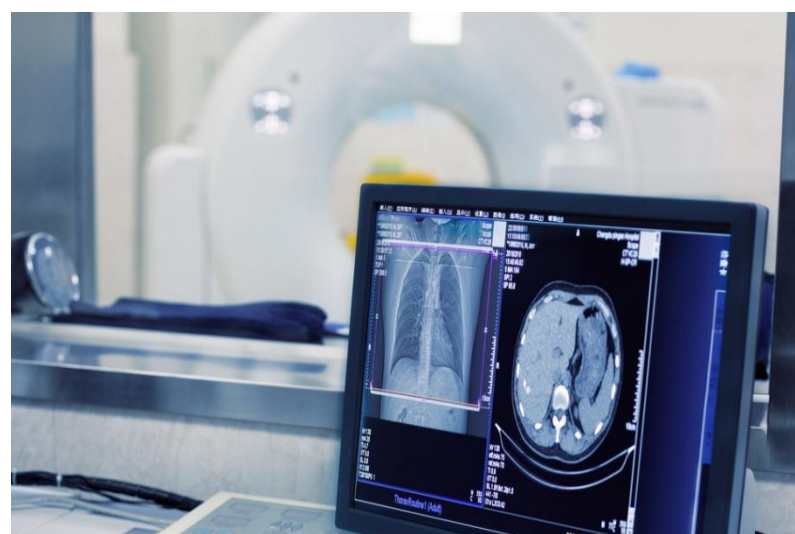
*Je suis un
super
docteur*



He



JFHOD - 21 MAR



53

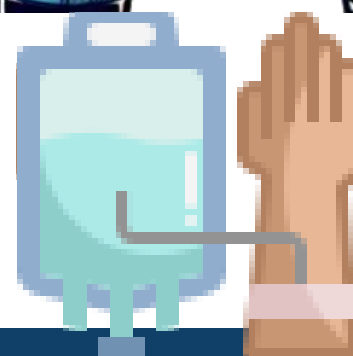
I

Iodine
126.90447

64

Gd

Gadolinium
157.25



A quel prix ?

**La santé n'a pas de
prix....**

**... mais elle a un
coût!**

LE PRIX À PAYER

Environnemental



JFHOD - 21 MARS 2025

ÉCO-RESPONSABILITÉ EN IMAGERIE



JFHOD - 21 MARS 2025

Santé Planétaire et Radiologie

Radiology



Radiologie
Jusqu'à 1% des
émissions
nationales de GES

Energie

Toutes formes de production d'énergie présente des externalités négatives. L'énergie nécessaire en radiologie pour le maintien d'une température des équipements, fonctionnement des équipements, et stations de travail.

Gaspillage : 15% doses pdc

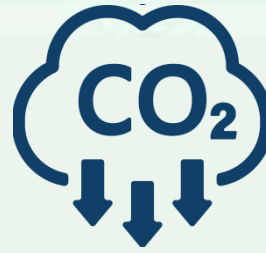
Concevoir les soins au plus près du besoin avec la règle des 5R

Ressources limitées

La radiologie est dépendante de ressources rares
Gadolinium, iode, Helium, et minerais rares métalliques et non métalliques

Pollution des eaux

Les agents de contraste et les traitements finissent dans les effluents et ont des effets sur la biodiversité



Gaz à effet de serre.
Les systèmes de santé sont responsables de 8% en France

Changement Climatique

Affecte la santé humaine
Affecte les activités humaines
notamment le fonctionnement du système de soins



Santé planétaire
Santé humaine, santé de la biodiversité marine et terrestre sont liées



Santé Humaine

Maladie infectieuse
Maladie cardiovasculaire
Maladie rénale
Canicule
Maladie psychologique
Migration
Malnutrition



Inégalité en Santé

Inégalité d'exposition aux effets environnementaux
Inégalité des capacités d'adaptation
Inégalité de qualité de vie et de soins entre les générations



Système de Santé

Domages des infrastructures
Augmentation de la demande de soins
Augmentation des prix (énergie)
Dépendance élevée aux chaînes d'approvisionnement et à l'énergie (100% de dépendance en France)



Energie :
1% des émissions de gaz à
effet de serre
4 à 10 % de l'énergie
consommée dans un hôpital

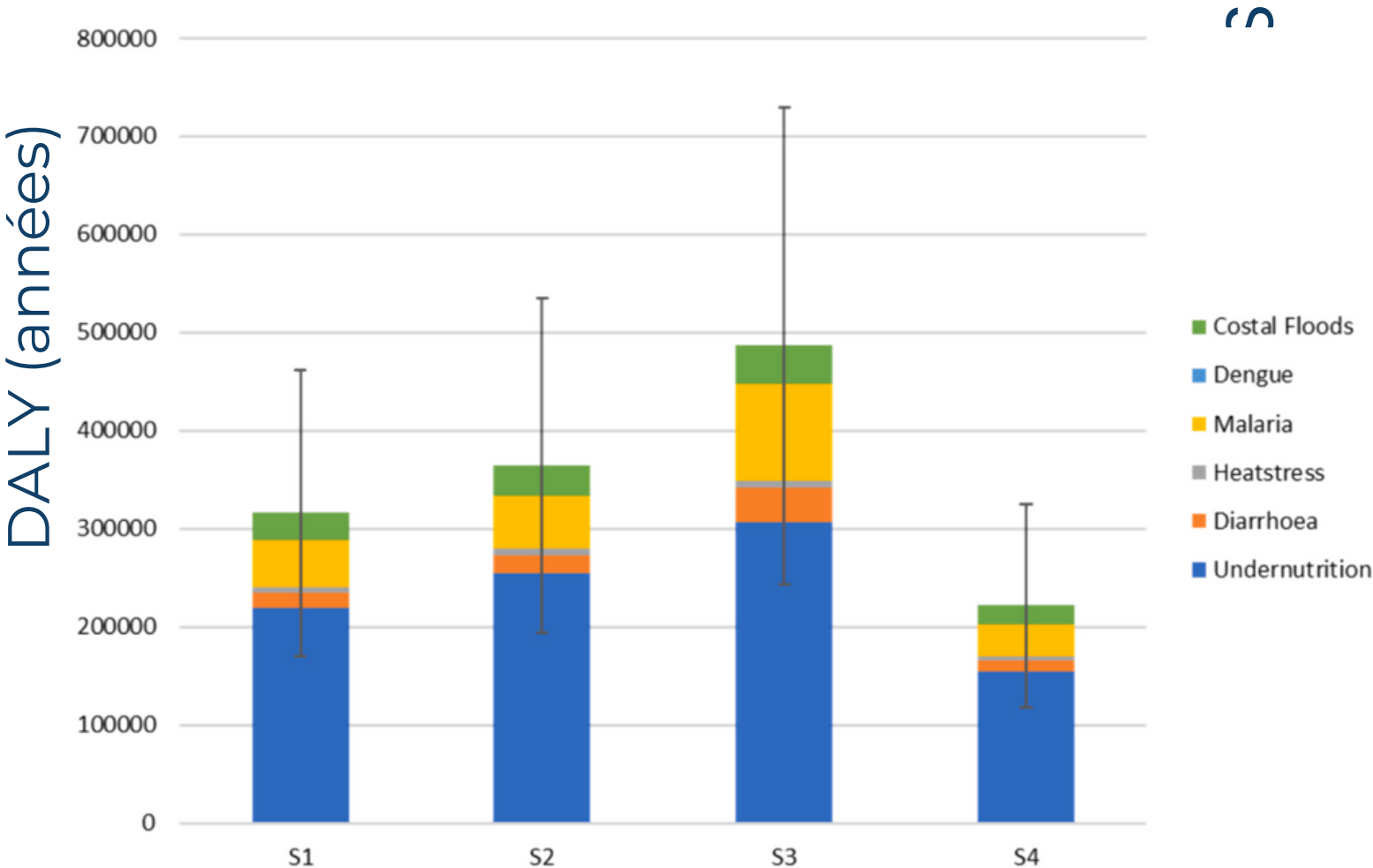
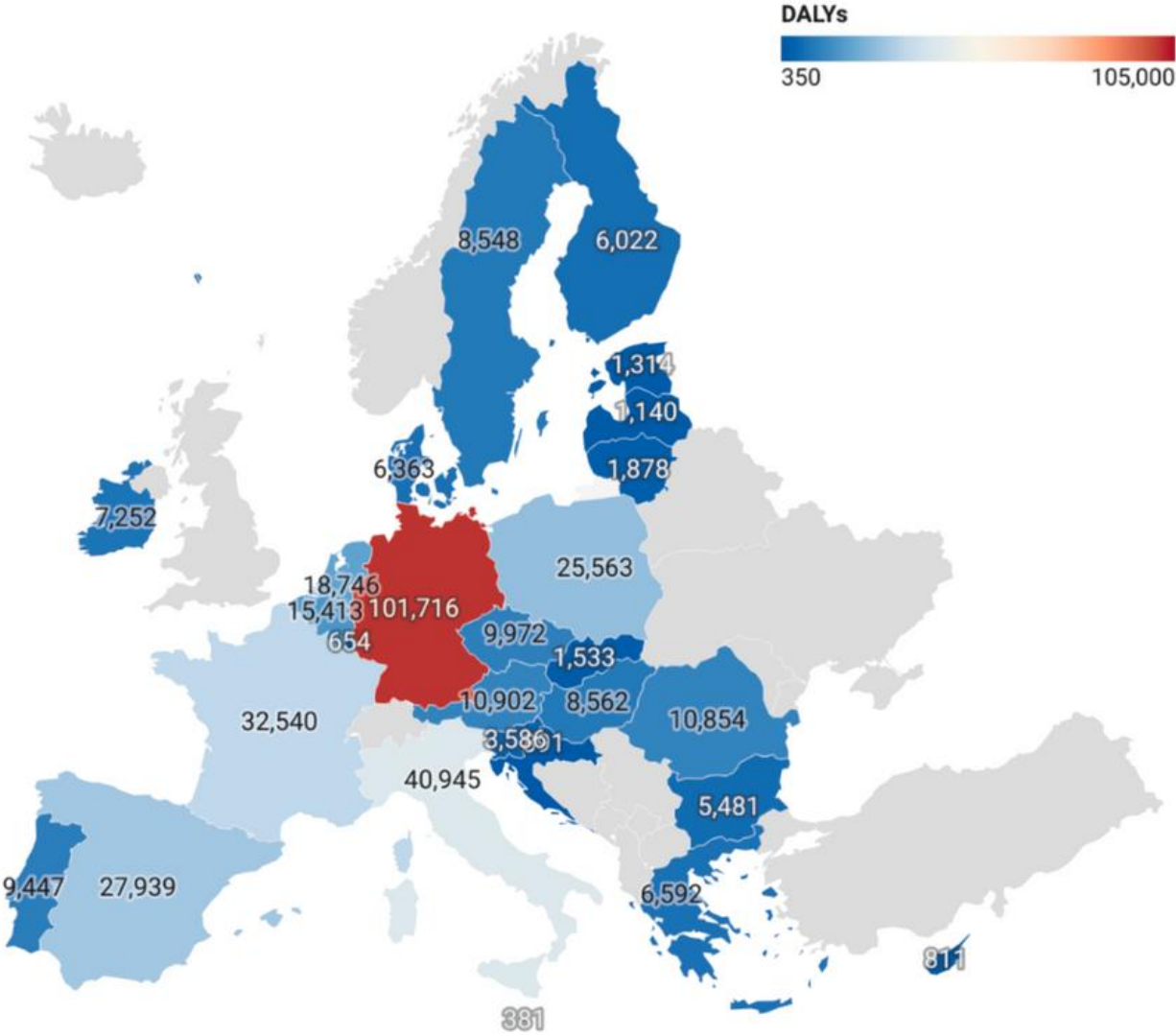
Utilisation de DM
et Médicaments

SOMMES NOUS RESPONSABLES?

Health burden and costs attributable to the carbon footprint of the health sector in the European Union



Répartition géographique des années de vie corrigées du facteur invalidité (AVCI) dans l'Union européenne selon le scénario de base.



SOMMES NOUS RESPONSABLES?

“ — Il est primordial pour les médecins de pratiquer et de promouvoir des modes de vie durables pour eux-mêmes, leurs patients et leurs communautés ”

“ — Nous avons l'obligation éthique de sensibiliser nos patients et la société dans son ensemble et de les encourager à adopter des actions co-bénéfiques. ”



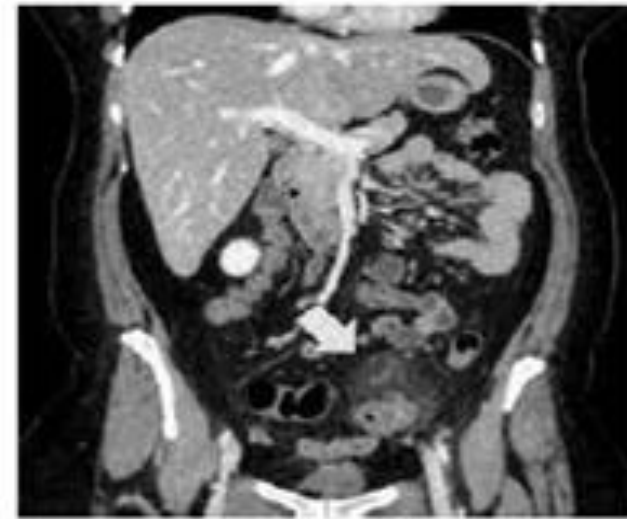
EUROPEAN UNION OF MEDICAL SPECIALISTS
The advocate of medical specialists



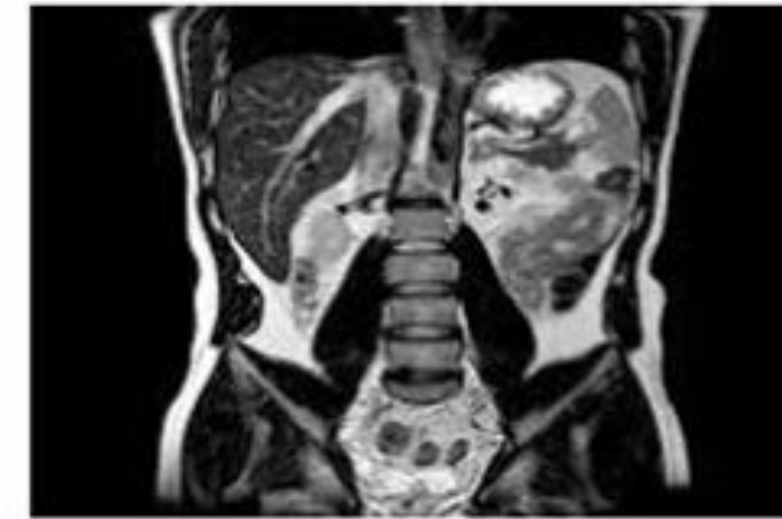
ÉNERGIE



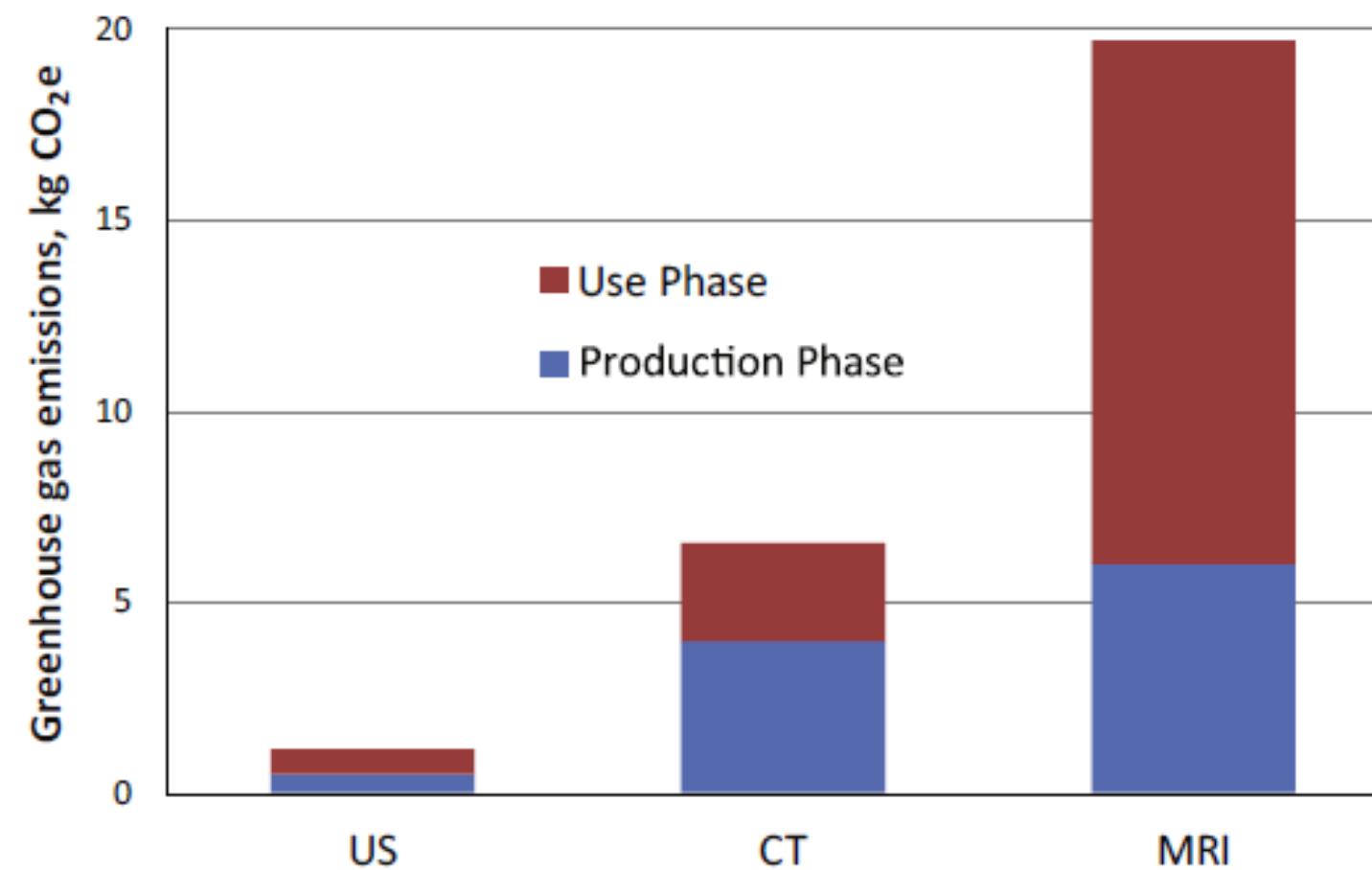
Production: 0,5 kg eCO₂/examen
Utilisation: 0,64kg eCO₂/examen



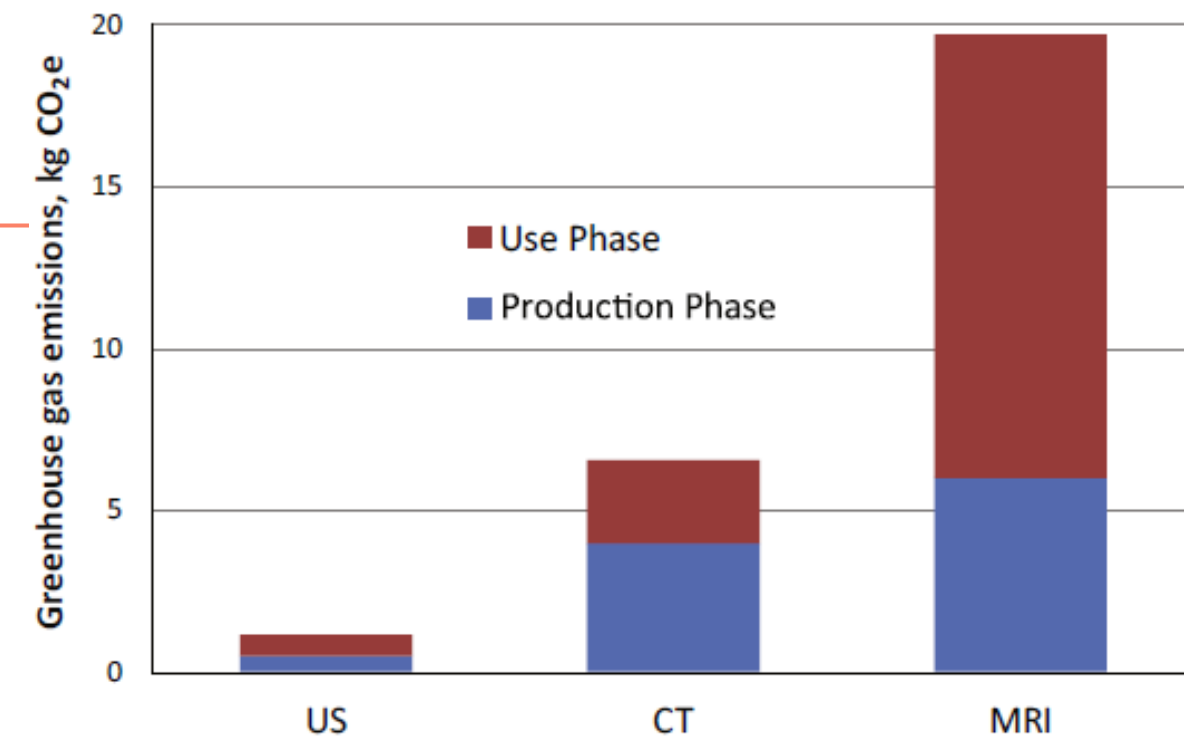
Production: 4 kg eCO₂/examen
Utilisation: 2,61 kg eCO₂/examen



Production: 6 kg eCO₂/examen
Utilisation: 13,72 kg eCO₂/examen



ÉNERGIE



ce n'est pas que l'électricité

1

Chaque équipement d'imagerie émet principalement lors de la phase de **PRODUCTION**



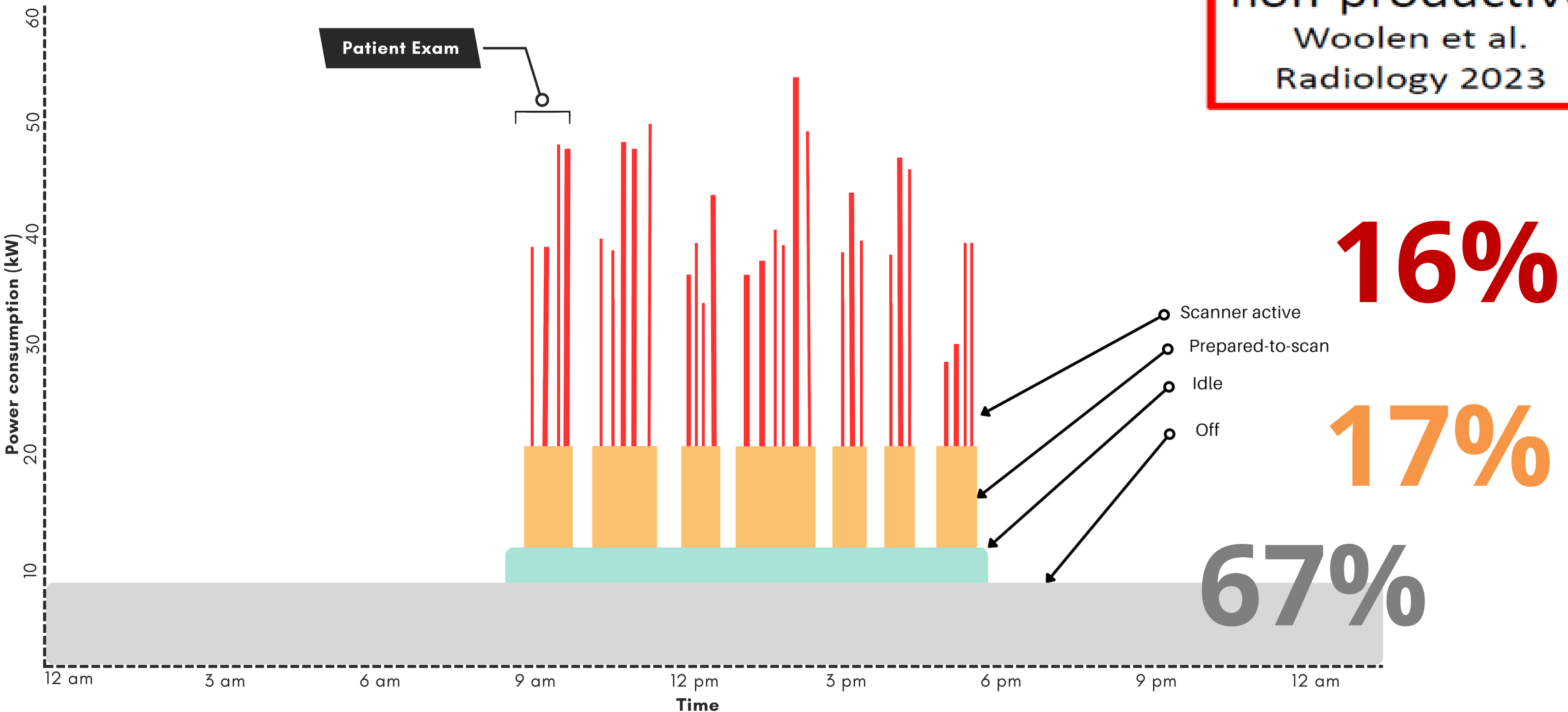
Limitier le nombre d'équipement

Proportionner le nombre d'équipement aux besoins du bassin de population

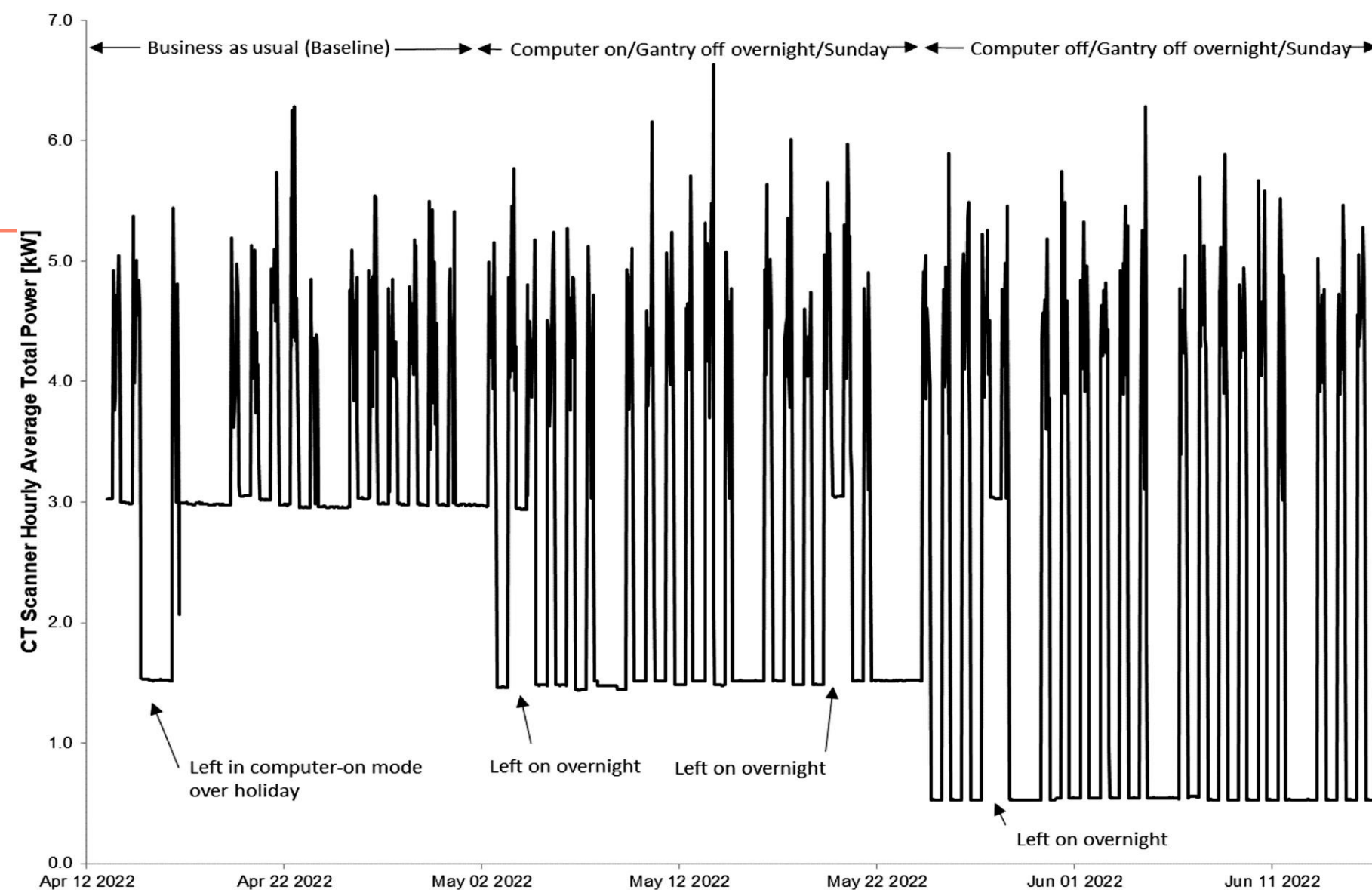
Privilégier le mode d'imagerie le moins émetteur

ÉNERGIE

Power consumption for an MRI Scanner Over One Day



ÉNERGIE



2

Gaspillage d'énergie significatif des canners et IRM en dehors des périodes d'utilisation

Éteindre



Eteindre les équipements en dehors des périodes d'utilisation

Permettrait d'économiser
 ➢ 50% de la consommation d'un scanner
 ➢ 30% de la consommation d'un IRM

3

durée d'un examen est proportionnel à la consommation d'énergie

Raccourcir



Réaliser l'examen au plus près du besoin en limitant les séquences inutiles

Permettrait d'économiser 10% d'énergie consommée par examen

JFHOD - 21 MARS 2025

ÉNERGIE

5

La majorité de la consommation énergétique des stations de travail se fait pendant la période de veille

Toujours éteindre



Éteindre toutes les stations de travail qui ne participent pas à la continuité des soins

470 000 postes de travail dans le système de soins
60% d'économie réalisables soit 5640 tonnes ou 10 millions euros

6

Consommation des data center +13%/an
Emissions de GES +5% par an (+45% entre 2020 et 2030)



Limiter les données

Compression des données
Processus de nettoyage du PACS

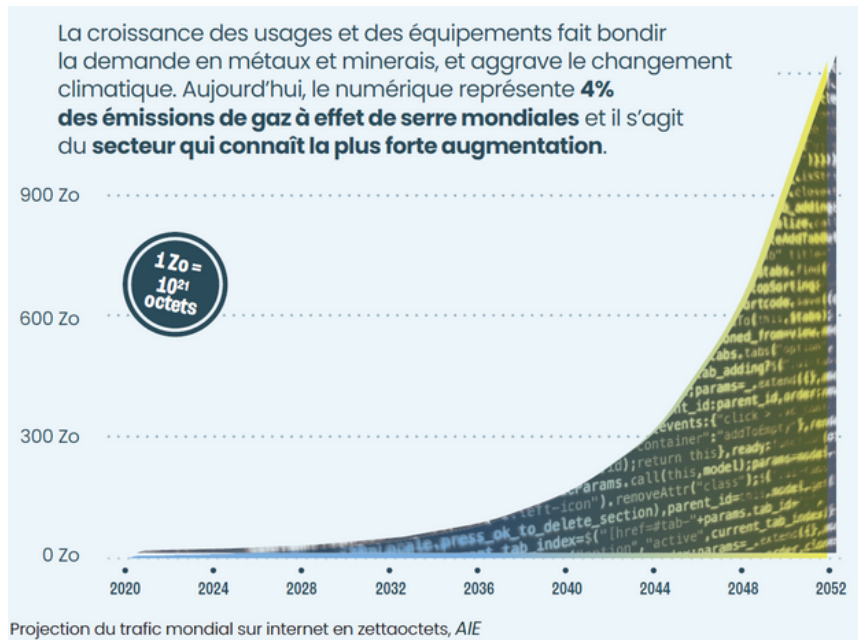
Jusqu'à 10% de données redondantes et non pertinentes dans le PACS



Efficacité énergétique

Eco-conception du data center ou solution Cloud

40% de l'énergie consommée par les centres de données est dédiée au refroidissement des serveurs.



ÉNERGIE

7

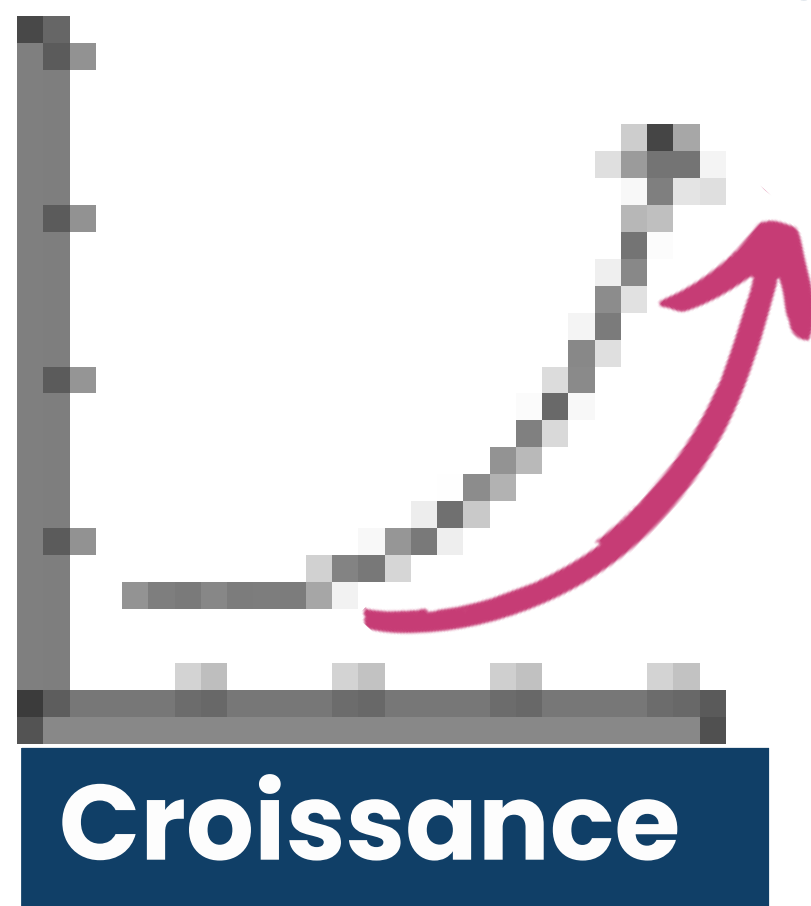
L'amélioration du rapport signal sur bruit nécessite des séquences longues (répétition d'images)

Abréger



Débruitage automatique des images guidées par IA
=
réduction du temps d'acquisition

Attention à l'effet rebond



Effet rebond ou Paradoxe de Jevons

- Augmentation de l'efficacité énergétique réduit les coûts, et l'empreinte énergétique
- Entraîne une consommation accrue d'énergie, annulant les bénéfices environnementaux.

ÉNERGIE – PERTINENCE DES ACTES

L'efficacité énergétique n'est efficiente que si l'inflation de la demande d'imagerie est maîtrisée

30 à 50% des examens d'imagerie sont à faible valeur diagnostic

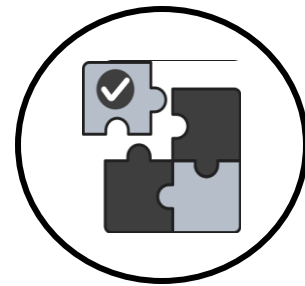
Augmentation plus rapide de la demande d'examen que de la demande de soin en générale :
aux urgences X2

JFHOD – 21 MARS 2025

ÉNERGIE – PERTINENCE DES ACTES

8

30 à 50% des examens d'imagerie sont à faible valeur diagnostic



Pertinence des actes

Améliorer le processus de demande d'examen

Plus de collaboration et d'échange entre demandeurs et radiologues

Les demandes d'examen ne sont pas de prescriptions et peuvent être adapter par le radiologue avec une connaissance adéquate des informations médicales



Référentiel des bonnes pratiques à l'usage des médecins

Motif de consultation



ou

Pathologie



ou

Par mot-clé



Bonne pratique
ADERIM

Améliorer le parcours patient

50 % d'examen faits dans un SAU sont perdus dans le suivi patient

DRIM box
Et relecture d'examen

ÉNERGIE

ce n'est pas que l'électricité (bis)

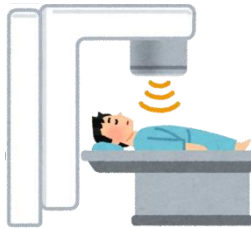


ACCUEIL

CONSULTATION
DIAGNOSTIC



PRÉPARATION
TRAITEMENT



FIN DU
TRAITEMEN
T



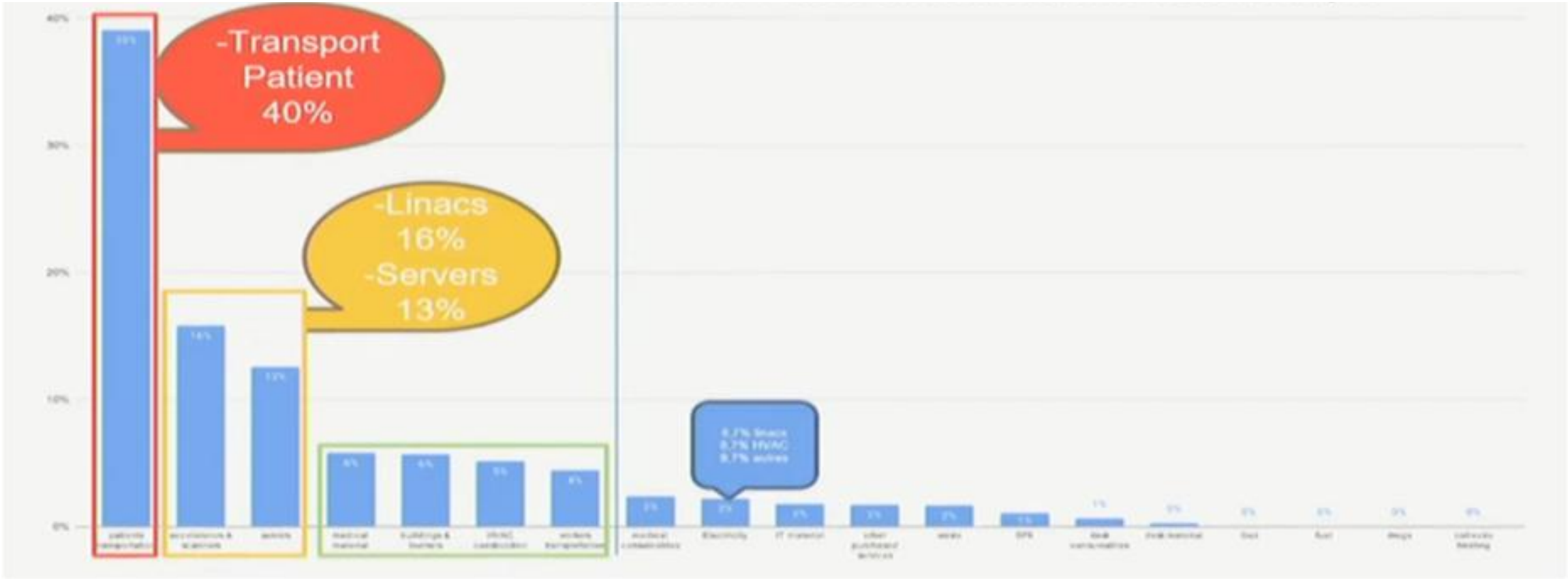
Hospitalisation



SUIVI

TRAITEMENT

MAISON

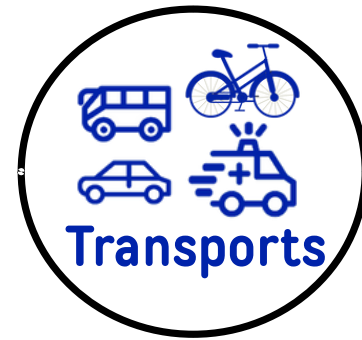


ÉNERGIE – TRANSPORT

Total des transports ambulance par
an en France :
200 millions de km = 40 000 t CO₂e
En augmentation : +17% en 2021

8

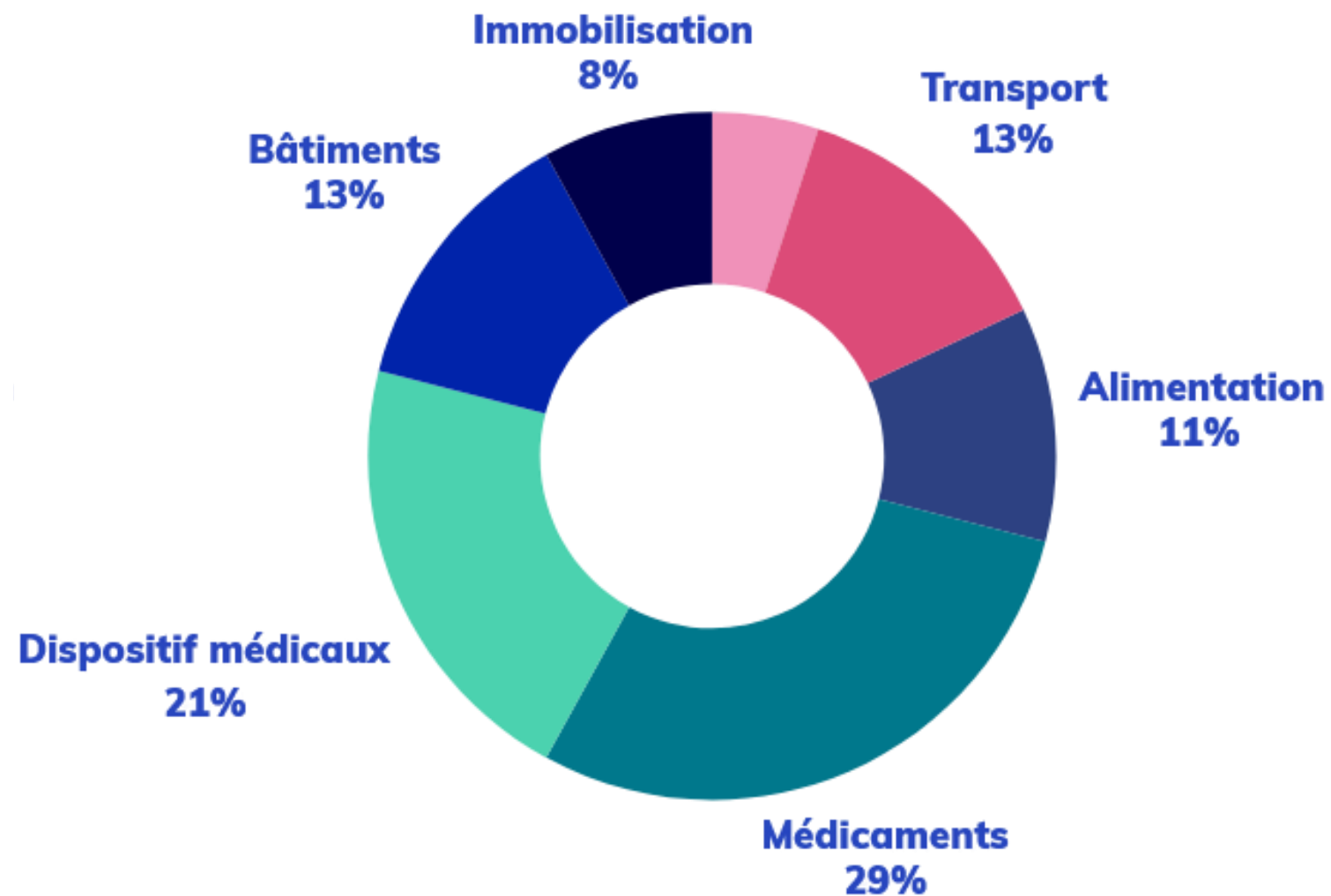
Transports sont encore
majoritairement carboné
13% des émissions de GES du
secteur



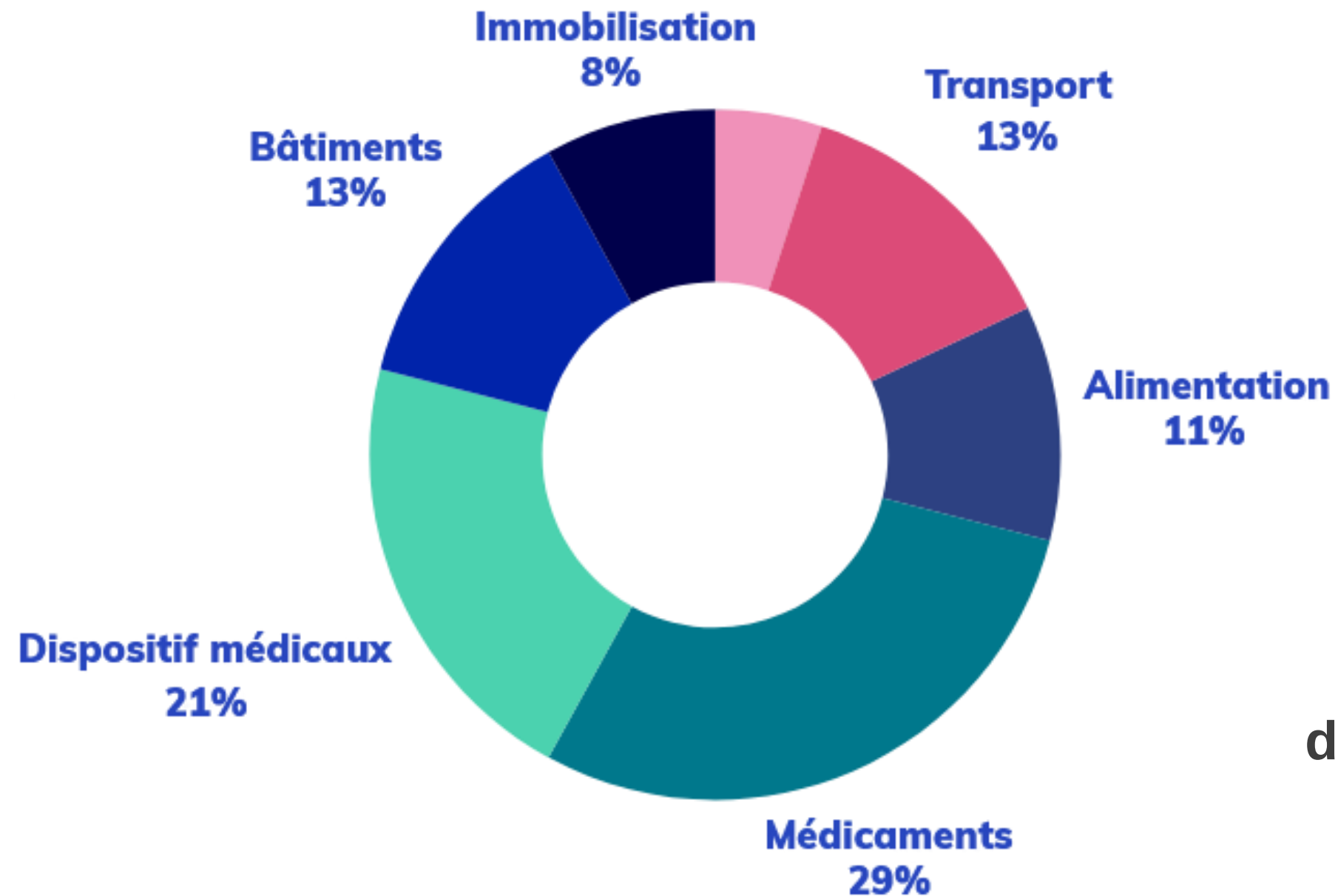
Encourager les mobilités actives
pour les patients,
accompagnants et le personnel

Regrouper les examens
Création de parcours patient
optimisé

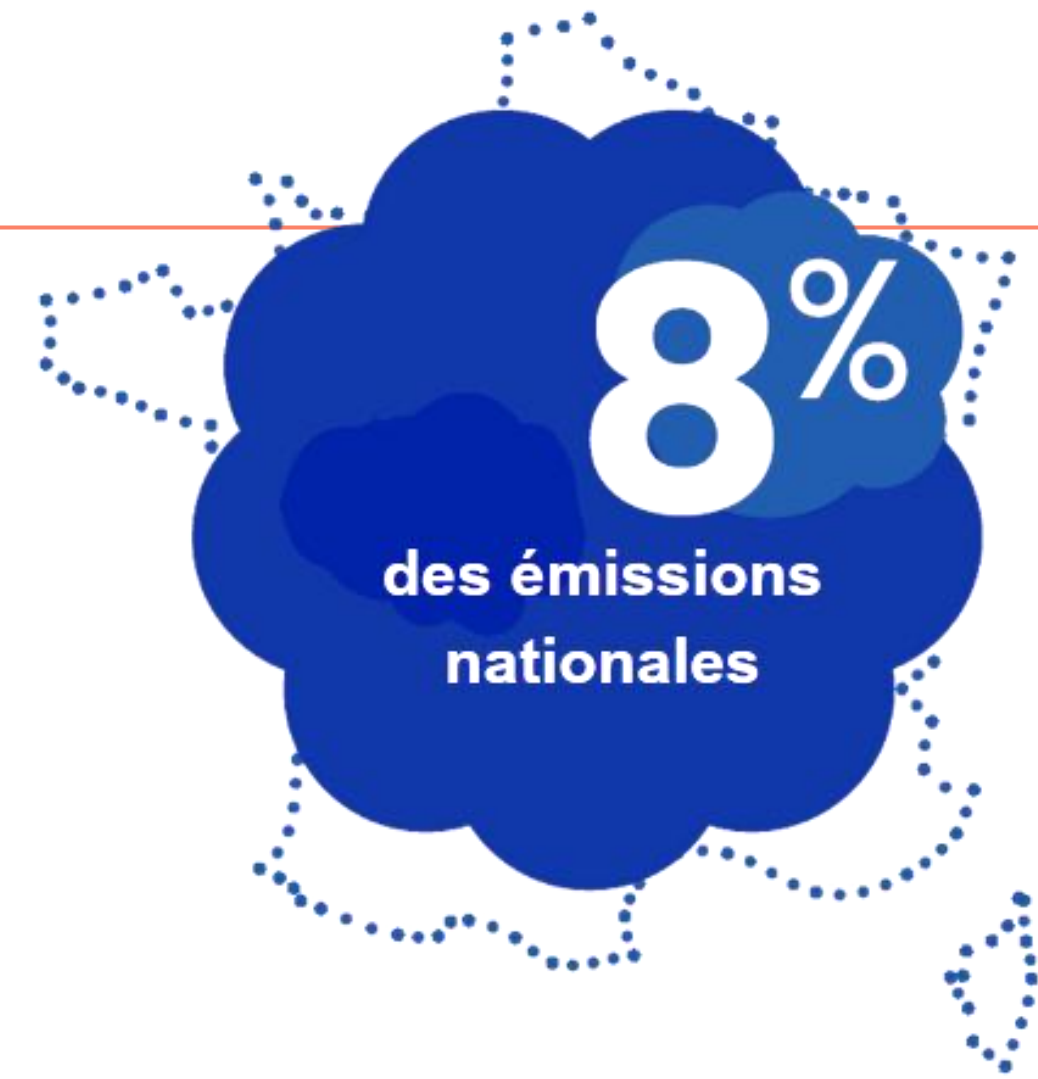
Téléradiologie et Télé-expertise



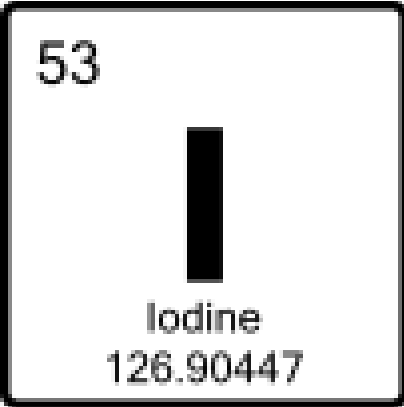
MÉDICAMENTS



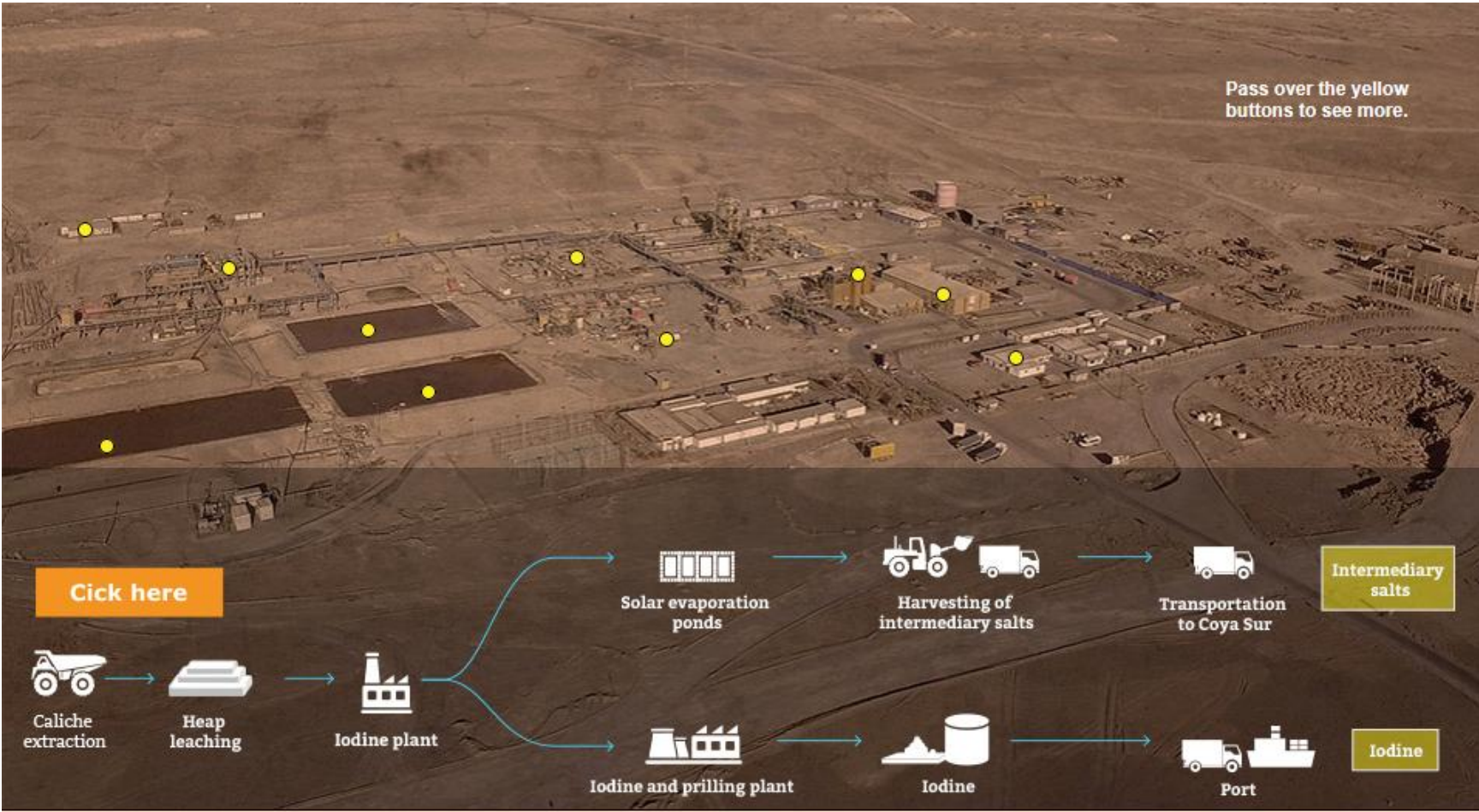
Achat
de médicaments et
de dispositifs
médicaux



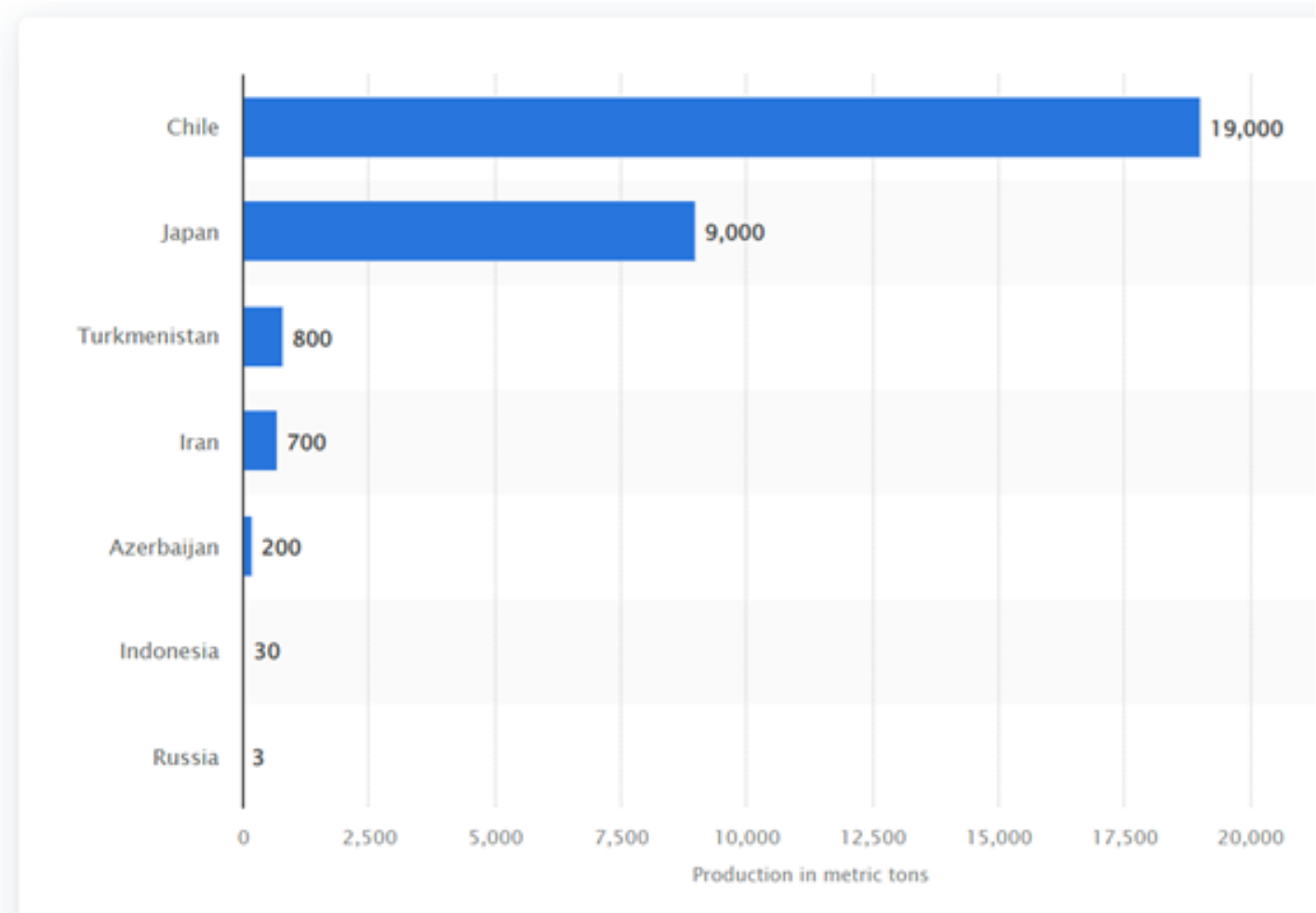
PRODUIT DE CONTRASTE



- Extrait de pierre (Caliche) et de saumure
- Extraction par lessivage, processus nécessitant de grandes quantités d'eau et de composants acides, avec purification ultérieure au kerosene



Leading countries based on iodine mine production worldwide in 2023* *(in metric tons)*



*<https://fr.statista.com/statistiques/565287/principaux-pays-producteurs-d-iode/>

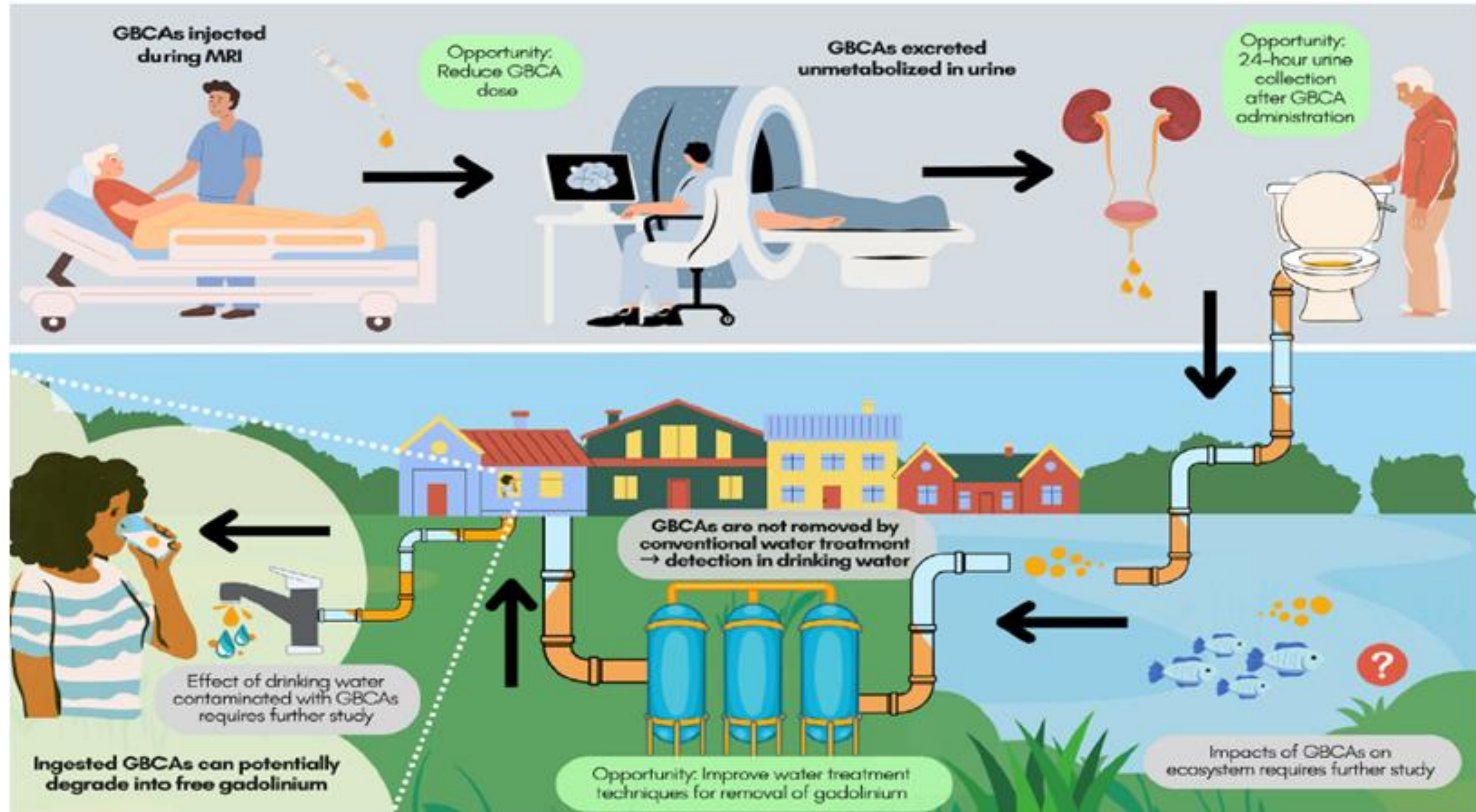
PRODUIT DE CONTRASTE

64
Gd
Gadolinium
157.25

- Extraction
- Lessivage, emprise sur l'eau
- Acidification et pollution des eaux
- Pollution des sols
- Exposition au radiation +++

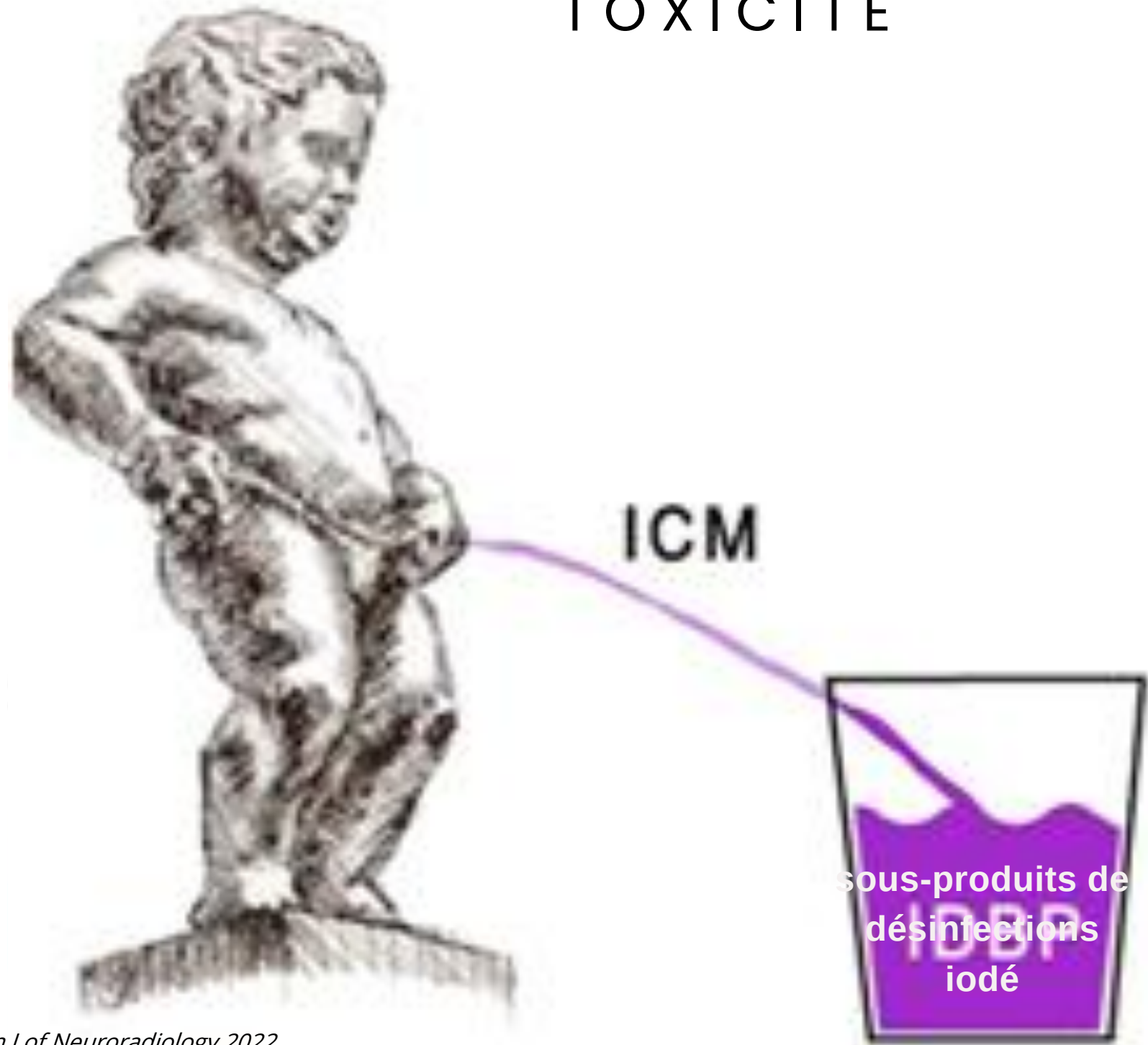


POLLUTION DES EAUX



POLLUTION DES EAUX

INDICE PBT
PERSISTANCE, BIOACCUMULATION,
TOXICITÉ



Richardson, S. D. et al. (2016). Occurrence and mammalian cell toxicity of iodinated disinfection byproducts in drinking water. Environmental Science & Technology Letters, 3(8), 303-308

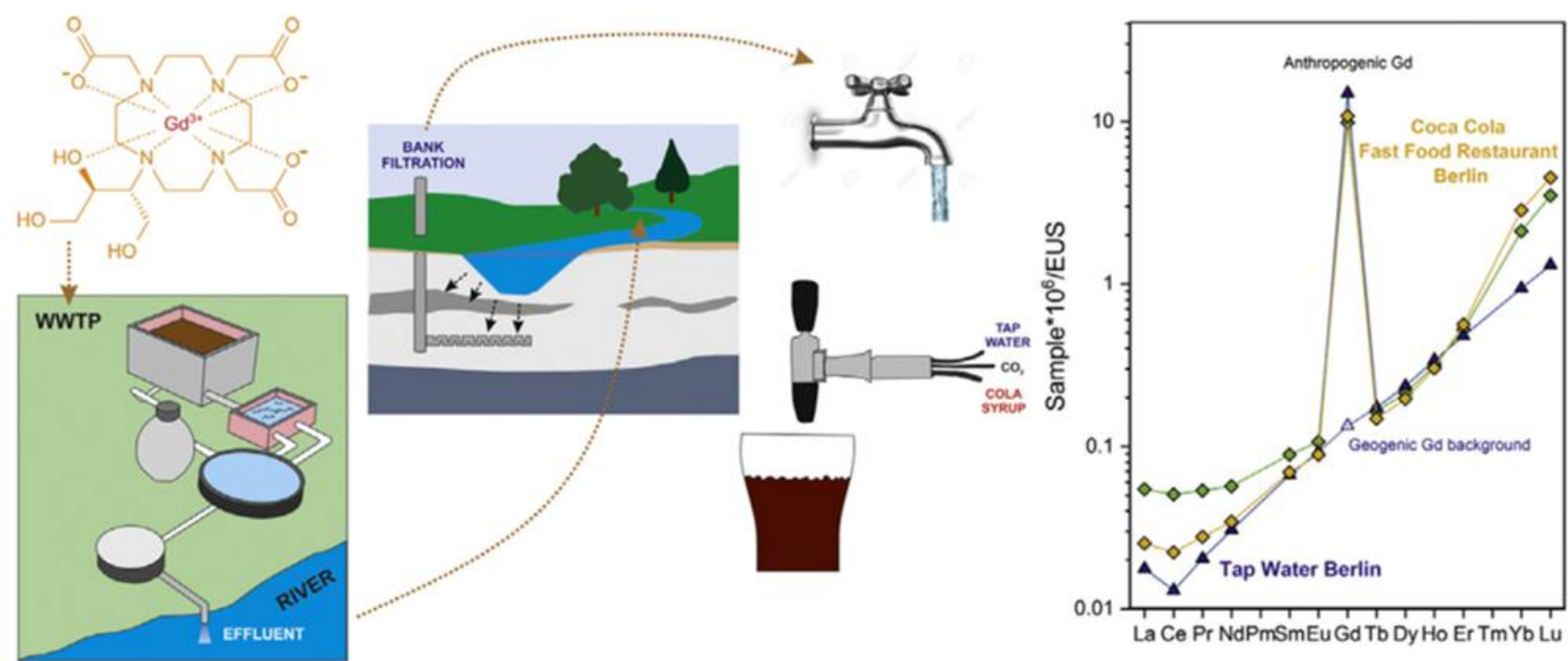
> J Natl Cancer Inst. 2023 Dec 6;115(12):1597-1604. doi: 10.1093/jnci/djad145.

Disinfection by-products in drinking water and risk of colorectal cancer: a population-based cohort study

Emilie Helte¹, Melle Säve-Söderbergh^{1 2}, Susanna C Larsson^{1 3}, Anna Martling^{4 5}, Agneta Åkesson¹

POLLUTION DES EAUX

INDICE PBT
PERSISTANCE, BIOACCUMULATION,
TOXICITÉ



PRODUIT DE CONTRASTE

9

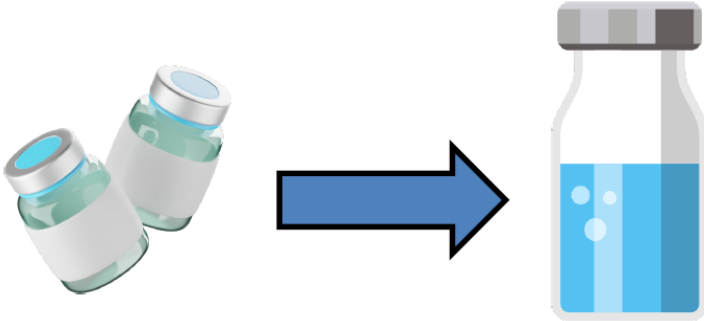
20 à 30% de produit sont gaspillés

Limiter le gaspillage



Privilégiez le multidose
ou adapter le conditionnement
(contraste et anesthésie)

Jusqu'à 70% de réduction du gaspillage par rapport au monodose
Jusqu'à 93 % de réduction des déchets



igle 2024
la CPAM
ogy 2020
ogy 2023

Scanner spectral / multi-énergie

Injecter que si nécessaire
IRM : recommandation des
sociétés d'organe

Récupération du produit non
utilisé

- recyclage
- réutilisation



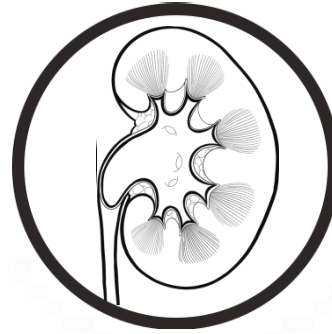
>600L de pdc gadoliné en 1 an

JFHOD - 21 MARS 2025

PRODUIT DE CONTRASTE

10

Les produits de contraste
contaminent les eaux



Limiter la dose injectée

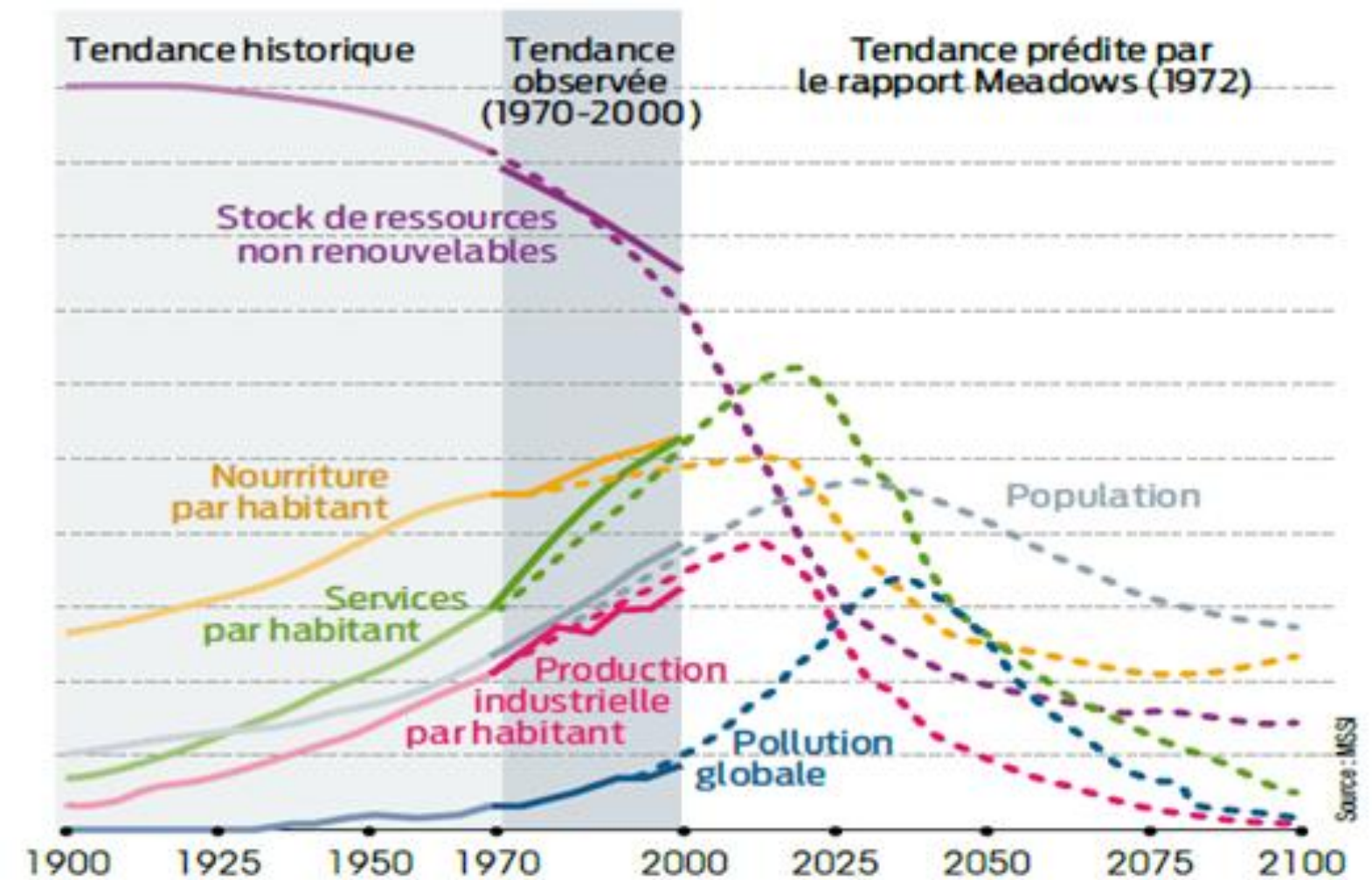
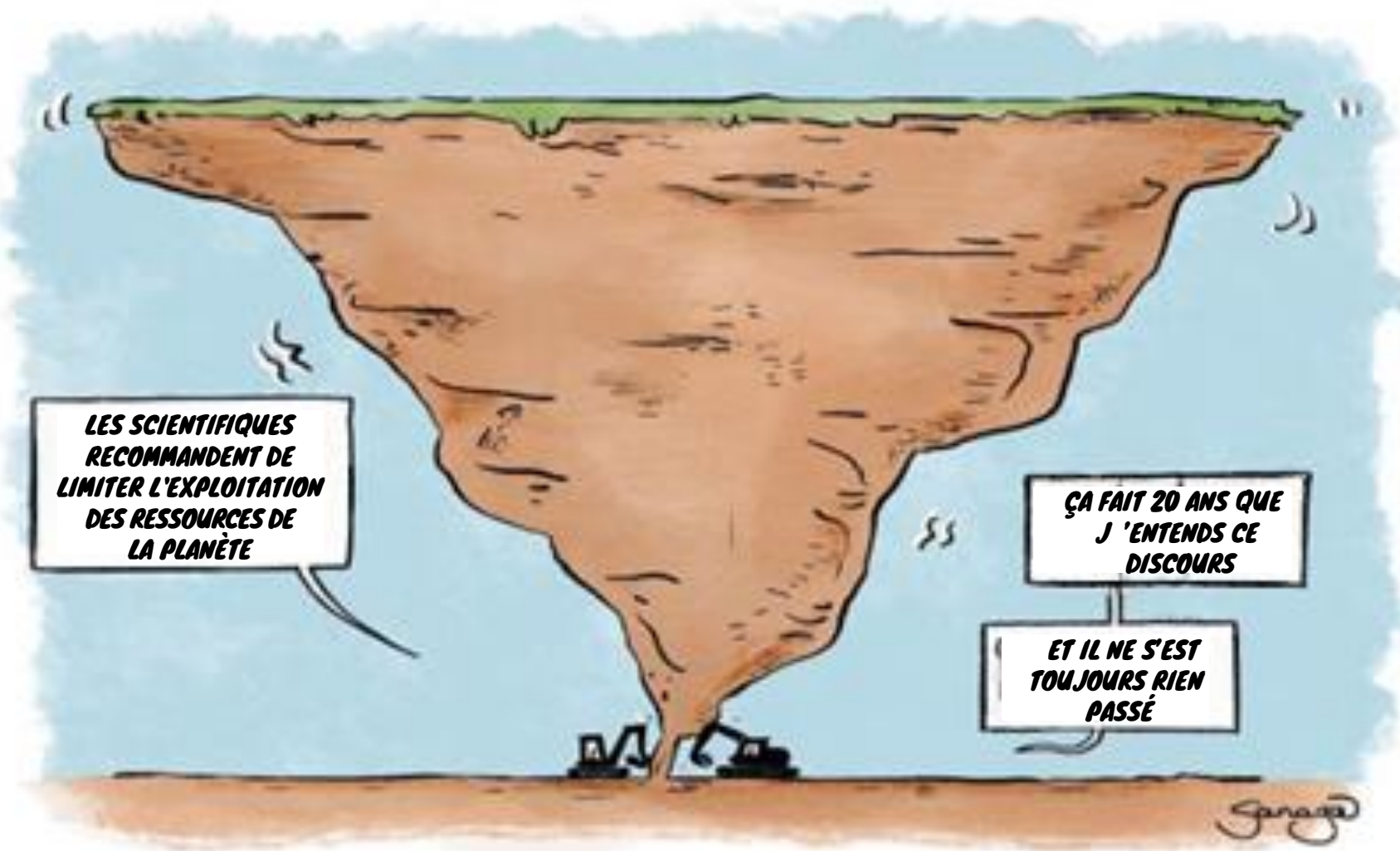
- adapter la dose injectée au poids du patient
- à la masse maigre : balance à impédancemétrie
- aux paramètres de la machine : diminution des kV



Récupération des urines

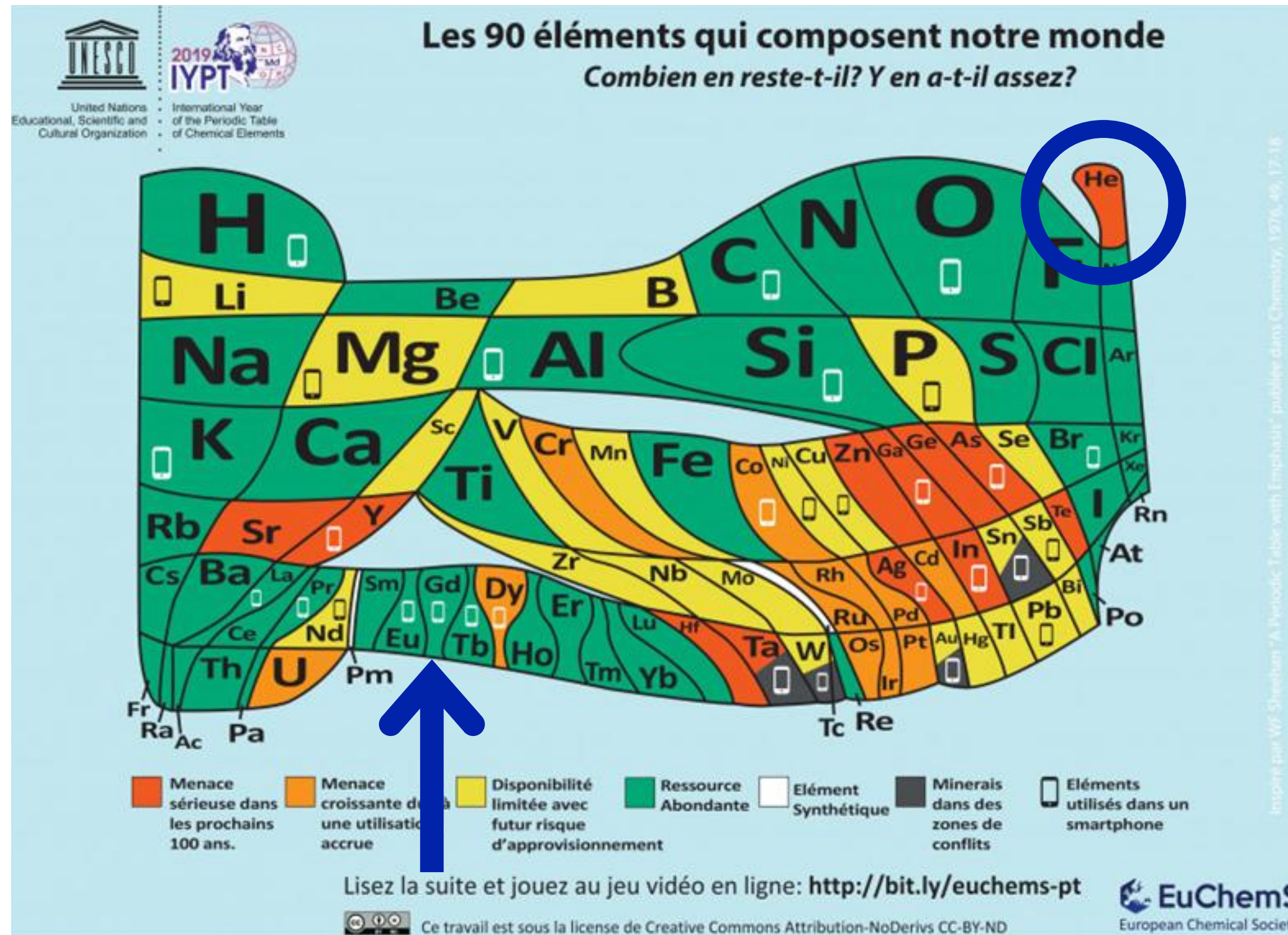
- toilettes sèches
- Zereau[©] : filtration 90% pdc

FAIRE FACE À L'ÉPUISEMENT DES RESSOURCES



“ Pour croire à une croissance infinie dans un monde fini il faut être soit fou soit économiste ”

FAIRE FACE À L'ÉPUISEMENT DES RESSOURCES



LE PRIX À PAYER

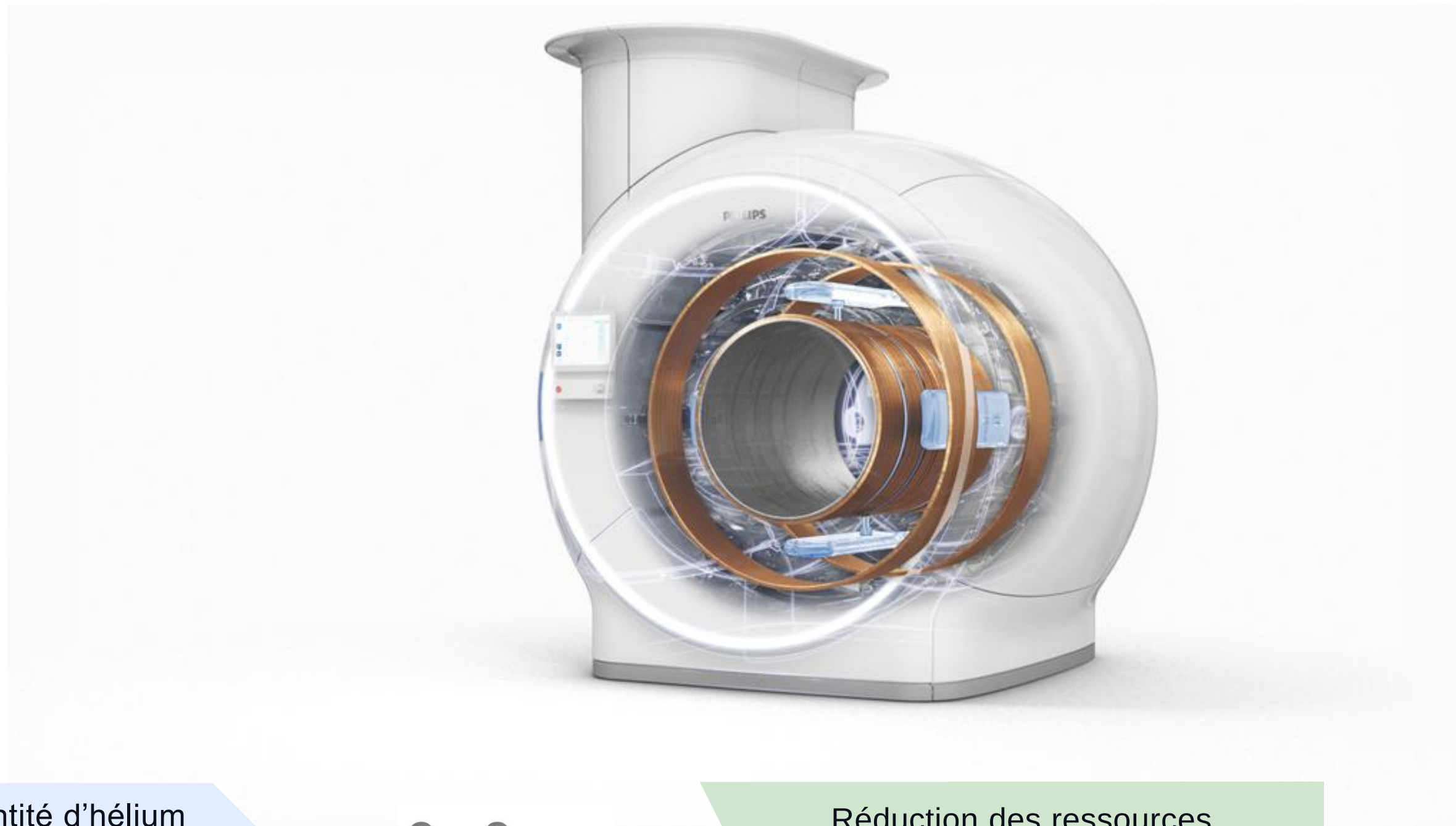
sociétal

“

Nos sociétés ont pu améliorer leurs conditions et leur espérance de vie au dépens d'une partie de l'Humanité

”

FAIRE FACE À L'ÉPUISEMENT DES RESSOURCES



11

Réduire la quantité d'hélium
<0,5 à 0,7 L d'hélium
vs 600 L pour un système
conventionnel

He

Réduction des ressources
réduction du temps de
préparation des appareils
Facilité d'installation

REPENSER L'INNOVATION

📌 Quels défis pour la santé en France au XXIème siècle ?



Accès aux soins

- Désertification
- Équité
- Justice dans la répartition des soins
- Vieillesse de la population



Transition écologique

- Santé environnementale
- Conserver une planète habitable
- Sécurité alimentaire



Résilience

- face aux crises sanitaires
- face aux dépendances d'approvisionnement
- face à la dette financière
- Intégration raisonnée du numérique



REPENSER L'INNOVATION



01

GÉNÉRATION FRUGALE

La transition est conduite principalement par la contrainte et par la sobriété.



02

COOPÉRATIONS TERRITORIALES

La société se transforme dans le cadre d'une gouvernance partagée.



03

TECHNOLOGIES VERTES

L'innovation est mise au service de systèmes énergétiques décarbonés.



04

PARI RÉPARATEUR

La société place sa confiance dans la capacité à réparer, les systèmes sociaux et écologiques.

Exemple de l'éco-conception :
usage de produit de soins
raisonnés et réduction des
consommations d'énergie, illustré
par l'initiative "Fairembo"

Exemple de solution technique :
Robotique/domotique
Intelligence artificielle
Quelle opportunités et quel
enjeux?

REPENSER L'INNOVATION

FairEmbo

Le projet FairEmbo a pour but de

- Réduire la mortalité due aux hémorragies dans les pays émergents
- Rendre accessible l'intervention, en remplaçant ces agents d'occlusion (*chers et peu disponibles*) par des fragments de fils de suture chirurgicale (*disponibles partout dans le monde et peu onéreux*)
- Favoriser et faciliter cette pratique par les *radiologues interventionnels locaux* pour **SAUVER DES VIES**.

Et la recherche ...

Après une phase pré-clinique montrant l'efficacité de l'embolisation artérielle par fil de suture, publiée dans une revue médicale spécialisée, un premier patient a été traité avec succès par le Professeur Adboulaye Ndoye DIOP de l'Université Gaston Berger de Saint Louis et Praticien des hôpitaux du CHU de Dakar au Sénégal.

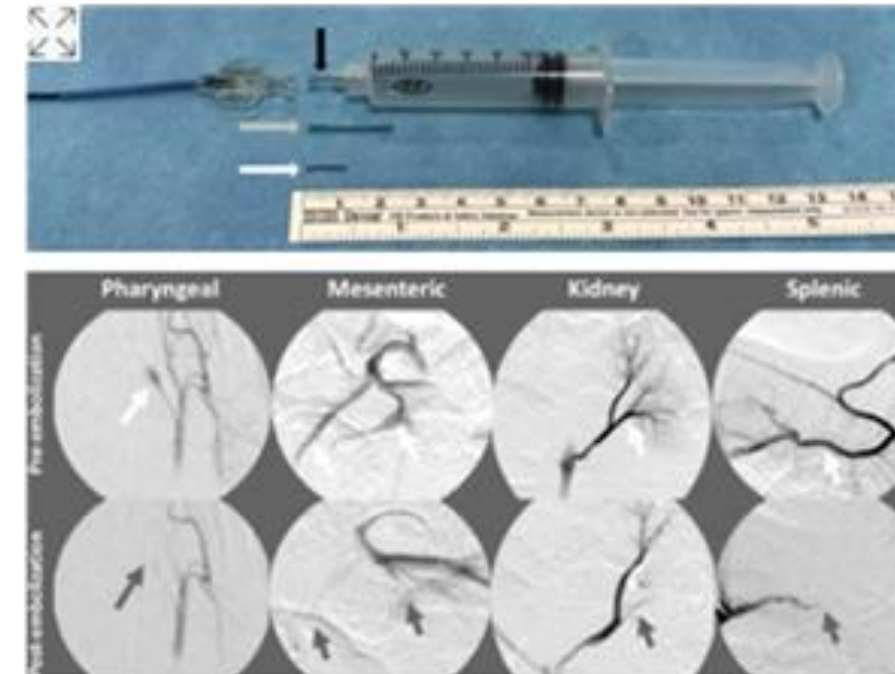


CERIMED

<http://www.cerimed-web.eu> > fair-embo-hopes-to-spre...

FAIR-Embo hopes to spread safe, cheap embolization ...

FAIR-Embo hopes to spread safe, cheap embolization around the world. We are proud to announce that Pr Vincent Vidal (Marseille, France), Head of the ...

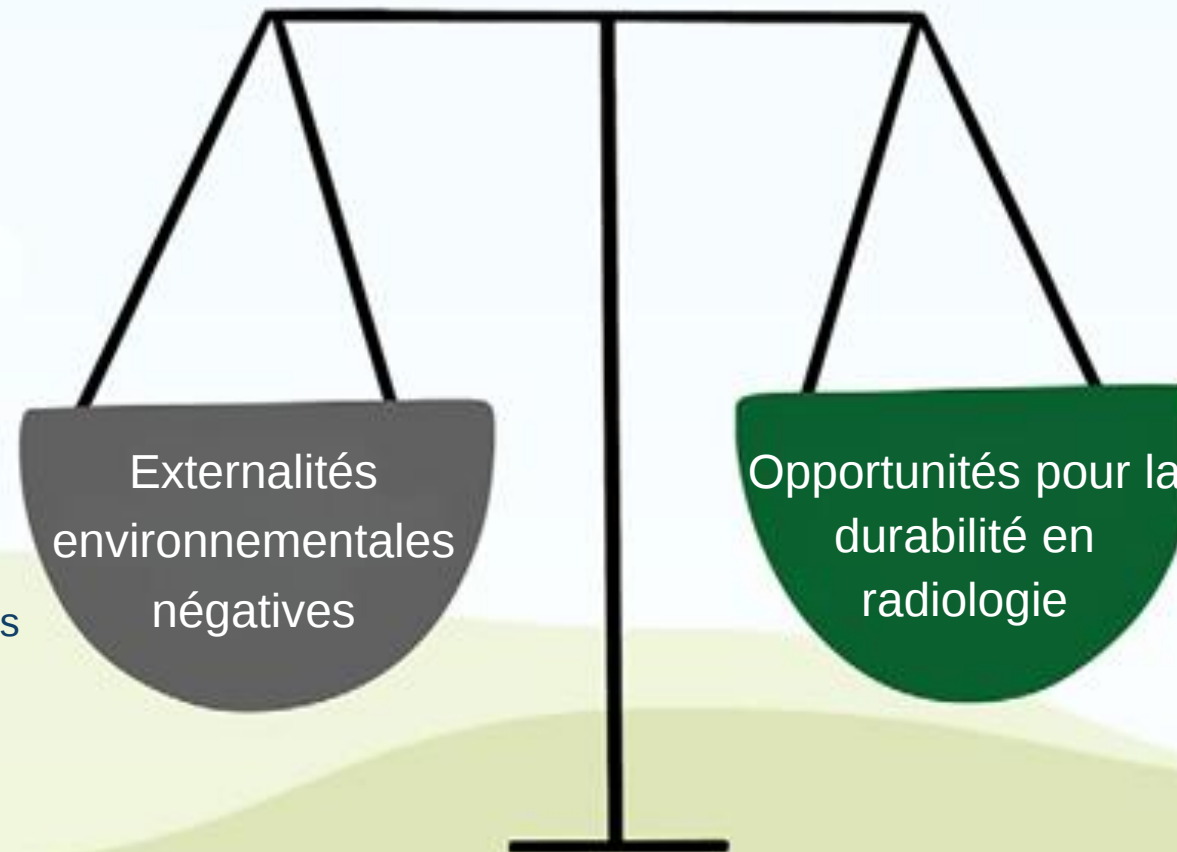


Pr V Vidal
Cerimed-APHM

REPENSER L'INNOVATION

IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT de l'IA en RADIOLOGIE

CO₂



Efficacité énergétique
Réduction des temps mort
Mode veille...



Acquisition et traitement
d'images



Outils d'aide à la décision
clinique



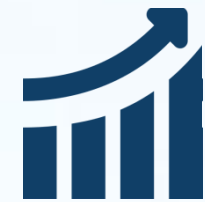
Imagerie opportuniste



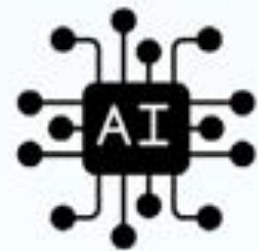
Produit de contraste



Programmation des
patients et du personnel de
radiologie



Explosion
de l'offre
de la consommation
des usages



Modèles AI
Multiplicité
Développement et
Déploiement



Stockage des données
Besoins Terminaux



Energie
Sources
Compétition



Aucune
évaluation

Aucune
évaluation

Aucune
évaluation

JFHOD - 21 MARS 2025





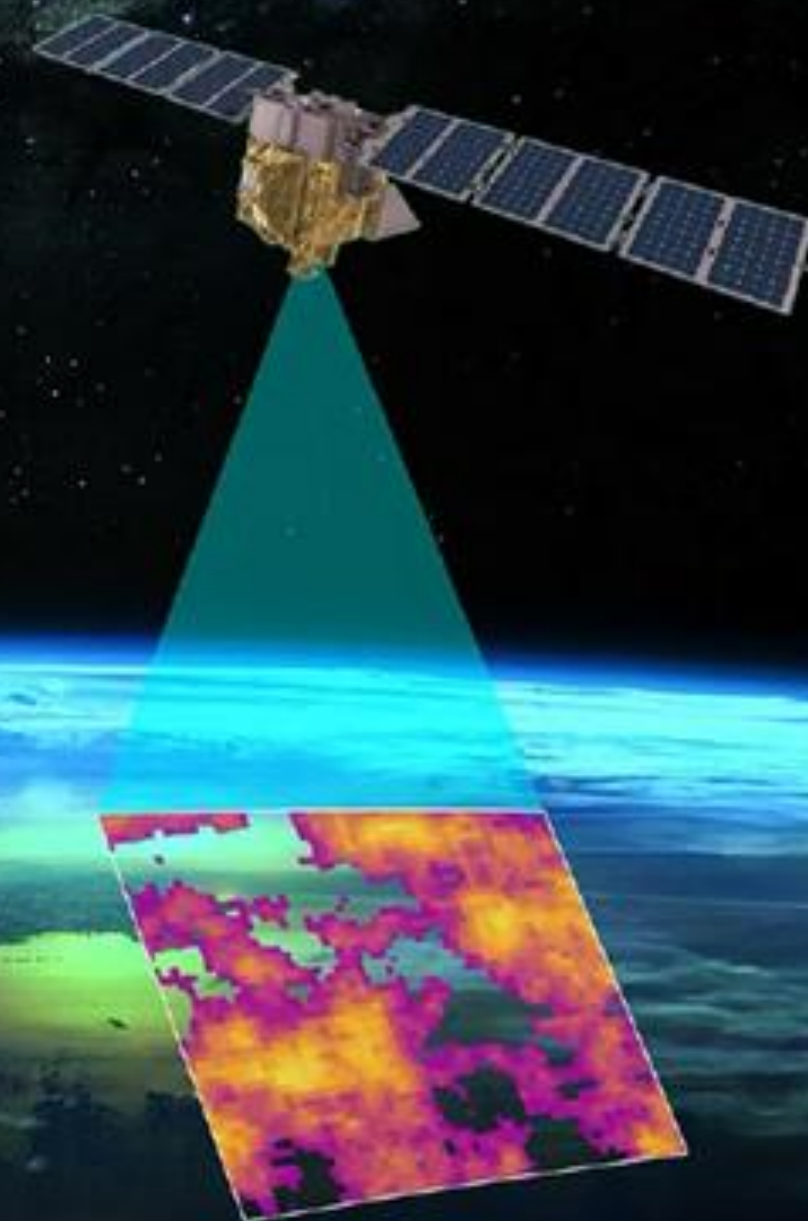
AI for sustainability

Our approach

Boldly accelerating climate action with AI

Responsibly managing the resource consumption of AI

Working together



JFHOD - 21 MARS 2025



Un secteur en pleine expansion vers l'infini et au delà?

IA générative : Microsoft relance la centrale nucléaire de Three Mile Island pour alimenter ses data centers

Working together

L'IA générative bouscule les objectifs climatiques de Google

REPENSER L'INNOVATION

**Objectif :
Progrès plutôt
que performance**

**Médecine Juste
Durable
Accessible**



**2^{NDE}
ÉDITION**

CONGRÈS SANTÉ EN 2050

SAMEDI 28 JUIN 2025

BOULEVERSEMENTS PLANÉTAIRES
ET ÉVOLUTION DES PRATIQUES
PROFESSIONNELLES EN SANTÉ

Informations
et inscriptions
sur notre site



Organisé par



Faculté de Médecine Lyon Est

(Université Claude Bernard)

8 Avenue Rockefeller, 69008 Lyon

MÉTRO D, ARRÊT GRANGE BLANCHE