

Radiologie et Écoresponsabilité

Sur la voie de la « Green Radiology »



Société Française
de **Radiologie** et
d'**Imagerie Médicale**

Radiologie et Écoresponsabilité

Sur la voie de la « Green Radiology »

Sous la responsabilité
d'Hélène Kovacsik

Avec la participation de

Catherine Adamsbaum, Jean-Alix Barrat, Douraïed Ben Salem, Loïc Bousset,
Jérôme Chevillotte, Christian Delcour, Audrey Fohlen, François Gracia, Betty
Jean, Hélène Kovacsik, Salah D. Qanadli, Gilles Soulez, Vania Tacher, Mathilde
Tillaux, Pierre-Jean Valette

Remerciements

Francelyne Marano, Haut Conseil de la santé publique, Présidente de la
Commission spécialisée Risques liés à l'environnement

Laurie Marraud, Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique, maîtresse
de conférences spécialisée sur la question des usages des technologies
numériques en santé

L'équipe de la Société Française de Radiologie et son directeur, Julien Marcelle

CNEH, Centre National de l'Expertise Hospitalière

Snitem, Syndicat National de l'Industrie des Technologies Médicales

Julie Hernandez, Chef de projet transition écologique chez AP-HP,
Assistance Publique - Hôpitaux de Paris

Sommaire

5	Introduction
9	Impact environnemental de la radiologie : une littérature médicale encore peu fournie
11	Références des publications sélectionnées
13	Écoresponsabilité & éthique
17	L'éducation numérique : une nécessité pour rendre l'imagerie médicale écoresponsable
19	La pollution numérique en chiffres
21	Sobriété numérique : les recommandations de l'Agence numérique en Santé
22	Une écoresponsabilité numérique partagée...
25	Comment les équipements d'imagerie médicale peuvent-ils rendre la radiologie plus « verte » ?
27	L'impact environnemental des équipements de radiologie en chiffres
28	Une « éco- information » encore insuffisante
31	Réduire les impacts environnementaux des produits de contraste
32	Les terres rares et le Gadolinium en chiffres
34	Vous avez dit terres rares ?
34	L'impact environnemental des équipements de radiologie en chiffres
34	Les industriels commencent à déployer des solutions de recyclage des produits de contrastes iodés
35	L'avenir sous condition des produits de contraste à base de nanomatériaux
35	L'usage raisonné et le recyclage plébiscités par les radiologues
37	Tri et gestion des déchets, c'est aussi l'affaire des radiologues
38	Les déchets en chiffres
40	Ce que dit la loi
41	Zoom sur les DASRI et les DASRIA
42	10 clés pour une créer une dynamique interne
45	Annexes
46	Écoresponsabilité en Imagerie médicale : le regard de nos confrères francophones
48	Écoresponsabilité en Imagerie médicale : la situation belge
50	Radiologie et écoresponsabilité : la perspective canadienne
52	Radiologie et Écoresponsabilité : nous avons changé l'irradiation aux patients, nous pouvons contribuer à réduire l'impact du changement climatique
52	Contribution du SNITEM :Le devenir des équipements d'imagerie : enjeux d'écoresponsabilité d'aujourd'hui et de demain
57	Le Collectif Écoresponsabilité en santé (Ceres) : une mobilisation interdisciplinaire en faveur de l'écoresponsabilité
59	Le radiologue « apprenant »

Introduction



Pourquoi la Société Française de Radiologie s'investit-elle dans l'écoresponsabilité ?

L'activité radiologique est désormais indispensable à la prise en charge des patients. Tant les examens d'imagerie de dépistage ou de diagnostic que les actes de radiologie interventionnelle ont permis des avancées spectaculaires pour améliorer l'état de santé des patients et des populations. Cependant, toute activité de soins de haute technologie, a un impact sur l'environnement. Elle consomme des biens (hélium et gadolinium, par exemple), produit des déchets en quantité - en particulier en radiologie interventionnelle - mobilise des transports, construit des locaux avec des spécificités techniques liées à la radioprotection nécessaire et au respect de normes d'hygiène, chauffe - et surtout refroidit - ses installations pour garantir le fonctionnement des machines. Enfin, elle transfère et conserve des images en quantité, en permanence et les archive pour longtemps... En cela, l'activité radiologique se doit d'évaluer son impact sur l'environnement au sens large. La balance bénéfico-risque est parfaitement applicable puisqu'il existe un réel risque de contribuer à la dégradation de la santé de la population que l'activité radiologique a pourtant, comme toute activité de diagnostic, dépistage et soins, pour mission de préserver. En d'autres termes, s'il est essentiel de mettre en œuvre des conduites écoresponsables, il reste indispensable de pouvoir simultanément garantir une production de soins de qualité et en sécurité pour les patients.

Au-delà du phénomène « d'actualité » que constitue la question du climat, du fait social incontournable que représente l'écologie ou encore de l'engagement acté de l'État



en faveur des services publics écoresponsables, les radiologues, en tant qu'acteurs de prévention et de promotion de la santé, ont un devoir d'exemplarité en matière d'écoresponsabilité auprès des usagers et de la société dans son ensemble. Plus largement, les radiologues ont un devoir de réflé-

chir et d'agir pour les générations à venir, à commencer par les juniors, étudiants et internes de la spécialité dont la sensibilité sur les questions de l'environnement est accrue.

S'il est ainsi essentiel de mettre en œuvre des conduites écoresponsables, il reste toutefois indispensable de pouvoir simultanément garantir une production de soins aussi satisfaisants que celle que nous connaissons aujourd'hui sans rien sacrifier à la qualité et à la sécurité du soin dues à nos patients.

C'est dans cet état d'esprit, que la SFR a entrepris en 2020 d'initier une démarche « écoresponsable » à laquelle a contribué le groupe « Éthique » du CERF, placé sous la responsabilité de la Pr Catherine Adamsbaum, lors des JFR de printemps en juin 2021. Ses lignes directrices sont restituées dans les pages suivantes de ce Livre Blanc.

Quatre groupes de travail ont ensuite été mis en place fin 2020 au sein de la SFR et sur la base d'un appel à candidature ouvert à tous, pour réaliser un état des lieux dans quatre domaines :

- **la sobriété numérique, groupe coordonné par le Pr Pierre-Jean Valette**
- **les nouvelles technologies, groupe coordonné par le Pr Loïc Bousset (équipements lourds) et la Pr Vania Tacher (robotique, objets connectés),**
- **les produits de contraste, groupe coordonné par le Pr Alain Luciani**
- **la gestion des déchets, groupe coordonné par la Dre Audrey Fohlen.**

Les travaux de chaque groupe sont résumés dans les chapitres de ce Livre Blanc et ont également fait l'objet de sessions/débats dédiés lors des JFR21 dont les retransmissions sont accessibles sur le site de la SFR.

L'animation de ces groupes de travail a fait appel à de nombreux organismes et parte-

naires que je souhaite ici remercier pour leur contribution à nos réflexions : le ministère de la transition écologique et l'Ademe, l'INSERM et le CNRS, le Haut Conseil de Santé Publique au travers notamment de la participation de Mme Francelyne Marano sur la problématique des nanotechnologies, l'AFPPE (association française du personnel paramédical d'électroradiologie), UniHA, le SNITEM, Europharmat, The Shift Project, l'ARCEP, ainsi que François Gracia, ingénieur au CHU de Montpellier enseignant à l'IAE Paris 1 Panthéon Sorbonne.

Parallèlement, la SFR est partie prenante d'autres initiatives dédiées à l'écoresponsabilité de la santé. La Dre Betty Jean représente notre société savante dans des démarches institutionnelles d'évaluation de l'empreinte carbone liée aux soins, dont celle mise en place par la cellule « développement durable » de l'APHP pour identifier la part de la radiologie. Et depuis avril 2021, sous l'impulsion du Président Jean-François Meder, la SFR est membre du collectif Ceres (Collectif Écoresponsabilité en Santé) – voir en annexe p. 57. D'autre part, la SFR a lancé un comité dédié à l'écoresponsabilité qui proposera une feuille de route pour les mois et années à venir et dressera des bilans réguliers de sa mise en œuvre.

Autant d'actions grâce auxquelles la SFR se prépare à relever le défi de l'innovation technologique, organisationnelle et... durable !

Pr Hélène Kovacsik

Présidente de la SFR-FRI

Présidente des JFR 2021

Coordinatrice du groupe Écoresponsabilité pour la SFR

Impact environnemental
de la radiologie : une
littérature médicale
encore peu fournie



La littérature médicale est encore pauvre sur les effets de nos pratiques sur l'environnement. En témoignent les résultats d'une recherche effectuée le 1er août 2021 sur le site PubMed, à partir des mots-clés ci-dessous, de publications ayant pour thème les impacts environnementaux de l'imagerie médicale.

**«Carbon footprint radiology» :
10 publications**

- 4 concernent les voyages en avion pour les déplacements aux congrès
 - 1 concerne l'apport d'éteindre après utilisation la nuit les stations de travail (consoles) (1)
 - 1 compare la consommation électrique de 3 consoles d'interprétation (2)
 - 2 concernent l'activité médicale en général
 - 2 utilisent la radiologie pour évaluer des objets en bambou ou naturels (hors scope)
- Soit 2 études seulement concernant nos pratiques professionnelles (hors congrès) !

**« Greenhouse gas radiology » :
9 publications**

- 1 concerne l'émission de gaz à effets de serre par un centre académique de radiologie interventionnelle (3)
- 1 compare l'émission de CO₂ de 3 techniques d'imagerie (US, TDM et IRM) en imagerie abdominale (4)
- 1 concerne l'utilisation du recyclage des déchets (5)
- 1 évalue l'impact sur les émissions de CO₂ de la télé-médecine versus le transport des patients
- 5 sont hors scope ou déjà présentes dans le groupe précédent

« MRI carbon footprint » : 1 publication

- 1 « lettre » sur la « non durabilité » de nos pratiques en imagerie au vu de leur coût environnemental (6)

« CT carbon footprint » : 1 publication

- 1 publication mesure l'empreinte carbone du scanner en 2014 (7)

« Climate change radiology » : 1 publication

- 1 publication d'appel à prise de conscience (8)

**« Environmental radiology » :
1 publication**

- 1 publication sur l'empreinte carbone en fonction des modalités d'imagerie (9)

« Conservation of Energy Resources / economics* Radiology » : 1 publication

- 1 publication sur la consommation électrique de nos appareils (10)

« Gadolinium footprint » : 2 publications

- 1 article (119) et 1 éditorial (120)

Des publications encore limitées

Ainsi, un faible nombre d'études, la plupart très récentes, traite de l'imagerie médicale (voir références en encadré). Toutes sont monocentriques avec une méthodologie de l'évaluation de l'empreinte carbone reflétant des moyens limités comparés à ceux que lui consacre l'industrie. Toutes montrent également que des économies substantielles sont possibles en modifiant nos pratiques de gestion de nos consoles et de recyclage des déchets ou en privilégiant les techniques d'imagerie en fonction de leur impact environnement (en préférant les ultrasons à la tomodensitométrie et surtout à l'IRM). Enfin il apparaît que la climatisation nécessaire de nos salles est de loin le poste principal d'émission de CO₂.

Un investissement nécessaire

Pourtant une réelle prise de conscience existe aujourd'hui en médecine et l'objectif de décarboner la santé devient une préoccupation (8) croissante. L'évaluation de nos pratiques et des

effets de conduites « écoresponsables » s'impose même si les freins sont multiples. Il est tout d'abord difficile d'individualiser l'effet de l'activité radiologique de celle plus globale de fonctionnement d'un système de soins partageant de nombreux outils et activités (ordinateurs, secrétariat, accès dossier patient, archivage, transport...). Les méthodologies d'évaluation de nos activités nous sont par ailleurs étrangères et sont coûteuses. De plus, aucun financement fléché n'existe pour ce type d'étude : quel bénéfice patient ou quel rendu économique justifier ?

Il ne reste pas moins que la pratique de la radiologie est possiblement une source importante de l'empreinte carbone du parcours patient en rapport, d'une part, avec la fabrication et le transport des machines et outils et, d'autre part,

avec leur utilisation : climatisation, production exponentielle de data à transférer et archiver, transferts patients, utilisation de matériel à usage unique avec emballages multiples ou recours à des technologies faisant appel à des ressources rares (hélium, gadolinium...). Et pour autant, les archivages réduisent les redondances d'examen. Les actes de radiologie interventionnelle se substituent parfois à des prises en charge plus lourdes également consommatrices de ressources. Les dépistages réduisent les mortalités. Comment dès lors évaluer réellement les impacts de nos activités ? Autant de questions qui rendent d'autant plus indispensable pour notre discipline et ses praticiens d'investir le champ de l'écoresponsabilité.

Pre Hélène Kovacsik

Références des publications sélectionnées

1. Büttner L, Posch H, Auer TA, Jonczyk M, Fehrenbach U, Hamm B, Bauknecht HC, Böning G. Switching off for future-Cost estimate and a simple approach to improving the ecological footprint of radiological departments. *Eur J Radiol Open*. 2020 ; 31;8
2. Hainc N, Brantner P, Zaehring C, Hohmann. "Green Fingerprint" Project: Evaluation of the Power Consumption of Reporting Stations in a Radiology Department. *Acad Radiol*. 2020 ;27(11) :1594-1600
3. Chua ALB, Amin R, Zhang J, Thiel CL, Gross JS. The Environmental Impact of Interventional Radiology: An Evaluation of Greenhouse Gas Emissions from an Academic Interventional Radiology Practice. *J Vasc Interv Radiol*. 2021;32(6):907-915
4. Environmental Impacts of Abdominal Imaging: A Pilot Investigation. Martin M, Mohnke A, Lewis GM, Dunnick NR, Keoleian G, Maturen KE. *J Am Coll Radiol*. 2018;15(10):1385-1393
5. McCarthy CJ, Gerstenmaier JF, O' Neill AC, McEvoy SH, Hegarty C, Heffernan EJ. "EcoRadiology"—pulling the plug on wasted energy in the radiology department. *Acad Radiol*. 2014;21(12):1563-6.
6. Picano E. Environmental sustainability of medical imaging. *Acta Cardiol*. 2020 ; 9 :1-5
7. Esmaeili A, Twomey JM, Overcash MR, Soltani SA, McGuire C, Ali K. Scope for energy improvement for hospital imaging services in the USA. *J Health Serv Res Policy*. 2015;20(2):67-73
8. Chevance G, Hekler EB, Efoui-Hess M, Godino J, Golaszewski N, Gualtieri L, Krause A, Marraud L, Nebeker C, Perski O, Simons D, Taylor JC, Bernard P Digital health at the age of the Anthropocene. *Lancet Digit Health*. 2020 ;2(6) :e290-e291
9. Alshqaqeeqa F, McGuire C, Overcash M, Alib K, Twomey J. Choosing radiology imaging modalities to meet patient needs with lower environmental impact. *Resources, Conservation & Recycling* 2020 ; 155 : 104657.
10. Heye T, Knoerl R, Wehrle T, et al. The Energy Consumption of Radiology : Energy- and Cost-saving Opportunities for CT and MRI Operation. *Radiology* 2020 ; 295 : 593-605.
11. Chevance G, Hekler EB, Efoui-Hess M, Godino J, Golaszewski N, Gualtieri L, Krause A, Marraud L, Nebeker C, Perski O, Simons D, Taylor JC, Bernard P Digital health at the age of the Anthropocene. *Lancet Digit Health*. 2020;2(6):e290-e291
12. Ognard J, Barrat JA, Chazot A, Alavi Z, Ben Salem D. Gadolinium footprint :Cradle to cradle ? *J Neuroradiol*. 2020 Jun;47(4):247-249. doi: 10.1016/j.neurad.2020.03.006. Epub 2020 Mar 21.
13. Chazot A, Barrat JA, Gaha M, Jomaah R, Ognard J, Ben Salem D. Brain MRIs make up the bulk of the gadolinium footprint in medical imaging. *J Neuroradiol*. 2020 Jun;47(4):259-265. doi: 10.1016/j.neurad.2020.03.004. Epub 2020 Mar 14.

Écoresponsabilité & éthique



Comme l'ont montré les Journées Francophones de Radiologie 2021, la radiologie se doit de mener les réflexions nécessaires à une démarche écoresponsable. Pour autant, les moyens pour y parvenir peuvent poser certaines questions d'ordre éthique, notamment en termes d'équilibre entre écoresponsabilité et qualité des soins, c'est-à-dire en termes de bénéfice/risque. Le lecteur trouvera ci-dessous quelques pistes de réflexion.

Quels sont les impacts de la réduction de la pollution numérique ?

La sobriété numérique est une nécessité pour améliorer l'écoresponsabilité de l'imagerie médicale en réduisant son bilan carbone (voir p. 21). Cependant, parallèlement, la croissance du volume des données brutes et des images reconstruites est permanente du fait de l'évolution technologique rapide. La multiplication des données participe à augmenter la confiance diagnostique. La conservation de ces données, même lourdes, peut avoir un intérêt diagnostique et médico-légal. La mise en place de guidelines et de protocoles pour limiter le volume des datas numériques s'avère indispensable mais pose de nombreuses questions à la fois individuelles et sociétales : Faut-il déterminer des images clés à transférer/archiver ? Y a-t-il une perte de chance pour le patient s'il n'est plus possible d'accéder en totalité aux anciens examens d'imagerie ? Le dossier patient numérique peut-il être une solution pour éviter de recopier les mêmes datas sur plusieurs emplacements (PACS, CD, Cloud...) ? La création de protocoles d'examen d'imagerie et « d'écoconduites numériques » par la SFR ne va-t-elle pas à l'encontre de la liberté individuelle du radio-

logue dans l'exercice de son métier ? Comment ces protocoles évolueront-ils ? Vont-ils pouvoir suivre la courbe des progrès médicaux et technologiques ? Le choix de perte de données peut-il constituer un frein aux performances attendues des algorithmes d'intelligence artificielle ?

Des achats plus écoresponsables mais à quel prix ?

L'arbitrage entre le coût environnemental et le coût économique est une problématique récurrente de l'écoresponsabilité dans tous les secteurs d'activité comme dans la vie quotidienne. Rouler en véhicule électrique (si tant est que son cycle de vie soit plus écologique) ou manger bio, par exemple, n'est pas à la portée de tous les budgets. En radiologie, cet équilibre est également difficile à trouver. Par exemple, acheter en grande quantité des sets jetables moins chers (et jeter des composants neufs inutiles) est préférable en termes de coût. À l'inverse, acheter au juste nécessaire à l'échantillon pour éviter le gaspillage et limiter les déchets, revient plus cher et peut in fine limiter l'accès aux soins. Quel est le bon équilibre entre ces deux postures ? Au-delà de cet exemple, se pose la question d'introduire de façon systématique des critères d'écoresponsabilité dans les cahiers des charges et les processus d'achat (composition des kits, emballages...), comme commencent à le faire de nombreuses entreprises. Une démarche à laquelle les radiologues doivent prendre part pour arbitrer, à la lumière de leurs besoins de praticiens et de la qualité du soin, les choix entre les impératifs économiques et environnementaux en collaboration avec les acheteurs et les pharmacies. Privilégier les circuits courts et les produits fabriqués en France représente un autre le-

vier de l'écoresponsabilité. On évite ainsi les émissions de CO₂ générées par l'acheminement en bateau ou en avion depuis des pays situés à l'autre bout du monde. On favorise également l'emploi local tout en évitant de cautionner des conditions de travail non régulées et ne respectant pas toujours les droits humains fondamentaux. Cependant, le protectionnisme commercial structurel altère le principe du libre-échange que certains considèrent comme éthique sur le plan économique. Où doit-on placer le curseur ?

Téléradiologie : moins de CO₂ au risque de dégrader la qualité des soins ?

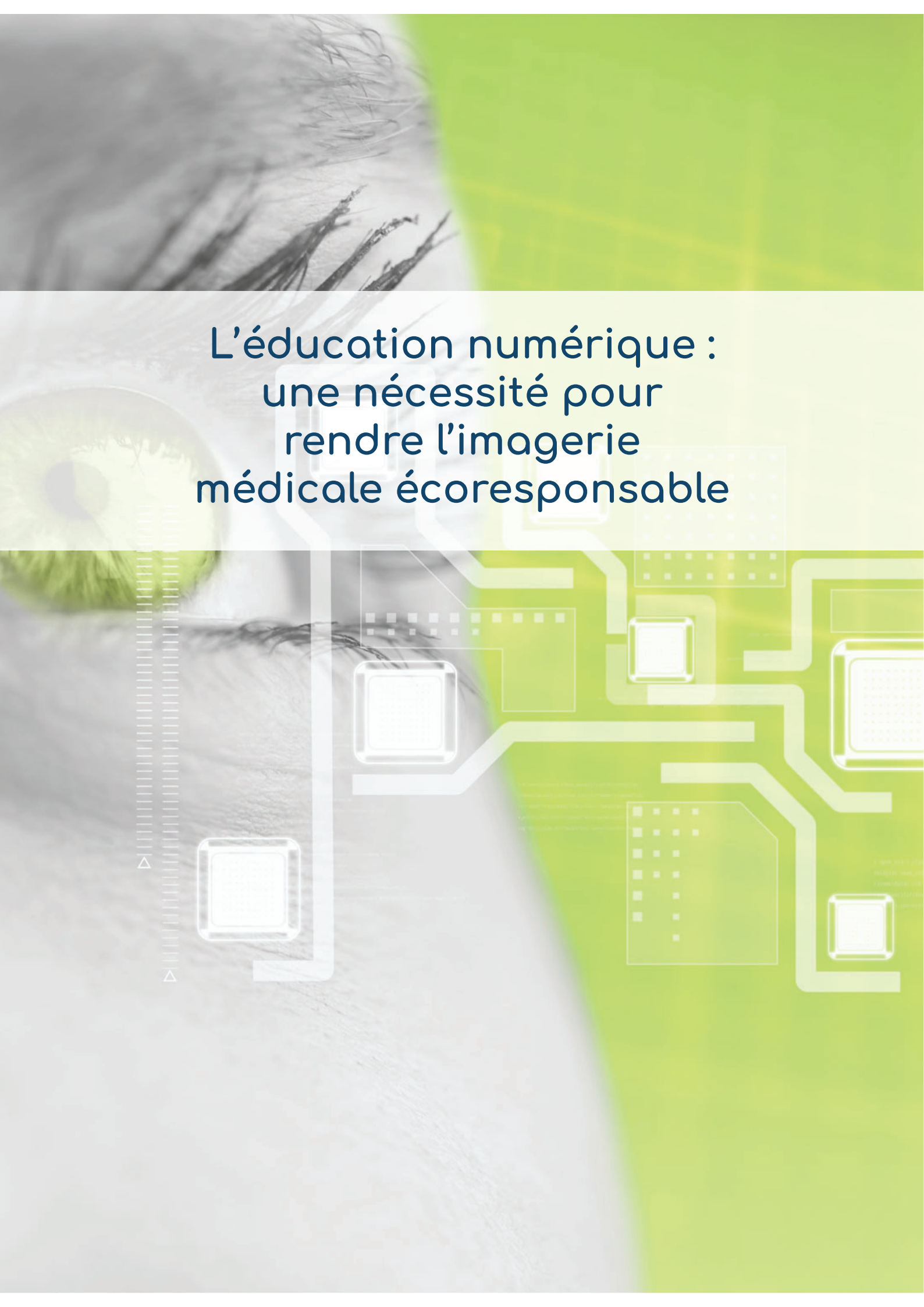
L'impact des activités de télémédecine sur l'empreinte environnementale reste un vaste champ encore non évalué. S'agissant de la téléradiologie (qui concerne exclusivement la radiologie diagnostique), la situation est complexe. Elle ne permet pas de s'affranchir du déplacement du patient jusqu'à un centre de radiologie disposant des équipements adaptés pour la réalisation de l'examen. Par ailleurs, si la téléradiologie peut permettre de réduire parfois les inégalités territoriales, elle ne résout pas la question de la démographie insuffisante des radiologues. De plus, la téléradiologie prive le patient de sa « consultation radiologique » pour le rendu et l'explication du résultat et de ses conséquences. Le cadre d'exploitation de la téléradiologie doit donc être bien défini par les radiologues dans le cadre d'organisations territoriales en tenant compte de toutes les ressources locales pour éviter une forme dégradée du soin avec une baisse de sa qualité. Sur le thème de l'accès aux soins, se pose également la question suivante : est-ce éthique de substituer une technique de première intention peu invasive mais non ac-

cessible localement par une autre technique plus « invasive » mais disponible sur place. Et dans ce cas-là, ne vaut-il pas mieux déplacer le patient malgré le coût écologique du transport ?

Des produits performants pour les soins mais dangereux pour la santé ?

L'imagerie médicale utilise des produits et matériaux susceptibles de polluer la flore et la faune, d'avoir un risque biologique pouvant nuire à la santé humaine, voire de modifier l'ADN et le génome. Cette question est bien connue pour l'exposition aux rayons X et fait l'objet d'une Directive Européenne. C'est également le cas des produits injectés à visée diagnostique comme les chélates de gadolinium, des produits à visée thérapeutique comme les microparticules d'embolisation dont les tailles s'échelonnent entre 50 à 900 microns, des matériaux de type « drug eluting », stents et ballons d'angioplastie, des implants en titane ou nickel ou encore de l'immunothérapie par injection in situ et des vaccins anti-tumeurs. S'il s'agit de produits qui contribuent très significativement à l'amélioration de la prise en charge les patients, leur utilisation doit s'accompagner d'une veille active visant à améliorer la connaissance de leurs impacts potentiels sur le vivant et l'environnement. Il s'agit là plus généralement d'une réflexion éthique à mener sur l'ère de l'homme « augmenté », ses bénéfices et ses risques.

Chapitre rédigé à partir des travaux du groupe Éthique de la SFR placé sous la responsabilité de la Pr Catherine Adamsbaum, Hôpital Bicêtre (AP-HP), Faculté de Médecine Paris-Saclay.



L'éducation numérique : une nécessité pour rendre l'imagerie médicale écoresponsable

Comme l'ensemble du secteur de la santé, l'imagerie médicale est de plus en plus technologique. Pour le plus grand bénéfice des patients mais beaucoup moins pour la planète et le climat quand on connaît les nombreux impacts du numérique sur l'environnement. Fabrication et usage des équipements, stockage et échange de données, logiciels, impressions... la radiologie consomme de l'énergie, émet du CO₂ et puise dans les réserves de nombreuses ressources naturelles. Si elle est loin d'être la seule à le faire, elle a des moyens à sa disposition pour prendre le chemin de la « sobriété » numérique, sans pour autant limiter un usage du digital qui contribue toujours plus à renforcer la qualité des soins.

Où est le problème ?

Si le numérique permet de remplacer le papier, les films plastiques et les produits chimiques utilisés pour les films et la gravure de CDroms, de limiter les déplacements ou d'améliorer le partage d'informations, et apparaît comme une promesse de préservation des ressources de la planète, il n'a rien d'immatériel sur le plan environnemental. Sa mise en œuvre s'appuie sur des équipements (smartphones, ordinateurs, datacenters, serveurs, fibre optique...) dont le cycle de vie, de leur fabrication et transport à leur utilisation, est fortement consommateur de ressources naturelles et générateur de pollution. Leur fabrication exige ainsi des métaux (dont certains rares en voie d'épuisement) en provenance du monde entier et dont l'extraction est le plus souvent très coûteuse pour l'environnement (eau, énergie fossile...). Leur usage est ensuite énergivore, donc génère d'importantes émissions de CO₂ responsable du changement climatique. Et en fin de

vie, le numérique produit des déchets dont le recyclage est complexe et peu développé.

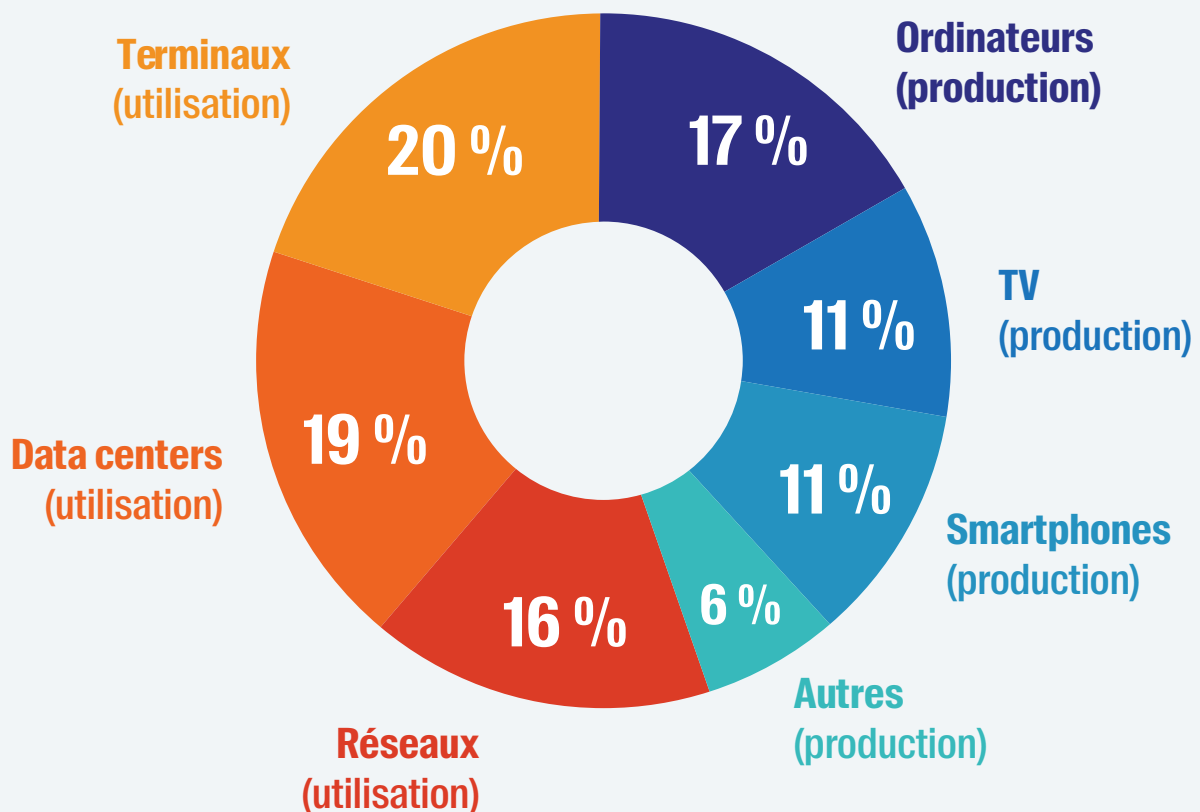
Tous les experts s'accordent à dire qu'en raison de l'accélération de la numérisation de la société et de l'économie, l'impact environnemental du numérique s'emballera tout autant. Son empreinte énergétique directe augmente déjà de 9 % par an, soit un doublement tous les 8 à 10 ans. Et les échanges de données ne cessent de croître à un rythme de 25 % par an. La tendance est la même pour les objets connectés dont le nombre devrait atteindre 48 milliards en 2025, ce qui représentera entre 18 % et 23 % des impacts du numérique. Autre exemple : selon le Haut Conseil au Climat (HIC), le déploiement de la 5G, du fait du déploiement de nouveaux terminaux (smartphones, casques virtuels...) entraînerait une augmentation de 18 à 45 % de l'empreinte carbone du secteur numérique en France d'ici à 2030.

Comme tous les secteurs d'activité, la santé, dont la numérisation s'accélère d'année en année, participe à cette pollution numérique. Et sa contribution est loin d'être anodine. On estime qu'elle est à l'origine en France de 5,1 % des émissions nationales de CO₂ (The Shift Project). D'où la nécessité pour l'ensemble de l'écosystème de la santé d'agir en faveur d'une plus grande « sobriété numérique ». Celle-ci ne doit ne signifier pour autant de renoncer aux bénéfices rendus par le numérique dans la prise en charge des patients – et ils sont nombreux en imagerie médicale – mais bien de limiter ses impacts environnementaux. Cela à toutes les étapes du cycle de vie des multiples équipements utilisés dans les établissements de santé, et les services de radiologie (ordinateurs, imprimantes, appareils de radiographie et d'échographie, scanners, IRM...) : conception, fabrication, et utilisation et fin de vie.

La pollution numérique en chiffres

- **4 %** : c'est la part du numérique dans les émissions mondiales de gaz à effet de serre, soit deux fois celle du transport aérien
 - Si le numérique était un pays, il aurait **2 à 3 fois** l'empreinte de la France.
 - **5,1 %** : c'est la part des émissions nationales de CO₂ générées par le secteur de la santé France (The Shift Project)
 - **Plus de 5 %** : c'est la part de l'informatique interne dans le bilan carbone d'un CHU moyen (rapport ministériel de l'impact environnemental du numérique en santé).
 - **190 000 tonnes d'équivalent CO₂ par an** : c'est le bilan carbone des 470 000 postes de travail informatique des établissements publics de santé en France, soit l'équivalent de plus de 1 million d'allers/retours Paris-Marseille en avion pour une personne.
 - **1 IRM** consommerait autant d'énergie que **700 foyers** européens moyens
- («Evaluation of miscellaneous and electronic device energy use in hospitals.» World Review of Science, Technology and Sustainable Development).

• La consommation énergétique mondiale du numérique :



Les leviers pour agir

La radiologie moderne est par définition une activité créatrice et consommatrice de données numériques. De fait, l'écoresponsabilité numérique en radiologie doit s'intéresser aux conséquences environnementales de l'exploitation d'images médicales (acquisition, post-traitements, archivage, transmissions par réseau, ...) liée à l'utilisation de systèmes informatiques qui consomment de l'énergie (empreinte carbone) et de la bande passante sur les réseaux. Toutefois, puisqu'il s'agit de « pollution », la réflexion devrait également s'étendre au problème de l'accumulation de données médicales (images ou autres) parfois inutiles (hypertrophie des bases de données, dilution de l'information pertinente, ...), source de perte de temps pour les médecins, voire de perte de chance pour le patient. Par ailleurs, une démarche sur l'écoresponsabilité numérique devrait également tenir compte de l'environnement sur lequel la réalisation d'examens radiologiques devrait pouvoir s'adosser (dossier médical du patient, mise en réseau de tous les acteurs médicaux, indexation des données, ...).

Ainsi, même si elle se doit d'aborder tous les sujets, la proposition est de cibler à ce stade la réflexion sur ce qui est réellement faisable, avec des résultats concrets, et sans contrainte disproportionnée.

Certains ont identifié les pistes d'une limitation de l'archivage d'images radiologiques dans le temps, des duplications d'examens (CD importés sur PACS), voire des reconstructions systématiques. 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. D'où le choix de se concentrer sur quatre axes de travail pour lesquels de vrais plans d'actions sont envisageables même s'ils posent encore de nombreuses questions pour les mettre en œuvre : trois au titre d'une réflexion sur la « pollution » liée à l'accumulation non raisonnée de données médicales et un quatrième sur les possibilités d'analyse de l'empreinte carbone des activités des services d'imagerie.

Maîtriser la demande d'imagerie

Vaste problème qui a fait en France l'objet de nombreux plans d'action et autres ouvrages de recommandations à l'adresse des médecins demandeurs. Force est de constater que les résultats sont mitigés dans une évolution des pratiques médicales qui voit la technique prendre le pas sur la clinique, et qui procède souvent (notamment dans le cadre des urgences) à une délégation des indications d'examens à des juniors auxquels peut manquer l'expérience de nombreuses années de pratique. La mise en ligne au sein des établissements de données statistiques sur la pertinence des indications d'imagerie, voire l'application de pénalités financières aux équipes (ou demandeurs) les moins vertueuses, seraient-elles acceptables ?

Optimiser le choix et les intitulés de séries

Les examens circulent à l'occasion du partage de données entre des institutions partenaires (RCP multisites, collaborations pour la prise en charge des malades), montrant ainsi que les pratiques (IRM, notamment) concernant la transmission des séries réellement utiles et le choix d'intitulés sur nos exa-

mens des séries compréhensibles ne sont pas toujours une préoccupation première. Des recommandations de la part des institutions universitaires ou professionnelles de la radiologie pourraient-elles modifier les pratiques : homogénéisation des noms des séries pour une meilleure identification et sélection, mise en place de protocoles d'examens plus pertinents selon le principe ALARA (as low as reasonably achievable) conjuguant justification du choix, optimisation et limitation à ce qui est utile ?

Améliorer les conditions d'accès aux données médicales pertinentes

L'accumulation d'information peut difficilement être contrôlée, l'indexation des données connaît encore de sérieuses limites techniques et organisationnelles.

L'intelligence artificielle pourrait apporter des solutions aux difficultés récurrentes d'accès aux données pertinentes. La mise en place

de systèmes PACS permettant un accès au dossier patient territorial, et non limité à l'établissement, permet d'éviter la répétition inutile d'examens d'imagerie. L'Intelligence artificielle appliquée au système des données du dossier patient permet également de sélectionner les données pertinentes cliniques et paracliniques indexées dans le dossier numérique du patient pour une prise en charge spécialisée optimale sans nécessiter de recourir à l'ouverture systématique de la totalité des sous-dossiers, et ainsi de raccourcir la durée d'utilisation de nos serveurs et consoles PACS.

Estimer l'empreinte carbone des services d'imagerie

Démarche techniquement difficile, mais engagée par de nombreux secteurs d'activité. Plusieurs institutions hospitalières (APHP, CHU Lyon) ont dès à présent inscrit cette question dans leurs projets d'organisation

Sobriété numérique : les recommandations de l'Agence numérique en Santé

• Avant de recourir à un service ou un équipement numérique

Prioriser les services à déployer, selon le bénéfice attendu et les enjeux visés.

Promouvoir les démarches d'écoconception
Lors de l'achat de nouveaux matériels et services, promouvoir les achats informatiques responsables, vérifier le besoin et choisir un matériel ou service adapté (non surdimensionné).

• Pendant la durée de vie des équipements Maintenir et entretenir le matériel existant pour le pérenniser

Optimiser le recours aux impressions et n'imprimer que ce qui est vraiment nécessaire.
Alléger les mails en réduisant les pièces jointes (favoriser le partage de fichiers et la dématé-

rialisation des documents) et le nombre de destinataires à ceux effectivement concernés
Éteindre complètement et ne pas laisser les ordinateurs en veille quand on ne s'en sert pas.
Désinstaller les logiciels inutilisés, nettoyer régulièrement les serveurs et ordinateurs afin d'éviter l'accumulation de déchets numériques qui consomment de l'énergie inutilement.

• En fin de vie

Privilégier le réemploi du matériel dans le cadre d'opérations de solidarité
Recourir à la collecte des DEEE (déchets d'équipements électriques et électroniques) via un prestataire professionnel pour favoriser le recyclage et le traitement propre des déchets non recyclables.

sous couvert de travaux de recherche préliminaires. La SFR participe à l'action mise en place par le département « Développement durable » de l'APHP visant à quantifier l'empreinte carbone dans plusieurs parcours patients. Trois parcours types ont été identifiés : un patient suivi pour diabète chronique, un parcours d'hospitalisation de jour pour une intervention et un parcours type pour traitement chronique d'un cancer avec chimiothérapie. L'objectif est de quantifier toutes les étapes de la prise en charge de ces 3 patients types pour modéliser l'empreinte carbone longitudinalement. Au sein de ces parcours la proportion liée à l'imagerie sera quantifiée afin de mieux appréhender la part de l'empreinte carbone entre la part de la production d'image, celle liée à l'équipement et celles liées à la visualisation et à l'archivage des données numériques.

Chapitre rédigé avec la contribution de la Dre Betty Jean, Hôpital Lariboisière (AP-HP) et du Pr Pierre-Jean Valette, CHU de Lyon

Pour aller plus loin

Pour un numérique soutenable, rapport de l'ARCEP

L'impact du numérique en santé, Délégation interministérielle au numérique en santé, cellule Éthique GT6) – numérique responsable

Déployer la sobriété numérique, *The Shift Project 2020*

Décarbonons la santé pour soigner durablement, *The Shift Project 2021*, p 121 à 126

Le radiologue « apprenant »

La SFR a proposé des recommandations pour une pratique plus écoresponsable aux radiologues congressistes dans l'utilisation de leurs outils (ordinateurs smartphones) qui s'appliquent également à la gestion quotidienne professionnelle de la radiologie.

(voir annexe p. 59)

Une écoresponsabilité numérique partagée...

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 :

- **Auprès des responsables, direction ou société de système d'information : 86 %**
- **Auprès de la direction de l'établissement : 74,5 %**
- **Auprès des usagers : 75,2 %**
- **Auprès des prescripteurs : 80,9 %**
- **Auprès des équipes : 84,1 %**
- **Autres : 22,3 %**

Comment les équipements
d'imagerie médicale
peuvent-ils rendre la
radiologie plus « verte » ?



Des machines toujours plus puissantes et performantes sont-elles compatibles avec l'écoresponsabilité de notre spécialité ? Oui à condition de mobiliser toutes les parties prenantes, dont les radiologues eux-mêmes, à la réduction de l'empreinte environnementale à toutes les étapes du cycle de vie des équipements.

Où est le problème ?

Les équipements nécessaires à l'imagerie médicale ont un impact environnemental tout au long de leur cycle de vie. Lors de leur fabrication, ils consomment des matières premières et de l'énergie. Leur acheminement depuis les sites de production et d'assemblage vers la France est une source d'émissions de gaz à effet de serre (GES) d'autant plus importante selon l'éloignement, le mode de transport utilisé et la nature de l'emballage. Leur usage est également énergivore (fonctionnement des machines, refroidissement, climatisation...) d'autant plus lorsqu'ils ne peuvent pas être mis en veille ou éteints lorsqu'ils ne sont pas utilisés (entre deux patients ou la nuit) ou fait appel à des consommables et des ressources rares (hélium, gadolinium...). Leur utilisation constitue également une source de pollution numérique par le volume croissant de données et d'images produites et archivées (voir chapitre sur l'éducation numérique). Enfin, en fin de vie, le renouvellement des équipements exigé par leur obsolescence ou favorisé par l'arrivée de nouveaux modèles et systèmes plus performants, génère des déchets dont une partie n'est pas valorisée et recyclée, lorsque les machines ne sont pas remises à neuf ou revendues sur le marché de l'occasion.

Les leviers et les pistes pour agir

• Écoconception

Les industriels ont un rôle majeur à jouer lors de la conception des machines pour diminuer l'empreinte écologique de celles-ci à toutes les étapes du cycle de vie (production, utilisation, recyclage) grâce à de nombreux leviers : choix des matériaux, localisation de la production, choix des emballages (carton plutôt que bois, par exemple), intelligence artificielle et autres innovations permettant d'améliorer la qualité des données et images pour optimiser l'utilisation et prolonger la durée de vie des machines, systèmes « stop&go » pour une mise en veille automatique, anticipation du recyclage, réduction du poids et de la taille des machines permettant de réduire les besoins de refroidissement... Cette démarche d'écoconception est de plus en plus menée par le secteur (voir en annexe p. 52 la contribution du SNITEM).

L'IRM de demain

L'hélium, ressource fossile épuisable et sensible pour la technologie IRM, se verra épuisée d'ici 2035 et, dès à présent, les avancées technologiques se font dans ce sens : IRM utilisant moins d'hélium voir sans hélium sont dans les projets des industriels.

• Labellisation

Comme c'est le cas dans l'électroménager, les smartphones, l'automobile ou l'alimentation (Nutriscore), un système de labellisation simple et compréhensible par tous notant le bilan carbone ou la consommation d'énergie des machines (globale ou par patient/examen) permettrait aux radiologues et aux acheteurs de privilégier des équipements plus vertueux sur le plan environnemental.

L'impact environnemental des équipements de radiologie en chiffres

- L'imagerie médicale représente **4 %** de la consommation d'énergie d'un hôpital et l'équivalent de la consommation de **852 personnes** pendant un an.
- Une échographie consomme **650 g de CO₂** par examen, contre **2,1 kg pour un scanner** et 13,72 kg pour une IRM
- **32 stations de travail** consomment par an **53 000 kWh**, soit l'équivalent d'une centaine de barils de pétrole
- 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.

- Jusqu'à **45 %** : c'est l'économie potentielle d'énergie réalisable si les consoles sont éteintes après une heure d'inactivité
- Le transport d'une machine par voie terrestre ou par fret maritime est **55 fois moins** polluant que par fret aérien.
- Un scanner produisait **160 Méga bytes** en 2020 contre **66** en 2011.
- Les dernières modèles d'IRM nécessitent **20 litres** d'hélium contre **2 000 litres** pour les générations précédentes.

• Éducation des utilisateurs

Les industriels pourraient délivrer un guide aux utilisateurs leur permettant d'optimiser la consommation d'énergie et l'utilisation d'un équipement pour réduire son empreinte carbone et prolonger sa durée de vie.

• Achats

S'il existe aujourd'hui des critères environnementaux dans les appels d'offres d'acquisition de nouvelles machines, leur poids reste aujourd'hui limité. La radiologie et les autres spécialités qui ont recours à des équipements lourds doivent travailler avec les centrales d'achat, les acheteurs et les directions d'établissement pour renforcer le poids de ces critères dans les processus d'achat et permettre plus de transparence.

• Nouveaux modèles économiques

Comme c'est le cas dans d'autres secteurs de consommation (mobilité, musique, auto-

mobile...), la transition d'un modèle basé sur la vente de produits vers un modèle basé sur le service (économie de la fonctionnalité ou de l'usage), favorise la durabilité et la longévité des équipements : les fabricants sont incités à prolonger la durée de vie des machines auprès d'utilisateurs successifs afin d'accroître la rentabilité de celles-ci.

• Mise à niveau

Comme commencent à le proposer les industriels, la remise à niveau des systèmes et des composants d'une machine permet d'améliorer ses performances et de prolonger sa durée de vie, pour ainsi atteindre 7 à 10 ans de fonctionnement sans perte de qualité pour les patients.

• Seconde vie

En fin d'utilisation, les machines d'imagerie médicale peuvent suivre deux filières : le reconditionnement assuré par le constructeur qui permet, après le renouvellement des

composants nécessitant d'être remplacés, de remettre à niveau la machine et de la recommercialiser avec des performances identiques à celle d'un équipement neuf ; la revente sur le marché de l'occasion. En France, pour des raisons réglementaires, le reconditionnement reste anecdotique en comparaison avec la pratique de nombreux pays. Un travail conjoint des radiologues et des industriels auprès des instances en charge de la réglementation permettrait de développer cette approche vertueuse d'économie circulaire.

Chapitre rédigé avec la contribution des Prs Vania Tacher (CHU Henri Mondor) et Loïc Bousset (CHU de Lyon) et Jérôme Chevillotte (SNITEM)

Une « éco-information » encore insuffisante

Lorsqu'on interroge les radiologues pour savoir si les industriels ont mis en avant le caractère écoresponsable (conception, transport, consommation, obsolescence, recyclage...) des équipements lors des dernières acquisitions d'équipements d'imagerie de haute technologie, la réponse est sans appel :

- « pas du tout » 53,7 %
- « très partiellement » 30,9 %
- « oui mais comme les autres » 10,7 %
- « oui de manière importante » : 4,7 %
(enquête du CNFH 2021)



Réduire les impacts
environnementaux des
produits de contraste

Si la maîtrise des risques pour la santé des produits de contraste est très encadrée, ce n'est pas encore le cas pour les risques environnementaux des produits gadoliniés. Mais des premières initiatives se mettent en place afin de réduire les impacts souvent méconnus de leur consommation quotidienne dans les services d'imagerie médicale.

Où est le problème ?

Le Gadolinium utilisé depuis la fin des années 80 comme base des produits de contraste des examens d'IRM est l'un des métaux appelés « terres rares » (voir encadré) qui sont présents dans la croûte terrestre émergée, et, à de très faibles niveaux de concentration, dans l'eau des océans. La totalité des atomes de Gadolinium disponibles sur la planète date de la naissance du système solaire il y a plus de 4,5 milliards d'années. Ce n'est donc pas une ressource renouvelable. Ses réserves sont donc limitées tout en restant relativement abondantes. En revanche, l'extraction du Gadolinium des roches dans lesquelles il est présent est complexe. Même chose pour son raffinage qui fait appel à la chimie. À cette complexité s'ajoute un coût environnemental élevé. L'extraction s'accompagne de rejets d'éléments radioactifs (thorium, uranium) dans l'atmosphère et l'eau. Son traitement chimique est également une source importante de pollution. Mais l'empreinte environnementale du Gadolinium ne s'arrête pas là. Son utilisation en radiologie, se traduit par des rejets dans l'eau. Une fois injecté, il est uriné et, en l'absence actuelle de traitement par les stations d'épuration, se retrouve dans le monde entier dans les rivières, les nappes phréatiques, l'eau du robinet, et au final dans l'océan, où il est absorbé par les algues et

Les terres rares et le Gadolinium en chiffres

- L'utilisation des terres rares :
3 g de dans un smartphone
de **0,3 à 4,5 kg** dans une voiture
de **200 kg à 1 tonne** dans une éolienne
0,79 g dans une seringue de 10 ml d'un agent de contraste gadolinié.
- La Terre contient **1,15 milliard de millions de tonnes** de Gadolinium
- Le marché du Gadolinium est entièrement dominé par la Chine qui raffine **90 %** des volumes mondiaux.
- La radiologie représente **5 %** de la consommation mondiale de Gadolinium.
- La consommation de Gadolinium par la radiologie connaît ces dernières années une croissance exponentielle liée à la multiplication des examens d'IRM et s'élève aujourd'hui en France à **3 millions de doses** par an.
- Une machine d'IRM consomme en moyenne **3,2 kg** de Gadolinium par an.
- En moyenne, **15 %** des volumes de produits de contraste gadoliniés contenus dans les seringues ne sont pas utilisés et finissent à la poubelle, soit l'équivalent de **2 camions-citernes** par an.
- **85 %** du Gadolinium présent dans les produits de contraste urinés par les patients est rejeté dans l'environnement (rivières, nappes phréatiques, océans...).



les végétaux dont se nourrissent les fruits de mer avec des effets in vitro potentiellement néfastes sur leur développement. Il en va de même pour la quantité restante des doses de produit qui ne sont pas utilisées quotidiennement dans les seringues pré-dosées. À noter que 100 % du Gadolinium rejeté dans l'eau provient des activités humaines et en premier lieu des services d'imagerie médicale...

Les leviers et les pistes pour agir

• Recyclage des doses inutilisées

Inexistante jusqu'à aujourd'hui, la récupération de la quantité inutilisée dans les doses de produit de contraste gadoliné est désormais possible grâce à la création de MeGadoRe (Medical Gadolinium Recycling), une nouvelle solution de collecte développée au sein l'Université de Bretagne Occidentale (Brest), par une équipe pluridisciplinaire incluant notamment des radiologues et soutenue par des partenaires industriels et académiques, Lancée dans le Grand Ouest en 2021, cette initiative est en cours de déploiement en France et dans les pays limitrophes. Le principe est de mettre à disposition des flacons d'1,5 litre dans les centres d'imagerie médicale, qui une fois remplis (à raison de 2 ml par injection en moyenne), sont récupérés puis acheminés vers une usine située en Charente Maritime. Là, le Gadolinium chélaté est retraité et revendu à des industriels pour une utilisation non pharmaceutique.

Pour en savoir plus, contacter MeGadoRe par e-mail à l'adresse suivante : contact@megadore.org

• Conditionnement

Dans plusieurs pays, le Gadolinium est commercialisé en flacons dans lesquels les services de radiologie prennent la quantité nécessaire à chaque injection. Ce n'est pas le cas en France où il est vendu en doses préremplies. Ce conditionnement s'explique par les précautions prises par l'ANSM depuis l'affaire du sang contaminé. Toutefois des discussions sont engagées avec l'ANSM pour envisager à l'avenir un conditionnement en flacon, si toutes les conditions de sécurité sanitaire sont garanties.

• Récupération des urines des patients

La réduction des impacts environnements des produits de contraste gadolinés utilisés en imagerie médicale ne pourra se faire sans trouver des solutions pour traiter les urines des patients (qui contiennent 85 % du Gadolinium rejeté dans la nature) années. Reste que ce process de récupération, qui doit être fait dans les 4 heures suivant l'injection, est complexe à mettre en œuvre. Il est donc encore à développer, ce à quoi MeGadoRe s'attelle.

Chapitre rédigé avec la contribution du Pr Alain Luciani, Hôpital Henri Mondor (AP-HP), du Pr Jean-Alix Barrat, géochimiste à l'Université de Bretagne occidentale et du Pr Douaïed Ben Salem, neuroradiologue, CHU de Brest et Université de Bretagne occidentale.

Les industriels commencent à déployer des solutions de recyclage des produits de contrastes iodés

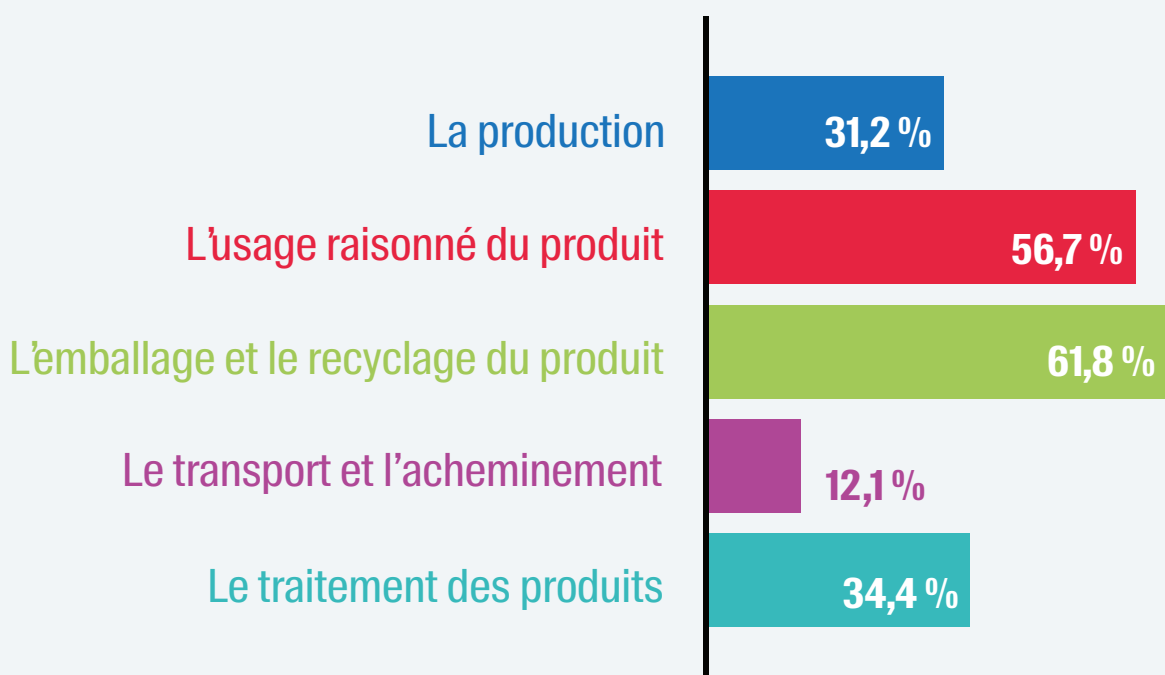
Des expérimentations de recueil d'urines de patients hospitaliers de radiologie ou de cardiologie ayant reçu une injection de produits de contraste iodés ont débuté en Allemagne. Les premiers résultats montrent que 75 % de la dose injectée a pu être recueillie. Les urines collectées sont ensuite transférées par le collecteur dans une usine d'incinération. Reste désormais à analyser le bilan environnemental complet de cette

expérimentation avant de la déployer ce processus de recyclage plus largement.

- GE (General Electric) a mis en place un circuit de collecte des doses de produits iodés non utilisés en Europe du Nord et, en France depuis récemment. 500 centres d'imagerie, dont 60 en France, sont concernés et disposent de containers spécifiques. Les produits récupérés sont retraités et revendus à des industries non pharmaceutiques.

L'usage raisonné et le recyclage plébiscités par les radiologues

Dans une enquête du CNEH réalisée en 2021 et à laquelle ont participé 163 radiologues hospitaliers et libéraux, ces derniers ont répondu à la question suivante : « Concernant les produits de contraste utilisés en imagerie, quels sont, selon vous les 2 sujets principaux à travailler en termes d'écoresponsabilité ? ».



L'avenir sous condition des produits de contraste à base de nanomatériaux

Les nanomatériaux, dont la définition est encadrée par l'Union européenne, doivent contenir au moins 50 % de nanoparticules (particules d'une dimension de 1 à 100 nanomètres, un nanomètre mesurant un milliardième de mètre). Certains se trouvent dans la nature (sables du Sahara, cendres de volcans...), les autres sont manufacturés. Si on utilisait déjà au Moyen-Âge des nanomatériaux sous forme de poudre qui rentrait dans la fabrication des vitraux, leur véritable développement commence à la fin du XX^e siècle grâce à des chercheurs physiciens travaillant à l'échelle quantique. Depuis, de nombreuses industries y ont recours comme l'agroalimentaire, la cosmétique ou la santé (médicaments) en raison de leurs propriétés innovantes.

Reste que leur utilisation, qui peut être nocive pour la santé humaine et l'environnement, est étroitement surveillée. Ces dernières années, les autorités françaises ont, par exemple, interdit le recours au dioxyde de titane (E 171) dans les produits alimentaires. Plus largement, l'utilisation des nanomatériaux est soumise à des autorisations de la part des agences publiques (ANSM,

ANSES) ainsi qu'à une veille permanente du Haut Conseil de la Santé Publique.

En radiologie, les nanomatériaux ont fait leur apparition dans des agents de contraste à base de Gadolinium, de Manganèse, de Nanostructures Magnétiques, d'oxyde de Fer ou de Dysprosium, pour des applications variées dont l'imagerie hépatique, ganglionnaire ou de la plaque athéromateuse. Les nanostructures magnétiques peuvent aussi être proposées pour des actions thérapeutiques ciblées (guidage de médicaments, photothérapie dynamique...) Pas encore commercialisés, ces produits font toujours l'objet d'expérimentations et d'essais sur les animaux pour savoir ce qu'ils deviennent dans le corps et dans le temps. D'autres projets sont à l'étude. Plus récemment, par exemple, des recherches ont commencé afin de tester différents métaux à l'échelle nanométrique pour développer des produits de contraste nécessaires aux nouvelles technologies de scanner à comptage photonique. Mais quelle que soit leur finalité, ces travaux ne déboucheront qu'à la condition que soit démontrée l'absence de danger pour l'homme et l'environnement.

Vous avez dit terres rares ?

Les terres rares désignent **17 métaux** : le scandium, l'yttrium, et les quinze lanthanides (Lanthane, Cérium, Praséodyme, Néodyme, Prométhium, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Thulium, Ytterbium, et Lutécium), dont l'exploitation a débuté dans les années qua-

rante et qui sont très utilisés dans les produits technologiques (batteries des véhicules électriques, LED, puces de smartphone, écrans d'ordinateurs portables, éoliennes, radars...). Contrairement à leur nom, ces métaux ne sont pas si rares. Certains, comme le cérium, sont aussi répandus dans l'écorce terrestre que d'autres métaux plus usuels comme le cuivre. Il en va de même pour le Gadolinium.

Tri et gestion des déchets,
c'est aussi l'affaire des
radiologues



Jour après jour, l'imagerie médicale produit de nombreux déchets : films, CD, papiers, effluents, matériels de soin divers, emballages... Certains sont dangereux, d'autres non. Mais tous constituent une source potentielle de pollution ou de risques pour la santé humaine. Pour limiter ces impacts, les radiologues et les établissements de santé ont de nombreux leviers d'action à leur disposition.

Où est le problème ?

En France, le secteur de la santé génère chaque année trois fois plus de déchets que ceux produits par la population. Les services ou cabinets d'imagerie sont de gros pourvoyeurs de déchets : émetteurs de films (pour les services non équipés de PACS), de papiers (pochettes, compte rendu...), de CD, de Déchets Assimilés aux Ordures Ménagères, d'équipements informatiques (ordinateurs, imprimantes, ...), d'ampoules, de piles... Ils sont également générateurs de Déchets d'Activité de Soins à Risques Infectieux (voir ci-contre), en radiologie interventionnelle notamment, dont le traitement de ces derniers occasionne un impact environnemental 10 fois plus néfaste que les déchets classiques. Comme l'ensemble des déchets de santé, ceux de l'imagerie médicale constituent une source de pollution. Leur mise en décharge ou leur enfouissement émet du méthane qui persiste pendant des centaines d'années, et leur incinération – traitement de 80 % des Déchets d'Activité de Soins à Risque Infectieux et Assimilés (DASRI/DASRIA - voir encadré) - génère des émissions de CO₂, de gaz toxiques (dioxines) et de cendres toxiques. Au-delà de l'impact environnement des déchets de santé, le coût engendré par leur collecte et leur traitement représente des

dépenses importantes pour les établissements de santé. Et l'avenir ne changera pas la donne bien au contraire. Dans les années qui viennent, la Taxe générale sur les activités polluantes (TGAP) et la taxe à l'enfouissement, par exemple, verront leur montant augmenter sensiblement.

Les déchets en chiffres

- **5 %** des émissions annuelles de CO₂ : c'est ce que permet d'éviter le recyclage des déchets en France, soit l'équivalent de l'ensemble du transport aérien français ou de **20 %** des émissions du parc automobile. (Source ADEME-Federec)
- **483 000 tonnes** évitées de CO₂, soit **4 349 000 trajets** Lille-Marseille en voiture : c'est le bilan carbone 2020 du recyclage des déchets électroniques par Ecosystem. La régénération des matériaux et la valorisation énergétique ont permis d'éviter **904 000 tonnes** de CO₂ dont il faut déduire **421 000 tonnes** générées par le transport et le traitement des déchets.
- **1 tonne** de papier recyclé permet d'économiser **700 à 800 litres** de pétrole.
- **40 types** de déchets sont générés par un établissement de santé. **80 % des déchets** liés aux soins de santé sont comparables aux ordures ménagères et ne sont pas dangereux, les **20 % restants** sont considérés comme dangereux (infectieux, toxiques ou radioactifs).
- **3 à 6 kg** par lit et par jour. C'est la quantité de déchets produite par un hôpital, soit trois fois plus qu'un habitant. Les hôpitaux génèrent chaque année **700 000 tonnes** de déchets, soit **3,5 %** de la production nationale.

Les leviers pour agir

• La réduction à la source

Le meilleur déchet est celui qu'on ne produit pas ! D'où l'importance pour l'imagerie médicale d'optimiser la façon de diffuser les comptes rendus et les images mais aussi de gérer les demandes d'examen avec leurs correspondants selon le principe du juste nécessaire. Le « 0 film » et le « sans papier » sont des axes d'amélioration, tout en n'oubliant pas que les déchets numériques qui remplacent les déchets physiques, sont émetteurs de CO₂.

• Le tri sélectif

Le tri sélectif qui consiste à séparer les déchets en fonction de leur recyclabilité (papier-carton ou certains plastiques mais pas tous) est le fondement même de toute politique de gestion des déchets. Un mauvais tri étant un tri inutile, sa mise en œuvre nécessite une véritable éducation aux consignes et gestes de tri. Une formation et une sensibilisation des professionnels de l'imagerie médicale (radiologues, manipulateurs, secrétaires, aides-soignants) à ces problématiques sont donc indispensables. De même, il est nécessaire de disposer de poubelles et collecteurs adaptés et en nombre suffisant dans les salles de radiologie et les blocs d'interventionnel comme dans les bureaux et salles de pause.

• L'achat écoresponsable

L'enjeu est d'inciter les fournisseurs à développer une écoconception de leurs produits, notamment par la mise en place de critères de développement durable dans les cahiers des charges des appels d'offres, pour intégrer le coût énergétique, le coût d'élimination des déchets et le coût carbone. F. Gallois, dirigeant du cabinet de consultants Management Radiologie, cite l'exemple des tabliers en plomb

achetés par deux services d'imagerie différents auprès de deux fournisseurs différents : le conditionnement des tabliers livrés par le premier représentait dix fois plus de déchets que celui du second...

• Les économies

Dans le contexte actuel, l'argument budgétaire peut inciter la direction et l'administration d'un établissement de santé à optimiser sa gestion des déchets. Car la facture payée chaque année par les hôpitaux est loin d'être négligeable. Un CHU de 2 500 lits dépense en moyenne par an : plus d'1 million d'euros pour les déchets assimilés aux ordures ménagères (350 euros par tonne), 660 000 euros pour les DASRI / DASRIA (600 euros par tonne) et de 72 000 à 270 000 euros pour les déchets toxiques (DEEE, tubes néons, huiles usagées, piles et batteries... 800 à 3 000 euros par tonne).

• Le réutilisable

Pour l'ONG Health Care Without Harm, qui milite contre l'incinération des déchets médicaux, l'une des pistes d'amélioration est de préférer le réutilisable au jetable et au plastique à usage unique. Un système plus durable et plus économique sur le long terme, qui pourrait également permettre aux établissements de limiter les pénuries d'équipement comme celles rencontrées actuellement sur les masques ou les surblouses. Dans ce même objectif, le think tank The Shift Project défend également l'idée d'un soutien au développement de la production en France de matériels dispositifs médicaux réutilisables.

• L'internalisation du traitement des DASRI / DASRIA

Un établissement de santé peut traiter en interne ses DASRI / DASRIA en les transformant en déchets non dangereux grâce à un système de broyage et de stérilisation par la

vapeur appelé « banaliseur ». L'achat d'un tel équipement, dont le coût est de 200 000 à 300 000 euros, est rapidement amorti, sachant, qu'un hôpital de 300 lits, par exemple, arrive sans peine à une facture de 100 000 euros par an pour l'élimination de ses déchets infectieux. Un choix qu'ont fait plusieurs établissements de santé, à l'image du CHU de Limoges qui s'est équipé de quatre banaliseurs en 2005. Un investissement de 1,3 million d'euros aujourd'hui amorti puisque l'établissement enregistre « un coût nul » pour ses déchets infectieux, 50 établissements voisins lui payant en outre une redevance pour sous-traiter leurs propres DASRI (1).

• L'innovation

Dans son [Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#), le think tank Shift Project plaide pour le développement

de filières « innovantes » de recyclage spécifiques aux établissements de santé des objets jetables (collecte par un éco organisme des médicaments grâce à une filière responsabilité élargie du producteur, solutions industrielles pour une collecte du plastique en multiflux, ...) afin de réduire les déchets et s'inscrire dans une démarche d'économie circulaire.

• La mobilisation de l'écosystème

La volonté d'agir d'un radiologue ou d'un service d'imagerie médicale n'est pas suffisante pour inscrire un établissement dans une dynamique de progrès. Celle-ci n'est possible qu'en impliquant tous les acteurs : direction, acheteurs, pharmacies, équipes. Il en va de même au niveau national pour le secteur de l'imagerie médicale au travers d'un travail à long terme avec les pouvoirs

Ce que dit la loi

Le Code de l'Environnement définit deux principes en matière d'élimination des déchets dangereux :

- La responsabilité du producteur : « Toute personne qui produit ou détient des déchets dans des conditions de nature à produire des effets nocifs sur le sol, la flore et la faune, à dégrader les sites ou les paysages, à polluer l'air ou les eaux, à engendrer des bruits et des odeurs et, d'une façon générale, à porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement, est tenue d'en assurer ou d'en faire assurer l'élimination (...) dans des conditions propres à éviter lesdits effets » (Art L541-2). Un principe que réaffirme le Code de la santé publique pour les établissements de santé qui sont responsables des Déchets d'Activité de Soins (DAS) jusqu'à leur traitement final (art R 1335 - 2).

- Le principe du « pollueur-payeur » C'est au producteur du déchet qu'il incombe de mettre en œuvre une solution satisfaisante pour son élimination (Art L110-1). Les déchets de toute nature, mais aussi les DAS et DASRI, en particulier, font d'autre part l'objet de nombreuses autres réglementations (Code de la Santé, Code de l'environnement, Code du travail, Loi de transition énergétique...) depuis près de cinquante ans dont l'objectif est de réduire leur impact sur l'environnement et les risques qu'ils représentent pour la santé.

En cas d'infraction, la responsabilité pénale d'un établissement peut être engagée pour « manquement grave aux obligations de sécurité et de prudence » et « mise en danger de la vie d'autrui ».

Zoom sur les DASRI et les DASRIA

Les Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux et Assimilés (DASRI) sont les déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif, curatif et palliatif. Sont considérés comme tels les déchets présentant un risque infectieux du fait qu'ils contiennent des micro-organismes viables, ou leurs toxines, dont on sait ou dont on a de bonnes raisons de croire qu'en raison de leur nature, de leur quantité ou de leur métabolisme, ils présentent un risque sanitaire. Ils réunissent de nombreux types de déchets : déchets souillés par du sang ou par des sécrétions biologiques infectieuses ; objets piquants, coupant ou tranchant ; dispositifs contenant un dérivé sanguin ou échantillon biologique, dispositifs de drainage et d'aspiration, cathéters et prolongateurs artériels et veineux, matériel de soins en chimiothérapie, déchets anatomiques, filtres bactériologie (hotte, psm). En imagerie, certains déchets sont des DASRIA radioactifs : déchets souillés

par du sang de patients lors de l'injection d'un produit radiopharmaceutique et déchets souillés par des sécrétions de patient ayant passé récemment une scintigraphie en médecine nucléaire.

Les souillures par du sang ou des sécrétions ne contenant pas d'agent infectieux (selon la définition des DASRIA), et ce, en faible quantité (en général moins d'1 litre) ne constituent pas des déchets à risque infectieux et doivent être traités comme des ordures ménagères. C'est l'aspect psycho-émotionnel qui entraîne potentiellement un mauvais tri, avec un sur-tri vers les DASRIA.

Le Code de la Santé Publique indique que les DASRIA doivent être triés à la source et traités vers des filières appropriées. La quantité moyenne nationale de DASRI produits par un établissement de santé est de 1 kg / lit / jour. 15 % des DASRI sont désinfectés, 85 % sont incinérés.



publics, les filières de traitement des déchets, les industriels, les autres disciplines ou encore les centrales d'achat.

Là aussi les solutions écoresponsables doivent tenir compte de l'organisation territoriale existante (qui devrait être diffusée et mieux connue) et des circuits courts possibles avec les établissements et cabinets de proximité, pour mutualiser les services et les collaborations avec les acteurs locaux du recyclage, et les associations en plus des agences locales de VEOLIA et des autres collecteurs. Une collaboration avec l'ADEME et ses agences régionales pourrait être envisagée comme aide à la structuration et valorisation.

(1) Source « *L'incinération des déchets médicaux progresse et, avec elle, l'émission de produits toxiques* », *Le Monde* du 15 mai 2020

Chapitre rédigé avec la contribution de Mathilde Tillaux, Radiologue libérale en cabinet et clinique à Caen, d'Audrey Fohlen, Praticien Hospitalier secteur Uro-digestif et Radiologie Interventionnelle au CHU de Caen et François Gracia, Ingénieur au CHU de Montpellier, enseignant à l'IAE Paris 1 Panthéon Sorbonne - ESQESE Master 2 Manager QS.

10 clés pour une créer une dynamique interne

1. Impliquer la direction et les différents secteurs : soins, technique, médico-technique, logistique et administratif
2. Définir une politique de réduction et de gestion des déchets au sein de l'établissement
3. Identifier des relais de proximité : le référent déchets et les cadres
4. Fournir des moyens matériels permettant le tri : chariot, locaux, conteneurs...
5. Définir des protocoles de tri simples et de bonnes pratiques
6. Informer, expliquer, faire comprendre par des supports variés, adaptés
7. Former régulièrement les équipes de jour, de nuit, les cadres, les médecins, les personnels soignants et médicaux, le personnel logistique... et tenir compte du turn-over, des personnels intérimaires
8. Mettre les informations au bon endroit (et l'identifier), par exemple dans les salles de soins, au niveau des sacs...
9. Suivre les résultats, le poids des DASRI produits
10. Comprendre les erreurs et démonter les idées fausses !

(Source ARS Bourgogne Franche-Comté)

Annexes



Écoresponsabilité en Imagerie médicale : le regard de nos confrères francophones

La problématique de l'écoresponsabilité mobilise les radiologues belges, canadiens et suisses, comme en témoignent les articles ci-dessous rédigés à l'occasion des JFR 2021.

Écoresponsabilité en Imagerie médicale : la situation belge

Docteur Christian Delcour

Service Imagerie médicale, CHU de Charleroi

La Belgique est un État fédéral de 11 millions d'habitants, avec trois langues nationales (Néerlandais 60 % de la population, Français 40 % et Allemand 80 000 personnes) et 9 ministres ayant la santé dans leurs responsabilités.

Dans ces conditions, la coordination des plans d'actions est complexe et l'écoresponsabilité en médecine n'est clairement pas une priorité actuelle, la seule mention sur le site du ministère de la santé date de quelques années ! Diminuer l'impact écologique des soins de santé est un enjeu de santé publique, un impératif moral mais également économique.

Au niveau de l'imagerie médicale aucune initiative nationale n'existe, seules les initiatives locales spontanées sont espérées... Dans notre institution (CHU de Charleroi) nous avons décidé d'en faire une priorité institutionnelle et le service d'imagerie sera un élément moteur de ce projet.

Les soins de santé seraient responsables d'environ 5 % des émissions de CO₂ nationales. Les grands axes d'économie de CO₂ sont bien connus : diminution de la consommation électrique (bilan complexe car en fermant les centrales nucléaires en Belgique l'électricité redevient une source importante de production CO₂), diminuer les consommables et donc les déchets, favoriser les achats responsables.

La réduction de la consommation électrique d'un service de radiologie repose sur une analyse des consommations des divers outils utilisés et la manière dont on les utilise.

Cela nécessite un changement d'habitude : allumage des machines uniquement lors des plages d'utilisation, extinction des ordinateurs/stations de travail selon la même logique. La climatisation représente un poste majeur mal maîtrisé.

Durant ces vingt dernières années, la numérisation a permis la disparition des documents papiers, du film, des CD, etc. mais parallèlement le nombre d'examen d'imagerie n'a cessé d'augmenter ! Cette numérisation a un coût écologique non négligeable. Chaque image archivée consomme de l'énergie comme chaque clic sur l'intranet, l'extranet, l'internet n'est pas anodin. Le stockage sur le cloud implique des serveurs énergivores.

Le stockage à long terme des images et autres documents est en partie dû à certaines obligations légales (parfois plus de 30 ans d'archivage). Cette législation obsolète doit être adaptée.

La consommation en énergie d'une IRM représente celle de plusieurs centaines de foyers de type européen mais il faut bien avouer que dans un cahier des charges

pour l'achat d'une IRM son empreinte écologique ne fait pas partie des critères majeurs de choix dans le chef des radiologues (ni comme argument de vente !)

La gestion des déchets est également un défi. Il y a 40 ans on stérilisait sans arrière-pensée les ballons d'angioplastie plusieurs fois. Actuellement on assiste à une surconsommation de matériel à usage unique fabriqué le plus souvent à des dizaines de milliers de kilomètres. Le recyclage des déchets valorisables doit être mis en place (par exemple : verre des flacons de contraste, guides métalliques, emballages).

La mise en place de cette culture de développement durable sera longue (impliquant la formation du personnel) car elle implique un changement toujours difficile des habitudes, de législation, de gestion hospitalière etc...

En ce qui concerne l'imagerie, dans un premier temps, la première mesure à prendre, sans rien changer à l'infrastructure de nos services, est de supprimer les examens inutiles (et clin d'œil supprimer notre consommation de viande venant d'un autre hémisphère !).



Radiologie et écoresponsabilité : la perspective canadienne

Gilles Soulez, MD, MSc, FRCPC, FSIR

Professeur Titulaire

Dpt de Radiologie, Radio-Oncologie et Médecine Nucléaire, Université de Montréal

Président de l'Association Canadienne des Radiologistes

1. Prise de conscience de l'impact environnemental des différentes modalités lors de l'indication d'un examen.

Actuellement, le choix d'une modalité d'imagerie est uniquement basé sur l'indication clinique, la performance de l'examen et son impact économique. L'impact écologique doit maintenant être pris en compte dans la décision surtout lorsque les performances cliniques sont similaires. Dans ce contexte, l'échographie a une empreinte carbone significativement moindre. Par exemple, si un suivi d'hépatopathie chronique est fait en échographie plutôt qu'en IRM ceci représente une économie 283 kWh par patient (3).

2. Optimisation des temps d'opération des équipements, d'imagerie et consoles de lecture

Il apparaît que la plupart des équipements d'imagerie ainsi que les consoles de lectures sont en mode actif durant de longues périodes d'inactivité. Il en est de même des systèmes de climatisation dans des espaces qui ne sont pas en opération. L'opération sur un mode 24 heures/24 permettrait de maximiser l'utilisation de l'équipement et de diminuer l'empreinte carbone (4). La mise en pause automatique des consoles de lecture et ordinateurs après une période d'une heure d'inactivité permettrait de diminuer significativement l'empreinte carbone. Dans un département équipé de 43 ordinateurs et 27 stations PACS,

la mise en pause automatique des équipements après une heure d'inactivité permettrait de sauver sur une année des émissions équivalentes à 10 voitures (5).

3. Faire attention au volume de données et maximiser l'utilisation des serveurs

Une étude irlandaise a démontré que la croissance du volume de données était de 23 % par année surtout liée au CT6. L'empreinte carbone des centres de donnée à travers le monde pourrait bientôt équivaloir à l'empreinte carbone du secteur aérien (6). Ceci risque encore de s'aggraver avec la venue de l'intelligence artificielle. IL faut donc se sensibiliser à l'impact du volume de donnée et continuer à optimiser nos examens pour obtenir l'information clinique requise avec le minimum de séquences d'acquisitions ou de reconstruction et parfois s'aider de l'intelligence artificielle dans cet exercice d'optimisation. L'utilisation de l'infonuagique plutôt que des serveurs locaux permettrait de diminuer l'empreinte carbone de 70 % pour des petites et moyennes entreprises (7).

4. L'utilisation de consommables et la radiologie interventionnelle

Un service de radiologie interventionnelle aux États-Unis a estimé qu'une semaine d'activité entraînait l'émission de 23,500 kg CO₂, soit l'équivalent de 9 990 litres d'essence. La moitié (49 %) était liée à la climatisation et la consommation électrique des équipements. La deuxième source était liée à l'utilisation de matériel à usage unique (41 %). Il faut repenser l'emballage et le recyclage des fournitures médicales qui génèrent beaucoup de déchets.

5. Minimiser le déplacement des patients et du personnel médical

Un premier triage - Les examens sont en-

voyés à un centre hospitalier référent qui offre une couverture à distance 24/7 et va renvoyer un rapport. Pour réaliser un examen tomodensitométrie, un transport en avion sur 1 500 à 2 000 km est actuellement requis. L'implantation des scanners dans les territoires du grand nord reste un défi car il existe aussi une grande distance entre les villages autochtones. Le recrutement de personnel qualifié (manipulateur) pour faire tourner les équipements d'imagerie est aussi un défi. La formation de technologues autonomes notamment en échographie est une nécessité. En dehors des territoires autochtones, la téléradiologie permet maintenant de couvrir plusieurs centres hospitaliers à distance et peut réduire les déplacements du radiologue dans les régions éloignées. Cependant, ici encore, il faut trouver le juste équilibre pour ne pas sacrifier le contact humain et le travail multidisciplinaire qui est essentiel à une pratique de qualité. Ces solutions de téléradiologie doivent aussi intégrer un accès facile avec le dossier électronique, les médecins référents et les équipes traitantes. Finalement, une politique de prise de rendez-vous conviviale accessible par le web avec une interopérabilité pour les prises de rendez-vous dans les autres spécialités permet de synchroniser les examens d'imagerie avec les différentes visites médicales. Ceci non seulement réduit l'empreinte carbone mais améliore significativement la qualité du service aux patients.

En conclusion, il y a beaucoup à faire pour améliorer au quotidien l'empreinte carbone de nos soins en imagerie médicale. Il faut impérativement que notre communauté en soit consciente et se mobilise dès maintenant pour transformer notre pratique et la faire évoluer vers la carboneutralité. Le Canada de par la grande superficie de son territoire doit être innovateur pour intégrer dans un réseau col-

laboratif les régions éloignées avec les centres urbains pour donner un service de qualité qui respecte l'environnement.

Références

- (1) Eckelman MJ, Sherman J. Environmental Impacts of the U.S. Health Care System and Effects on Public Health. *PLoS One* 2016 ; 11 : e0157014.
- (2) Heye T, Knoerl R, Wehrle T, et al. The Energy Consumption of Radiology : Energy- and Cost-saving Opportunities for CT and MRI Operation. *Radiology* 2020 ; 295 : 593-605.
- (3) Alshqaqeeqa F, McGuireb C, Overcashc M, Alib K, Twomeyd J. Choosing radiology imaging modalities to meet patient needs with lower environmental impact. *Resources, Conservation & Recycling* 2020 ; 155 : 104657.
- (4) Schoen J, McGinty GB, Quirk C. Radiology in Our Changing Climate : A Call to Action. *J Am Coll Radiol* 2021 ; 18 : 1041-3.
- (5) Hainc N, Brantner P, Zaehring C, Hohmann J. «Green Fingerprint» Project : Evaluation of the Power Consumption of Reporting Stations in a Radiology Department. *Acad Radiol* 2020 ; 27 : 1594-600.
- (6) Buckley BW, MacMahon PJ. Radiology and the Climate Crisis : Opportunities and Challenges-Radiology In Training. *Radiology* 2021 ; 300 : E339-E41.
- (7) Gupta P, Seetharaman A, Raj JR. The usage and adoption of cloud computing by small and medium businesses. *International Journal of Information Management* 2013 ; 33 : 861-74.

Radiologie et Écoresponsabilité : nous avons changé l'irradiation aux patients, nous pouvons contribuer à réduire l'impact du changement climatique

Salah D. Qanadli,

Professeur à l'université de Lausanne

Le système de santé, de par ses structures, ses besoins et ses développements, est une des cibles où des actions prioritaires à court terme doivent être menées dans le cadre d'un exercice écoresponsable. La radiologie et les radiologues dans ce système occupent une place particulière pour deux raisons :

La première raison est que, malheureusement, nous avons une responsabilité importante

Des données, rapportées par l'École de médecine de l'Université de Yale, montrent que 10 % des émissions de carbone et 9 % des gaz à effets de serre proviennent du système de santé Américain ! Ce constat n'est pas spécifique aux États-Unis d'Amérique et est probablement valable dans tous les pays industrialisés.

La radiologie est malheureusement un contributeur important. Dans une étude conduite à l'hôpital Universitaire de Bâle, en Suisse, équipé de 3 scanners et 4 IRM, la consommation énergétique imputée à la radiologie représente 4 % de la consommation totale énergétique annuelle de l'hôpital. Cette consommation correspond à la consommation de 852 personnes habitant dans la ville de Bâle. Aux Émirats arabes unis des chercheurs ont calculé, plus spécifiquement, la production de gaz à effet de serre résultant d'une semaine de travail dans un département de radiologie interventionnelle (RI) et l'ont estimé à l'équivalent de la production générée par un véhicule qui a parcouru 95 000 km !

L'impact des activités liées à la radiologie et RI est principalement lié à la consommation énergétique (machines, dispositifs de climatisation et éclairage) et à l'utilisation des dispositifs à usage unique.

La deuxième raison est que, fort heureusement, nous pouvons agir efficacement

Plusieurs actions peuvent être rapidement et efficacement mises en place :

- Un changement de pratique du radiologue : inclure les dimensions « économie d'énergie et gestion écoresponsable » dans le schéma décisionnel des examens de radiologie aux côtés des traditionnels facteurs de performances diagnostiques, risque/bénéfice et de coût-efficacité. Par exemple, les examens ultrasonographiques, moins énergivores, se trouveraient encore mieux placés pour servir de première ligne d'investigation.
- Un changement de pratique des partenaires : optimiser la consommation d'énergie des machines. Par exemple, à l'hôpital de Bâle, en Suisse, les mesures faites montraient que 1/3 de la consommation des scanners et 2/3 de celle des IRM se produisaient lorsque les machines ne fonctionnaient pas. Il est donc utile d'optimiser le fonctionnement en introduisant un état de veille des machines par exemple.
- Un changement de pratique des institutions : optimiser la consommation d'énergie des installations de climatisation et le système d'archivage et de transmission d'images ainsi que ses accès en adoptant, par exemple, des cycles opérationnels sur 24 heures. Cette optimisation a permis au Centre Hospitalier Universitaire Vaudois (CHUV), à Lausanne, de réduire sa consommation électrique durant les cinq dernières années alors que l'activité de l'hôpital n'a cessé d'augmenter.
- Un changement stratégique des institu-

tions : favoriser l'énergie propre. En 2019, l'installation de panneaux photovoltaïques dans certains bâtiments du CHUV a permis de faire une économie d'émission de CO₂ équivalente à celle de 234 voitures parcourant chacune 15 000 km. Il convient également d'adopter une politique d'achat et de partenariat écoresponsable.

- Promouvoir le concept de « l'Hôpital Vert » : outre des actions centrées sur la radiologie, la communauté radiologique doit aussi intégrer le concept global de l'écoresponsabilité dans le domaine de la santé, qui comporte de multiples autres actions dont la gestion des déchets, l'adaptation des conditions de travail, la mobilité des employés et les déplacements professionnels, une politique de compensation carbone, l'engagement de l'état, l'information pédagogique des patients. Le projet national de recherche suisse « Hôpital Vert » (PNR73) s'inscrit pleinement dans cette dynamique. Par ailleurs, les enquêtes et études ces dernières années en Suisse et en Grande Bretagne, ont montré une adhésion de plus 90 % des patients et des citoyens au concept de l'écoresponsabilité dans le domaine de la santé.

Si l'écoresponsabilité est l'affaire de tous, le radiologue, de par sa pratique et les infrastructures qui y sont liées, est dans une position qui lui permet de jouer un rôle important dans les actions à mener à court terme. Le radiologue et ses partenaires de soins et industriels sont certainement les meilleurs avocats du changement rapide, visible et quantifiable pour contenir, si ce n'est prévenir, l'impact du changement climatique.



Contribution du SNITEM

Le devenir des équipements d'imagerie : enjeux d'écoresponsabilité d'aujourd'hui et de demain

Les défis mondiaux pour le climat deviennent de plus en plus pressants, et les acteurs de l'industrie et du secteur de la santé s'efforcent de limiter l'augmentation de la température sous la barre des 2 °C.

Dans ce cadre, l'ONU a émis des préconisations dont les industriels peuvent s'inspirer pour un accès aux soins durable et responsable. Ces recommandations incluent des objectifs qui portent sur la santé et le bien-être de tous, mais également sur les modes de consommation et de production durables et sur la lutte contre les changements climatiques.

Ces conseils ont été entendus et pris en considération par les industriels de l'imagerie médicale et leurs fournisseurs qui respectent l'ensemble des lois et réglementations concernant l'environnement, comme la norme internationale pour le management de l'environnement ISO 14001 et certaines normes encore plus strictes qui prennent en compte leur impact sur l'environnement et la biodiversité en général.

Ce texte précise les objectifs et les actions des industriels de l'imagerie médicale réunis au sein du Syndicat national de l'industrie des technologies médicales (SNITEM) pour réduire l'impact environnemental de leurs produits et processus commerciaux.

1 Réduire la consommation de ressources

Dans le domaine environnemental, la définition des principaux enjeux d'écoresponsabilité des acteurs de l'industrie démarre avec l'évaluation du cycle de vie des produits afin de déterminer l'impact environnemental à chaque étape, depuis l'extraction de la matière première jusqu'à la transformation des matériaux, la fabrication, la distribution, l'utilisation, la réparation et la maintenance, en passant par l'élimination ou le recyclage.

Le COCIR - association européenne représentant les industries de l'imagerie médicale, de la radiothérapie, des TIC de santé et de l'électromédical, a ainsi mis en évidence que c'est la consommation d'énergie pendant la phase d'utilisation et la durée de vie du produit qui représente la part la plus importante de l'impact environnemental des appareils d'imagerie médicale.

Tous les constructeurs ont concentré leurs développements sur des innovations technologiques permettant de réduire l'irradiation et de raccourcir la durée des examens. Au-delà du bénéfice pour le patient, ces solutions désormais plus adaptées réduisent sensiblement la consommation électrique et les puissances nécessaires au bon fonctionnement des systèmes.

Les constructeurs proposent des solutions de réduction de la consommation électrique pour les modalités d'imagerie lourde, comme les scanners et les IRM mais aussi pour la radiologie conventionnelle. Les innovations liées à la gestion optimisée des systèmes permettent dans certains cas de réduire de 25 à 40 % la consommation électrique, comme le propose déjà l'industrie automobile avec le « Stop & Start » des moteurs ou les technologies hybrides avec l'utilisation des batteries.

Autre exemple, pour refroidir l'aimant, la modalité IRM est consommatrice d'Hélium, une ressource fossile, récupérée lors de l'extraction d'hydrocarbures qui pourraient s'épuiser d'ici à 2035 (1). Les principes d'écoconception s'appliquent ici avec la réduction du nombre de litres d'hélium et également la non-consommation d'Hélium pendant la durée d'exploitation des systèmes (Zero Boil Off Technology). La plupart des IRM classiques contiennent 1 500 à 2000 litres d'hélium, chiffre qui peut être réduit à sept pour certains systèmes.

Le développement récent de nouvelles technologies basées sur l'Intelligence Artificielle permet d'améliorer la qualité des images et d'aider à la détection des patients à risque et à leur priorisation. Les applications du Deep Learning sécurisent le diagnostic et la prise en charge des patients et offrent ainsi plus d'efficacité et une exploitation optimisée des modalités d'imagerie.

Les processus d'écoconception se concentrent donc sur cette problématique, mais aussi sur d'autres domaines d'actions prioritaires pour améliorer les performances environnementales de nos produits : emballage, substances, poids, matériaux, durée de vie et circularité.

En plus des principes d'écoconception et le développement des produits, les industriels travaillent également à réduire l'impact environnemental des émissions des sites industriels (les sites de fabrication et d'assemblage), des sites non industriels (bureaux, entrepôts, centres informatiques et installations de R&D), des voyages d'affaires (location de voitures et d'avions), de la logistique (transport aérien, maritime et routier).

Politique de gestion des déchets dans une entreprise sur tous ses sites

Au-delà de la réduction de la consommation de ressources, le véritable enjeu d'écoresponsabilité pour les industriels consiste avant tout

à dissocier la croissance économique de l'utilisation des ressources naturelles grâce à une utilisation plus efficace de ces ressources, dans une démarche de transition d'une économie dite linéaire vers une économie circulaire.

Le remplacement de l'utilisation de ressources matérielles par des solutions numériques participe de la transition vers une économie circulaire, en réduisant les besoins matériels notamment, mais cela n'est pas suffisant. Les industriels s'engagent ainsi sur le développement de solutions d'optimisations de l'utilisation des ressources, pour accompagner la numérisation de la santé.

2 Développement durable de nos fournisseurs

La complexité des chaînes de valeur dans l'industrie du secteur du dispositif médical amène les industriels à travailler avec des milliers de fournisseurs de produits et composants et de prestataires de services.

Il est donc nécessaire que les industriels développent des programmes en faveur du développement durable avec leurs fournisseurs sur l'ensemble des chaînes d'approvisionnement. Ces programmes couvrent notamment le respect strict des politiques variées mises en place par les industriels, dans le domaine de l'approvisionnement en minéraux par exemple, mais aussi la réduction de leur impact environnemental et plus largement, l'amélioration de la performance des fournisseurs en matière de développement durable.

Améliorer la performance des fournisseurs en matière de développement durable :

Pour assurer la mise en place de tels programmes, les industriels s'éloignent depuis plusieurs années de l'approche traditionnelle d'audit des fournisseurs, souvent jugée insuffisante pour entraîner des améliorations durables.

De nouvelles approches plus efficaces mises

en place depuis lors sont axées sur :

- La systématisation de la démarche d'amélioration de la durabilité des chaînes d'approvisionnement
- L'amélioration continue par rapport à un ensemble de références reconnues et globales
- La collaboration, une transparence accrue, des engagements clairs et la garantie que les fournisseurs atteignent les objectifs convenus
- L'encouragement des fournisseurs, des pairs de notre industrie et des pairs dans d'autres industries à adopter notre approche.

Approvisionnement responsable

Un domaine clé de l'action des industriels en termes de performance durable des fournisseurs est l'approvisionnement responsable en minéraux. En effet, l'industrie du dispositif médical requiert un approvisionnement conséquent en minéraux et il existe généralement plus de 7 niveaux entre les entreprises utilisatrices finales et les mines où les minéraux sont extraits.

L'extraction de ces minéraux peut avoir lieu dans des régions touchées par des conflits, où l'exploitation minière est souvent informelle et non réglementée et se fait dans des mines artisanales à petite échelle (ASM). On observe que ces ASM sont vulnérables à l'exploitation par des groupes armés et des commerçants locaux. Dans ce contexte, il existe un risque de graves violations des Droits de l'Homme (travail forcé, travail des enfants ou violence sexuelle généralisée), de conditions de travail dangereuses ou de préoccupations environnementales.

Les industriels s'imposent donc des processus continus de due diligence de leurs fournisseurs dans ce domaine, associé à une participation active à des initiatives multipartites visant à promouvoir l'approvisionnement responsable en minéraux.

Réduction de l'impact environnemental des fournisseurs

Les industriels agissent aussi par le biais de programme tiers de développement durable dans les chaînes d'approvisionnement, tel que le Carbon Disclosure Project (CDP), qui incite les fournisseurs à divulguer leurs performances environnementales, promeut la responsabilité des Conseils d'Administration en matière de changement climatique et travaillent activement à des initiatives de réduction des émissions. Grâce au CDP, les fournisseurs de l'un des fabricants ont entrepris des projets qui ont permis de réaliser des économies d'émissions de carbone s'élevant à 62 millions de tonnes métriques CO₂ en 2019. Réduction de l'impact environnemental du transport

Les industriels travaillent avec leurs prestataires de transports pour réduire l'impact environnemental du transport de produits, en choisissant des entreprises de transport certifiées ISO (ISO-14001) respectant les lois et réglementations locales. Par ailleurs, la plupart des fournisseurs de services de transport routier ont mis en place leurs propres programmes de réduction de la consommation de carburant, de formation des conducteurs à l'écoconduite, d'optimisation du réseau, de mise à niveau de la flotte existante afin de gagner en énergie, etc.

Les industriels s'efforcent également de réduire l'utilisation du fret aérien. En favorisant les voies maritimes ou ferroviaires plutôt qu'aériennes, il est possible de générer jusqu'à 55 fois moins d'émissions de CO₂ par envoi.

Au-delà des modes de transports choisis, les industriels travaillent également à réduire l'impact environnemental des transports en allégeant les produits (moins d'émissions de CO₂), en les rendant moins volumineux et plus intégrés et en emballant les produits plus efficacement (plus de produits dans un seul

camion), en consolidant le fret pour optimiser la charge et en passant, dans la mesure du possible, à un mode de transport écologique. Par exemple, pour un fabricant, l'adoption d'un nouveau procédé d'emballage a permis de sauver 1 hectare de forêt par an et 20 % de réduction de rejets de CO₂ par système installé.

Ancien procédé : emballage en bois
Nouveau procédé : emballage en carton innovant

Un autre exemple de procédure d'emballage d'une table de radiologie : emballage filmé dit en « mode déménageur », sans caisse en bois, sur palette métallique récupérée à la livraison

3 D'une économie linéaire à une économie circulaire

Une économie circulaire vise à dissocier la croissance économique de l'utilisation des ressources naturelles grâce à une utilisation plus efficace de ces ressources.

Recyclage des dispositifs & équipements médicaux

Obligatoire pour tous les fabricants Européen, REACH (Registration, Evaluation, Authorization and restriction of Chemicals) est un règlement du Parlement européen et du Conseil de l'Union européenne, adopté en 2006, qui modernise la législation européenne en matière de substances chimiques, et met en place un système intégré unique d'enregistrement, d'évaluation et d'autorisation des substances chimiques dans l'Union européenne. Les fabricants doivent s'assurer que les composants qu'ils utilisent répondent à cette norme.

La Directive européenne RoHS (2002/95/CE) (Restriction of Hazardous Substances in electrical and electronic equipment) vise à limiter l'utilisation de six substances dangereuses dans les équipements électriques et électro-

niques.

La directive n° 2002/96/CE du 27 janvier 2003 (2) stipule que la présence de composants dangereux dans les équipements électriques et électroniques (EEE) pose un problème majeur durant la phase de gestion des déchets et en attribue la responsabilité au producteur, sur le principe du pollueur-payeur. Elle encourage le recyclage, la réutilisation et la revalorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques.

Traitement des DEEE (traitement des Équipements Électriques et Électroniques)

Enchaînement des opérations qui permettent de dépolluer les DEEE, de séparer les différentes fractions de matières constitutives et de valoriser ces dernières dans la fabrication de produits neufs

Par conséquent, les constructeurs d'équipements lourds d'imagerie sont devenus acteurs dans le cycle de reprise, de reconditionnement et de réutilisation de leurs systèmes. Pour aider les consommateurs à l'adoption de ces canaux de reprise, des programmes de fidélité ou des bonus de reprise sont proposés par la plupart des industriels. Ces initiatives sont soutenues par les acteurs du marché, notamment par la Fédération Hospitalière de France (FHF) qui dans son livre blanc sur l'écologie (3) encourage à limiter la production de déchets et à s'inscrire dans une économie circulaire.

Le reconditionnement des systèmes est donc proposé par les fabricants, mais également par des entreprises tierces. Cependant, les conditions de garantie à la suite de ce reconditionnement et la question de la conformité aux standards français et européens se posent. En effet, le terme « reconditionné » n'engage à rien et chaque société a sa propre charte quant aux tests à réaliser et aux pièces à changer. Dans ce contexte, il convient de rester prudent quant à la délégation des opé-

rations de reconditionnement à des sociétés tierces plutôt qu'au constructeur.

Certains fabricants s'engagent à organiser la reprise de 100 % de leurs équipements lourds en 2020 pour être reconditionnés ou recyclés.

Évolutivité des systèmes

Il y a plusieurs intérêts à favoriser l'évolutivité des machines : leur transformation coûte moins de ressources environnementales et financières. Par exemple, pour améliorer ses capacités cliniques, un équipement d'imagerie peut se voir équipé de licences d'exploitation pour de nouveaux logiciels, ou souscrire à un abonnement avec un calendrier d'améliorations continues. De nombreux abonnements existent à l'heure actuelle chez les industriels, pour permettre aux clients d'accéder au dernier niveau d'innovation dès sa mise à disposition, et ce quelle que soit l'année d'acquisition de leur système.

Un des principes clés de l'économie circulaire est de maintenir un niveau de valeur le plus élevé possible à tous les moments du cycle de vie d'un produit. La transition d'un modèle basé sur la vente de produits vers un modèle basé vers le service et la valeur pour les consommateurs améliore l'expérience de ceux-ci tout en limitant le gaspillage.

Conclusion

La réduction des coûts en ressources est favorisée par l'innovation technologique, depuis la phase de conception à travers l'analyse du cycle de vie des produits et l'écoconception, pour réduire la consommation en énergie et en matières premières des équipements et des sites qui les produisent.

Les entreprises imposent également à leurs fournisseurs et distributeurs de respecter leurs chartes et engagements pour l'écologie, afin

de réaliser un impact significatif ; cela se traduit par l'adoption d'une démarche qualité en accord avec ces principes et une limitation des émissions par l'approvisionnement et les transports.

Finalement, l'économie circulaire fait son entrée avec la reprise et le recyclage des dispositifs électriques et électroniques par les fournisseurs, l'assurance d'une seconde vie des produits ou a minima d'une valorisation des déchets, et la création de systèmes et solutions évolutifs pour sortir d'un schéma de consommation linéaire « à usage unique ».

1) <https://www.mediatheque.lindau-nobel.org/videos/31360/the-looming-world-shortage-of-helium-lecture-discussion-2010/laureate-richardson2>)

2) https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ac89e64f-a4a5-4c13-8d96-1fd1d6bcaa49.0007.02/DOC_1&format=PDF

3) <http://v.calameo.com/?bkcode=0037957026c11c4f5eb72>

Le Collectif Écoresponsabilité en santé (Ceres) : une mobilisation interdisciplinaire en faveur de l'écoresponsabilité

Plusieurs sociétés savantes et associations professionnelles (1) se sont regroupées fin 2020 pour créer un Collectif Écoresponsabilité en santé (Ceres) dont l'objectif est de rendre le monde de la santé conscient de son rôle et de son implication dans le développement durable.

Le Ceres vise à agréger un « groupe pluraliste, transversal interdisciplinaire, interprofessionnel impliquant l'ensemble des acteurs du système de santé dont les patients ». « Il est paradoxal de constater que le secteur où l'on se préoccupe le plus de la santé des personnes, à savoir le système de santé, est aussi celui où les préoccupations écologiques ont peu le droit de cité ». À travers la création de ce groupe qu'a rejoint la SFR, « il s'agit de rendre le monde de la santé conscient de son rôle et de son implication dans le développement durable afin d'améliorer la santé publique et atténuer le changement climatique et ses effets sur la santé ».

Plusieurs sociétés savantes se sont intéressées et se sont impliquées dans des projets d'écoresponsabilité en santé depuis quelques années, soulignent les fondateurs avant d'ajouter : « Cependant, il nous semble, sans méconnaître le travail accompli, que ce sujet dépasse le cadre de sociétés spécialisées et doit impliquer l'ensemble des acteurs du système de santé. Les objectifs

climatiques ne sauraient être atteints sans une transformation systémique à l'échelle collective ».

Les objectifs et missions du Ceres

- Diffuser le concept et la culture d'écoresponsabilité en Santé dans la communauté des soignants au sens le plus large
- Promouvoir la nécessité de la mise en œuvre de plan d'action écoresponsable au sein du système de santé
- Intégrer l'écoresponsabilité dans le cadre plus global du développement durable qui ne se limite pas à l'aspect environnemental mais intègre aussi l'aspect économique et l'aspect humain
- Favoriser la collaboration entre différentes spécialités et corps de métiers impliqués dans le développement durable (répertorier les différentes initiatives et mettre en réseau les acteurs)
- Mettre à la disposition des différents acteurs les moyens permettant l'implémentation de protocoles d'écoresponsabilité et de développement durable (recommandations, modèles, circuits, outils)
- Mettre en œuvre des actions/programmes de développement durable et organisation de réunions scientifiques
- Travailler sur l'élaboration d'un écolabel pour les établissements qui développeront un programme selon un cahier des charges
- Se faire le relais et collaborer auprès des tutelles et instances officielles pour promouvoir et structurer la démarche du développement durable en santé

- Participer et développer des formations initiales et continues sur le développement durable en santé (DU)

- Aider au développement de la recherche dans le domaine de l'écologie en santé.

(1) Association française de chirurgie (AFC), Société française d'anesthésie et de réanimation (SFAR), Groupe francophone de réhabilitation améliorée après chirurgie (Grace), Société française de pharmacie clinique (SFPC), Société française d'hygiène hospitalière (SF2H), France Assos Santé, Association des jeunes chirurgiens viscéraux (AJCV), Union nationale des associations d'infirmier(e)s de bloc opératoire diplômé(e)s d'État (Unaibode), Conseil national professionnel des infirmier(e)s anesthésistes (CNP-IA), Conseil e-santé.



Le radiologue « apprenant »

La SFR a proposé des recommandations pour une pratique plus écoresponsable aux radiologues congressistes dans l'utilisation de leurs outils (ordinateurs smartphones) qui s'appliquent également à la gestion quotidienne professionnelle de la radiologie.

Du bon usage du numérique : 10 règles de bon sens

Utilisez des multiprises avec un interrupteur

La plupart de vos appareils électroniques sont raccordés en permanence à une prise de courant. Même si ces équipements sont en veille, ils consomment une petite quantité de courant électrique qui peut représenter sur la durée une consommation non négligeable. Pour un foyer, l'ensemble de vos appareils en veille représente une puissance moyenne de plus de 50 Watts selon l'Ademe. En d'autres termes, supprimer les veilles permet de réaliser une économie d'environ 80 euros par an.

Bon à savoir !

Il vous suffit d'utiliser une multiprise munie d'un interrupteur pour éviter cette consommation résiduelle inutile.

Archivez et videz la corbeille de votre boîte e-mail

Un e-mail avec une pièce jointe d'un mégaoctet émet 20 g de CO₂ dans l'atmosphère, soit l'équivalent de la consommation électrique d'une ampoule de 60 W pendant 25 minutes. Or 80 % des e-mails ne sont pas ouverts.

– Pour les fichiers lourds, favorisez plutôt les services d'envoi avec des temps de récupération courts : WeTransfer, Smash, Lufi... Cela permet de limiter le temps de stockage.

- Classez vos e-mails et réalisez une archive sur un disque dur amovible
- Pensez à vider la corbeille de votre boîte e-mail

Luttez contre l'obsolescence programmée

Vous n'êtes pas obligé de remplacer votre smartphone tous les ans. Leur technologie est mature et les apports fonctionnels sont plutôt sur la partie logicielle. Au bout de 2 ou 3 ans, l'autonomie de votre téléphone baisse : vous pouvez faire remplacer sa batterie pour lui donner une nouvelle jeunesse et allonger sa durée de vie. Le matériel le plus écologique est celui que l'on ne remplace pas.

Tapez l'URL dans la barre de recherche et utilisez la fonction « favoris »

Lorsque l'utilisateur fait appel à un moteur de recherche, le data center transmet d'abord la page d'accueil. Ensuite l'utilisateur rédige une requête par mot-clé, puis le data center envoie les résultats trouvés. Sitôt que l'utilisateur clique sur ce qui l'intéresse, le data center de l'hébergeur du site sélectionné transmet la page internet.

Bon à savoir !

En tapant l'URL du site directement dans la barre de recherche, on simplifie le parcours des opérations et on réduit le bilan carbone d'une recherche.

Supprimez les applications mobiles inutilisées

Même si on n'y recourt plus, une application installée continue d'utiliser les ressources du téléphone et de susciter des mises à jour automatiques. Supprimer ces applications évite de consommer de l'énergie sans raison et fait gagner de la mémoire.

Supprimez les logiciels inutiles

Installés par défaut sur les ordinateurs neufs,

certains logiciels ne présentent aucun intérêt pour l'utilisateur. N'hésitez pas à les désinstaller car ils sont susceptibles de ralentir l'ensemble de votre système et de réduire la durée de vie de votre équipement.

Fermez vos onglets inactifs

Vous pensiez que les 15 onglets que vous avez ouverts sur votre navigateur ne consomment pas d'énergie ? Erreur, ils communiquent et envoient constamment des informations. Pensez à les fermer et à utiliser les favoris pour y revenir plus facilement.

Stockez vos fichiers localement

Le stockage en ligne (courriels, photos, vidéos, documents bureautiques...) génère des allers-retours incessants entre le terminal de l'utilisateur et les serveurs. Transporter une donnée via internet consomme deux fois plus d'énergie que de la stocker pendant un an. Il faut donc favoriser au maximum le stockage. Une fois débranché de votre ordinateur, un disque dur ne consommera pas d'énergie. C'est le meilleur moyen pour sécuriser vos documents numériques de manière économique.

Diminuez la consommation d'énergie de votre smartphone.

Une fois le chargement terminé, il est important de débrancher l'appareil électronique car il continue de consommer. Vous économiserez ainsi 10 % d'électricité.

Diminuez la luminosité de vos appareils pour les recharger moins souvent et pour prolonger la durée de vie des batteries. Si vous n'en avez pas l'usage sur le moment, éteignez le WIFI, le Bluetooth, la localisation et la 4G et vous augmenterez votre autonomie. Pensez à fermer toutes les applications ouvertes en fond de tâche car elles

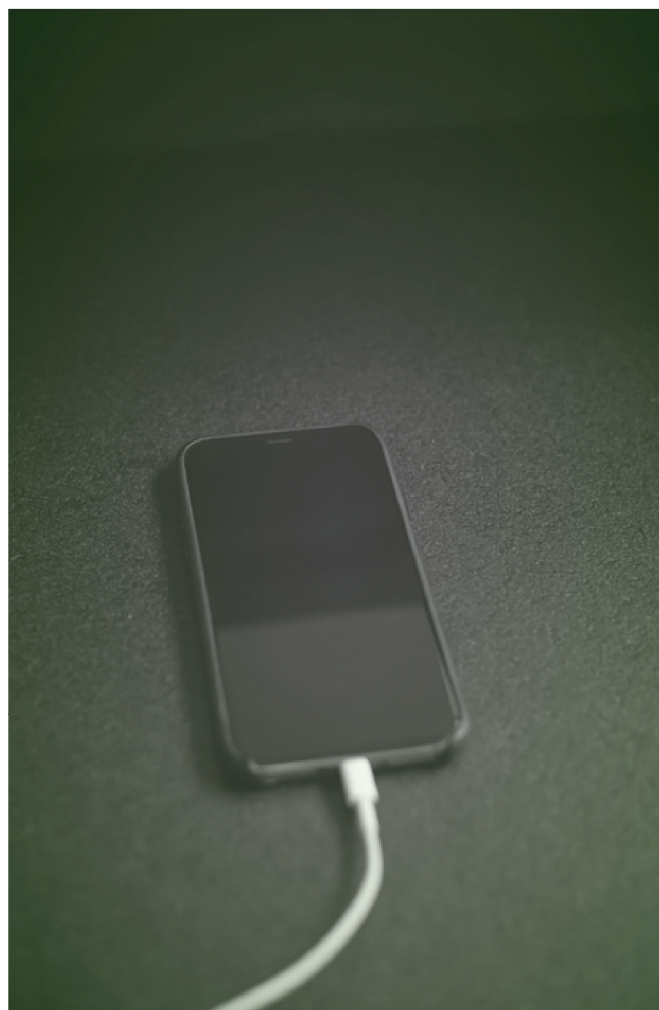
consomment de l'énergie et de la mémoire.

Désactivez les notifications non nécessaires

De nombreuses applications sollicitent en permanence les utilisateurs avec des notifications incitatives. Désactiver ou paramétrer les notifications évite de générer des requêtes non souhaitées. C'est également un bon moyen de se déconnecter lorsque l'on passe trop de temps sur son smartphone : cela diminue la charge mentale.

Bon à savoir !

Les smartphones sont équipés d'une fonction « ne pas déranger » que vous pouvez activer sur les plages horaires de votre choix. Cela aura pour effet de couper l'ensemble des notifications de votre smartphone.



Directeur de publication

Jean-François Meder

Directeur de la rédaction

Julien Marcelle

Graphisme et maquette

Thomas Néel

© Société Française de Radiologie

47, rue de la Colonie – 75013 Paris

Tél : +33 (0)1 53 59 59 69

sfr@sfradiologie.org

sfr.radiologie.fr

Décembre 2021 – Paris