

## Quelles pratiques pour un laboratoire de biologie médicale écoresponsable en 2025 ?

Marine Cargou<sup>a,\*</sup>, Caroline Sarre-Pradon<sup>b</sup>, Nicolas Gendron<sup>c</sup>, Camille Kolenda<sup>d</sup>, Julien Obiols<sup>e</sup>, Bérénice Schell<sup>f</sup>, Anne Rullier<sup>g</sup>, Julien Brunier<sup>h</sup>

**a** Laboratoire d'immunologie et immunogénétique, hôpital Pellegrin, CHU de Bordeaux, Place Amélie-Raba-Léon, 33000 Bordeaux, France

**b** Département de biologie et pathologie médicales, Gustave Roussy, 114 rue Édouard-Vaillant, 94805 Villejuif, France

**c** Service d'hématologie biologique, hôpital européen Georges-Pompidou, APHP, Université Paris Cité, 20 rue Leblanc, 75015, Paris, France

**d** Laboratoire de biologie médicale multi sites (LBMMS), service de bactériologie, Hospices civils de Lyon, 69004 Lyon, France

**e** Laboratoire de biologie médicale, centre hospitalier de Béziers, 2 rue Valentin-Hauy, 34500 Béziers France

**f** GHU AP-HP, hôpitaux universitaires Henri-Mondor, Institut Mondor de recherche biomédicale, INSERM U955, 8 rue du Général-Sarrail, 94010 Créteil cedex, France

**g** Laboratoire d'anatomie et cytologie pathologiques, hôpital Pellegrin, CHU de Bordeaux, Place Amélie-Raba-Léon, 33000 Bordeaux, France

**h** École des hautes études en santé publique, EHESP, 15 avenue du Professeur-Léon-Bernard, 35043 Rennes, France

\*Autrice correspondante.

Adresse e-mail : marine.cargou@chu-bordeaux.fr (M. Cargou).

### RÉSUMÉ

Face à l'urgence climatique, les laboratoires de biologie médicale (LBM) sont confrontés à la nécessité de réconcilier performance diagnostique, innovation et durabilité environnementale. Les LBM, qui jouent un rôle crucial dans le diagnostic et le suivi des patients, génèrent une empreinte écologique significative due à leur consommation énergétique, à l'utilisation massive de plastiques et à la production importante de déchets dont certains sont classés cancérogènes, mutagènes, reprotoxiques et radioactifs. Toujours avec l'objectif de continuer à participer à l'activité de soins et d'améliorer la qualité de soins des patients, cet article propose un état des lieux des stratégies concrètes et perspectives de réduction de l'empreinte écologique des LBM. À travers des exemples pratiques et des recommandations fondées, nous visons à sensibiliser les biologistes médicaux et à les outiller pour engager une transition écologique dans leurs pratiques quotidiennes.



#### MOTS CLÉS

- décarbonation
- écoresponsabilité
- juste prescription
- juste soin
- laboratoire de biologie médicale

#### KEYWORDS

- decarbonisation
- eco-responsibility
- just care
- just prescription
- laboratory of medical biology

#### ABSTRACT

##### What practices for an eco-friendly medical biology laboratory in 2025?

In the face of climate emergency, medical biology laboratories (MBLs) must reconcile diagnostic performance, innovation, and environmental sustainability. Playing a crucial role in patient diagnosis and follow-up, MBLs have a significant ecological footprint due to their high energy consumption, extensive use of plastics, and substantial waste production, including hazardous materials classified as carcinogenic, mutagenic, reprotoxic, or radioactive. While maintaining their essential contribution to healthcare and improving patient outcomes, this article provides an overview of concrete strategies and perspectives for reducing the environmental impact of MBLs. Through practical examples and evidence-based recommendations, we aim to raise awareness among medical biologists and equip them with the necessary tools to integrate ecological transition into their daily practices.

© 2025 – Elsevier Masson SAS  
Tous droits réservés.



### ► Introduction

En 2025, le changement climatique représente toujours une menace fondamentale pour la santé humaine et s'intensifie [1]. Ainsi, le dérèglement climatique et la dégradation environnementale représentent des défis majeurs, nécessitant des transformations structurelles dans tous les secteurs, y compris celui de la santé. Dans son sixième rapport d'évaluation, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a conclu que les risques climatiques dépassent les projections, s'intensifiant plus rapidement que prévu, et qu'il sera encore plus difficile de s'adapter à l'échelle mondiale [2]. L'empreinte carbone est un indicateur qui vise à mesurer la participation d'une activité au changement climatique à travers ses émissions de gaz à effet de serre (GES). Avec une empreinte carbone équivalant à 8 % des émissions totales de la France, le système de santé occupe une place significative dans cette problématique, notamment les établissements de santé. Environ 50 % de ces émissions de GES proviennent des médicaments et dispositifs médicaux, cœur même de l'activité de soins [3].

Les laboratoires de biologie médicale (LBM), essentiels au diagnostic et au suivi des patients, sont particulièrement énergivores et consommateurs de ressources, consommant jusqu'à cinq fois plus d'eau que les activités de bureaux [4]. Ils figurent également parmi les principales sources de déchets plastiques hospitaliers [5], avec 15 % de déchets classés comme dangereux (infectieux, chimiques et radioactifs) et 85 % non dangereux [6]. L'Assistance publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP) est le premier centre hospitalier français à avoir pris en compte les LBM dans son bilan carbone publié au printemps 2024. Ce bilan carbone (d'un total estimé d'environ 2 MtCO<sub>2</sub> et calculé sur l'activité annuelle de 2022) a révélé que les consommables de laboratoires contribuaient à hauteur de 14 % des GES derrière les médicaments (33 %) mais devant les dispositifs médicaux (7 %) [7]. Cela illustre l'urgence d'une transition écologique des LBM.

Cependant, peu de LBM s'engagent dans des démarches structurées de durabilité. Lors des Journées françaises de biologie médicale (JFBM) 2024 (Troyes). Alors que 89 % des répondants se disaient sensibles aux enjeux écologiques dans leur vie quotidienne et 65% aux enjeux écologiques dans leur pratique professionnelle, seulement 45% participaient activement à des initiatives durables [8].

Un autre sondage, réalisé cette fois par la Société Française de Microbiologie, montrait que 65 % des participants déclaraient avoir des conversations sur la démarche écologique au laboratoire et même 20 % des participants avaient renoncé à certaines activités polluantes du fait de leur impact environnemental. Cependant, le manque de sensibilisation ou de cadre structuré était cité comme frein principal à la mise en action, limitant l'engagement collectif. Pour illustrer cela, seulement 27 % des laboratoires avaient un responsable dédié au développement durable désigné et 22 % des structures organisaient des réunions régulières sur ce sujet [9].

Pour combler ce manque, quelques initiatives telles que le groupe de travail (GT) *Laboécolo* de Bordeaux, montrent l'intérêt d'actions collectives pour partager et diffuser des pratiques plus vertueuses en renforçant la cohésion autour d'objectifs communs. Cet article explore l'état des connaissances actuelles sur l'impact environnemental des LBM, s'appuie sur des exemples pratiques et propose des solutions concrètes pour intégrer la durabilité au cœur des LBM et de leurs pratiques.

Environ 50 %  
des émissions  
de gaz à effet de serre  
(GES) proviennent  
des médicaments  
et dispositifs  
médicaux

### ► Matériel et méthodes

Pour explorer l'impact environnemental des LBM et identifier des solutions actuellement disponibles, cet article s'appuie sur une approche mixte combinant recherches bibliographiques, analyse de guides pratiques en accès libre et retours d'expérience.

Nous avons fait une revue de la littérature médicale relative à la décarbonation des LBM et à la réduction de l'impact environnemental au laboratoire jusqu'en date du 31 décembre 2024. Des guides pratiques de professionnels, généralistes ou sectoriels, ont été intégrés pour enrichir les actions concrètes applicables dans différents contextes. Les contributions d'expériences individuelles de terrain sont également venues enrichir cet article, fournissant des exemples concrets issus des services d'immunologie du CHU de Bordeaux, de Green Biopath de l'institut Gustave Roussy, mais aussi au niveau national du collectif fondé à l'issue des dernières JFBM "Décarbonons la biologie médicale française".

### ► Cadre méthodologique

La transition écologique des LBM repose sur des approches méthodiques et structurées, capables de transformer les pratiques actuelles tout en réduisant leur impact environnemental. Des outils existent pour



systematique des pratiques pour identifier les leviers d'amélioration (figure 1).

Ces méthodologies, lorsqu'elles sont intégrées dans les démarches locales, institutionnelles et nationales, permettent d'instaurer des changements significatifs. En combinant des actions immédiates et une vision à long terme, elles contribuent non seulement à la réduction de l'empreinte écologique des LBM, mais également à l'amélioration de l'efficacité opérationnelle et à la valorisation des engagements écoresponsables. L'enjeu n'est pas seulement environnemental, mais aussi éthique, sociétal et finalement financier, impliquant l'ensemble des acteurs de la biologie médicale dans une dynamique collective et durable.

## ► Analyse des pratiques

Nous avons repris le découpage des processus des LBM (pré-analytique, analytique et post-analytique) pour décrire, à

s'équiper dans cette transition, à l'image des méthodes BISOU et 5R qui se démarquent par leur capacité à guider les décisions vers des choix responsables et durables. Ils offrent également un cadre d'analyse pour identifier les pratiques vertueuses.

La méthode BISOU (besoin, immédiat, semblable, origine, utile) encourage une réflexion critique avant toute action ou acquisition. Elle invite les LBM à se poser les bonnes questions. Ce besoin est-il réel ? Existe-t-il une alternative immédiate ou semblable, moins impactante ? Quelle est l'origine du produit ou de la pratique envisagée, et son utilité est-elle indiscutable ? En appliquant ces principes, les laboratoires peuvent éviter les investissements inutiles et optimiser leurs ressources, qu'il s'agisse de matériel, d'énergie ou de consommables.

La méthode des 5R (figure 1) complète cette approche en proposant un cadre concret pour la gestion des ressources et des déchets. Elle incite à limiter les consommations superflues (réduire), à maximiser la durée de vie des équipements et matériaux (réutiliser), à privilégier les circuits de recyclage pour les éléments non réutilisables, et à transformer les déchets en ressources lorsqu'une valorisation est possible. Enfin, le pilier "réfléchir" encourage une remise en question

chaque étape, les impacts environnementaux connus et les propositions d'alternatives durables disponibles aujourd'hui (figure 2). Ces analyses sont accompagnées d'évaluations critiques des obstacles et des bénéfices attendus.

## Pré-analytique : rationalisation et optimisation dès la prescription

La phase pré-analytique constitue un levier essentiel pour réduire l'impact environnemental des LBM. Elle inclut trois étapes clés : la prescription des analyses, la gestion des consommables, et la collecte et le transport des échantillons (du site de prélèvement vers les LBM).

### Les prescriptions d'analyses

Dans une revue systématique et méta-analyse de 42 études [10], le taux moyen global de (sur-) prescription inappropriée d'analyses de biologie médicale était de 20,6 % pour tous les tests de laboratoire, de 33,3 % pour les tests d'hématologie et de 19,1 % pour ceux de biochimie. Récemment, une étude suisse monocentrique portant sur 3 686 patients adressés pour bilan de thrombophilie montrait que le bilan était conforme aux

Figure 2. Leviers de décarbonation des laboratoires de biologie médicale identifiés dans l'article.

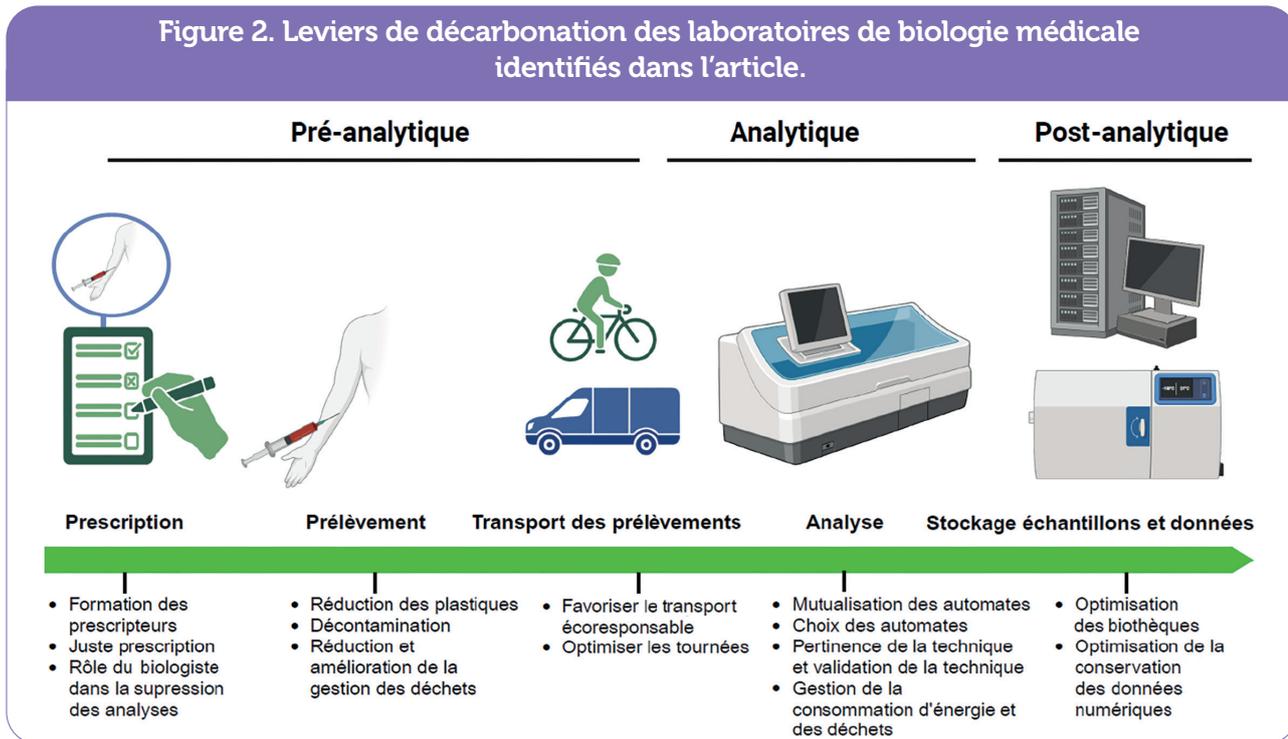


Figure réalisée avec BioRender et Canva

recommandations dans seulement 33 % des cas [11]. Une étude rétrospective menée au CHU de Rouen sur le respect des recommandations de la Haute Autorité de santé (HAS) dans le cadre du diagnostic initial des dysthyroïdies montrait que 12,5 % des prescriptions n'étaient pas conformes à ces recommandations [12]. Autres exemples, Bentounes *et al.* ont observé, à partir des données nationales de remboursement des analyses de biologie médicale, une surprescription de NFS, de D-dimères et d'anticorps anti-PF4, en 2021, probablement associée à la malinformation et/ou la désinformation concernant la vaccination Covid-19 [13]. La surprescription des tests de laboratoire est un problème qui entraîne des coûts inutiles, une cascade d'investigations ou de traitements pouvant même nuire aux patients [14,15] en plus d'une augmentation des émissions de GES. Les biologistes médicaux peuvent ici jouer un rôle clé.

Pour lutter contre cette surprescription, la première action est de se référer aux recommandations en vigueur. Par exemple, en 2023, la HAS a publié des recommandations relatives au recours à des antibiogrammes ciblés pour les infections urinaires chez les femmes dans le but de favoriser le bon usage des antibiotiques [16]. Cependant, nombre d'examen sont encore trop prescrits en pratique courante, comme témoignent les 14 millions de dosages de la vitesse de sédimentation prescrits au cours de l'année 2018 en France en ambulatoire, alors même que les recommandations préconisent depuis longtemps l'utilisation de marqueurs inflammatoires plus performants [17]. Il y a actuellement des

recommandations rappelant les indications utiles de certains dosages comme celui de la vitamine D [18], la réduction du bilan martial au dosage de la ferritine [19] et encore les indications du dosage des D-dimères [20]. Ces recommandations qui, pour certaines, permettent même au biologiste médical d'annuler l'examen qui ne sera pas pris en charge [18] doivent servir d'exemple et devraient s'étendre à de nombreuses autres analyses de biologie médicale. En effet, en dehors de situations cliniques où le dosage de la vitamine D a un intérêt, le remboursement de l'analyse n'est pas pris en charge et le biologiste médical peut l'annuler [18].

La deuxième action pourrait être la mise en place d'une discussion clinico-biologique locale pour définir des critères de juste prescription pour les examens coûteux comme le BNP (B-type natriuretic peptide), la procalcitonine, les hémocultures, les PCR multiplex ou les examens de biologie moléculaire à visée hématologique (les NGS par exemple) ou d'histocompatibilité (HLA). Néanmoins, l'absence de recommandations de sociétés savantes limite l'encadrement de la juste prescription de ces examens et appelle ces dernières à en produire, en y intégrant la pertinence et l'écoprescription dès le départ. En conséquence, les référentiels de recommandation actuels ne sont pas suffisants à eux seuls pour faire évoluer les pratiques de prescription. L'optimisation des logiciels, comme la prescription connectée, en collaboration avec les cliniciens et conformément aux recommandations des sociétés savantes, a démontré son efficacité. Par exemple, à l'hôpital Gustave Roussy (Villejuif), la suppression

des prescriptions systématiques d'amyasémie, selon les recommandations de la HAS de 2009, a réduit ces demandes de 62 % [21]. Une initiative similaire au CHU de Rennes a permis une diminution de 82 % des dosages de  $1\alpha,25(\text{OH})_2$  vitamine D grâce à un simple ajustement des libellés dans le logiciel de prescription et une revue régulière des prescriptions [22].

La pertinence des techniques et l'utilisation routinière des automates doivent également être régulièrement réévaluées. Au laboratoire du CHU de Bordeaux, le test de crossmatch cellulaire, obligatoire en transplantation d'organes, a été repensé. Les nouvelles techniques de typage HLA des donneurs d'organes, la mise à disposition du rapport de typage HLA sur le site de l'Agence de la biomédecine dédié à l'allocation des organes, le suivi minutieux des anticorps anti-HLA du receveur tout au long de sa vie par des techniques sensibles permettent aux biologistes HLA de réaliser un "crossmatch virtuel" permettant de statuer sur le risque immunologique pris et de prédire dans la plupart des cas le résultat du crossmatch cellulaire.

Cette réflexion a conduit le groupe de travail "Crossmatch Virtuel" de la Société Francophone d'Histocompatibilité et d'Immuno-génétique (SFHI) à publier, en 2021, des recommandations nationales en français sur la place du crossmatch cellulaire et son omission complète dans certains cas validant une optimisation de l'usage de ce test sans compromettre l'accréditation EFL.

La publication dans une revue internationale est en cours (*Guidelines from the French-speaking Society of Histocompatibility and Immunogenetics for virtual crossmatching for deceased donor kidney transplantation and the use of wet crossmatch in the decision-making process, HLA, in reviewing*). De même, une étude du CHU de Bordeaux a montré qu'en réalisant les typages HLA pour les dons multi-organes uniquement après validation clinique, en collaboration avec le service de coordination hospitalière, le volume annuel de ces analyses a diminué de 30 %, économisant des ressources monétaires, énergétiques et matérielles précieuses. Aussi, une étude rétrospective menée sur les anticorps anti-HLA a montré que le suivi semestriel, au lieu du suivi trimestriel recommandé par l'Agence de la biomédecine, était cliniquement sûr pour les patients hyperimmunisés en attente de greffe rénale, permettant d'épargner des centaines d'analyses chaque année [23]. Une troisième action pourrait venir des systèmes de gestion de laboratoire (SGL) qui pourraient traquer les redondances d'examen grâce à la mise en place d'algorithmes. À l'hôpital André Mignot de Versailles, l'intégration de règles issues des référentiels en

microbiologie et des recommandations des sociétés savantes, ainsi que la revue des prescriptions, ont permis de supprimer 4,35 % des analyses prescrites dans le secteur de sérologie-virologie [24]. De manière similaire, au CHU de Bordeaux, des algorithmes ont été construits et intégrés au système d'information de laboratoire en accord avec les biologistes pour détecter et limiter automatiquement les duplications (par exemple 5 000 analyses de recherche d'anticorps anti-HLA épargnées sur 16 000 en 2021).

Des outils comme les fiches du groupe de travail "Juste prescrire" développées par le Collège national de biochimie des hôpitaux (CNBH), basées sur les recommandations des sociétés savantes et les retours d'expérience, offrent des repères clairs pour limiter les examens inutiles [25]. Le guide de l'European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (EFLM) met également l'accent sur la formation des prescripteurs à une utilisation raisonnée des ressources [26], intégrant des modules sur

l'empreinte écologique des analyses et les alternatives aux prescriptions.

Enfin, des initiatives comme *Choosing Wisely* [27] et ses affiliés proposent des listes "Top 5" pour identifier les examens fréquemment prescrits à tort, comme le dosage du PSA ou les bilans de thrombophilie, et des outils académiques, communicationnels et méthodologiques pour limiter leur utilisation.

En combinant technologies, organisation et pédagogie, les laboratoires peuvent réduire le gaspillage tout en garantissant des pratiques durables. Il semblerait pertinent de mieux valoriser cette pratique médicalement, économiquement, socialement et écologiquement vertueuse. Éviter de réaliser cette quantité significative d'analyses non pertinentes représente en effet des gains par la diminution du risque d'iatrogénie, une meilleure allocation des ressources de la Sécurité sociale, une moindre charge sur le personnel clinique et de laboratoire ainsi qu'une économie en termes d'impact environnemental évité. Cependant, dans le cadre de la tarification à l'activité, passer du temps à retirer des analyses revient, pour un biologiste médical, à diminuer son activité, donc sa tarification. Ceci revient donc à rémunérer une activité entraînant une diminution des recettes, ce qui est un non-sens économique autant dans le secteur libéral que public. La visibilisation de l'apport significatif des biologistes médicaux dans la transition écologique du système de santé par le biais de la pertinence des prescriptions mérite ainsi d'en maximiser l'engagement par une valorisation financière et temporelle.

La pertinence  
des techniques  
et l'utilisation routinière  
des automates doivent  
être régulièrement  
réévaluées



# Dossier scientifique

## Laboratoires écoresponsables

### La gestion des consommables de prélèvement

D'après l'étude australienne de Mc Alister *et al.*, l'étape du prélèvement était la plus impactante sur le bilan carbone des analyses standards de biologie médicale [28]. La réduction des plastiques à usage unique en phase pré-analytique repose sur des initiatives simples et efficaces. L'utilisation de contenants réutilisables pour le transport des prélèvements, en remplacement des sachets plastiques jetables, offre une alternative réaliste malgré les exigences de logistique, de nettoyage et de réutilisation. Cette mesure permet de limiter significativement les déchets plastiques souvent non recyclés.

D'autres pratiques, comme la désinfection et la réutilisation des corps de pompes et des garrots, nécessitent uniquement des équipements déjà disponibles dans la plupart des laboratoires, tels que des bacs de décontamination et un espace de séchage (exemple du laboratoire du CH de Salon de Provence). Le recours à des modes de prélèvement moins impactants comme l'auto-prélèvement vaginal au lieu du prélèvement avec un spéculum, par exemple, est également à encourager [29]. Enfin, l'ajout d'examens sur des prélèvements déjà réalisés, sur demande du médecin ou sur avis du biologiste, évite l'utilisation de matériel supplémentaire. Cette pratique, soutenue par une bonne communication entre laboratoires et services cliniques, est facilitée par des outils organisationnels bien définis, rendant cette solution préférable à un nouveau prélèvement.

### Transport et logistique des échantillons

Le transport des prélèvements biologiques et des professionnels est une source importante d'émissions de GES. Concernant les prélèvements, plusieurs stratégies peuvent être mises en œuvre, telles que le regroupement et l'optimisation des tournées en fonction des délais pré-analytiques et des besoins des services de prélèvement, ou la transition progressive des flottes thermiques vers des véhicules électriques. Ces mesures permettent de limiter simultanément les émissions et les coûts opérationnels.

Le Guide *Labos 1point5*, un collectif de membres du monde académique issu de la recherche publique française ayant pour objectif de mieux comprendre et réduire l'impact des activités de recherche scientifique sur l'environnement en développant plusieurs outils accessibles sur une plateforme dédiée [30], recommande une approche systémique incluant la mutualisation des trajets à l'échelle régionale et l'adoption de solutions innovantes, en particulier dans des zones rurales ou des centres urbains congestionnés, et déjà expérimentés dans des sites tels que le CHU de Caen et certains laboratoires alsaciens, Synlab, et Cerballiance. Les drones offriraient un potentiel de réduction de 93 % de l'impact carbone

des transports d'échantillons biologiques, bien que les méthodologies utilisées pour ces estimations manquent de transparence. Des incertitudes subsistent sur les coûts environnementaux liés à leur fabrication et maintenance, ainsi que sur leur dépendance aux conditions météorologiques. Ces points doivent être examinés avant de statuer sur l'intérêt écologique global de cette approche [31,32]. Le transport pneumatique, à l'image de celui reliant les hôpitaux de la Conception et de la Timone à Marseille, est également une solution applicable aux sites distants. Ce système réduit le temps d'acheminement des prélèvements à quelques minutes seulement, contre 30 minutes à trois heures auparavant, même si certains freins à son utilisation persistent (pannes et fuites). En milieu urbain, les vélos cargos se révèlent particulièrement adaptés pour réduire le poids des transports carbonés. À Paris, l'AP-HP utilise des vélos pour transporter des échantillons biologiques entre les hôpitaux Saint-Louis et Lariboisière, des chimiothérapies et assurer certains soins à domicile [33].

Concernant les trajets professionnels, le recours au vélo peut être encouragé par des incitations financières telles que le forfait mobilité durable, qui soutient l'usage de modes de transport à faible émission de carbone. Des efforts doivent également être faits pour aménager l'environnement des laboratoires, car l'adoption du vélo dépend fortement du sentiment de sécurité et de la facilité d'utilisation. Par exemple, le déploiement de pistes cyclables sécurisées jusqu'aux laboratoires, des entrées dédiées aux vélos, comme au CHU de Montpellier, ou des garages sécurisés, peut encourager les employés faisant le premier pas et faciliter le changement de comportement des autres [34]. Cette réflexion de faisabilité s'applique pour tous les reports de modes de transport. Ainsi, les discussions avec les collectivités territoriales pour obtenir un arrêt de transport en commun proche du laboratoire en augmentent l'utilisation et le déploiement de plateformes de covoiturage, comme à l'institut Gustave Roussy et au CHU de Bordeaux, peut entraîner des changements de comportement importants. La comparaison de l'impact carbone des différents modes de transport peut être retrouvée sur le site de l'ADEME et peut être présentée à la suite d'enquêtes internes pour sensibiliser les équipes ou imaginer des challenges d'amélioration [35].

### Analytique : technologies et rationalisation des processus

La phase analytique est au cœur des activités des laboratoires, concentrant la majorité des consommations énergétiques, des consommables, des réactifs et des déchets. Elle offre ainsi des leviers importants pour améliorer les performances environnementales.

## Optimisation des équipements

La mutualisation des automates entre plusieurs LBM est une approche clé. Elle permet de réduire les coûts d'investissement et l'empreinte environnementale liée à l'acquisition et au fonctionnement de ces dispositifs. Il en va de même pour la mutualisation d'un maximum d'analyses sur un même automate et un maximum d'examens sur un même prélèvement. L'empreinte carbone étant majoritairement liée aux consommables utilisés lors du prélèvement, toujours selon l'étude McAlister *et al.* [28], un maximum d'analyses réalisées sur le même tube diminuerait grandement les émissions de GES du bilan biologique. Ceci est particulièrement applicable aux analyses

biochimiques pouvant être indifféremment réalisées sur plasma ou sérum. Il convient de choisir la matrice biologique la plus adaptée pour chaque type d'analyse en fonction des habitudes de prescription des cliniciens, de la patientèle et de l'organisation des LBM, afin de permettre la collection d'un nombre minimal de tubes de prélèvement tout en garantissant un délai de rendu des examens acceptable.

Le choix des automates et des techniques utilisées joue également un rôle déterminant. Les biologistes médicaux, responsables des appels d'offres, ont la possibilité d'introduire des critères environnementaux plus stricts via le questionnaire de responsabilité sociétale des entreprises (RSE) et d'hygiène, sécurité, environnement (HSE) (**tableau 1**), tels qu'un bilan

**Tableau 1. Questionnaire technique de responsabilité sociétale des entreprises et d'Hygiène, Sécurité, Environnement pour les appels d'offres du CHU de Bordeaux.**

	Élément	Questions	Réponses
Q1	Certification	a- Précisez le ou les lieux de production	OUI - NON
		b- Le fabricant et/ou le distributeur des consommables proposés a (ont)-t-il(s) mis en place un SME (système de management de l'environnement) sur le site de production du (des) produit(s) proposé(s) ?	
		Preuves attendues : manuel SME ou attestation, certification norme ISO 14001 ou équivalente du (ou des) site(s) de production des produits proposés. Si vous n'êtes que distributeur, vous devez essayer de vous rapprocher du fabricant pour avoir les informations.	Réf doc
Q2		Le fabricant et/ou le distributeur a-t-il mis en place un système de management de la sécurité et de la santé au travail (type ILO-OSH ou équivalent) sur le site de production du (des) produit(s) proposé(s) ?	OUI - NON
		Preuves attendues : manuel du système de management (attention, différent du CHSCT) ou attestation norme OHSAS 18001 ou ISO 45001 Afnor ou équivalent. Si vous n'êtes que distributeur, vous devez essayer de vous rapprocher du fabricant pour avoir les informations.	Réf doc
Q3	Fabrication des produits et objets du lot	Le candidat précisera, uniquement pour les moyens de production utilisés pour la fabrication directe de produits objets du lot, les choix réalisés contribuant à limiter l'impact de la fabrication sur l'environnement. Exemple : intégration de ressources énergétiques renouvelables (solaire, eau de pluie, etc.), réduction du volume de déchets produits (ex : chutes de matières plastiques, de métaux, etc.)	Décrire
Q4		Le candidat précisera, uniquement pour les moyens de production utilisés pour la fabrication directe de produits objets du lot, les choix réalisés contribuant à limiter l'impact du stockage sur l'environnement. Exemple : intégration de ressources énergétiques renouvelables (solaire, eau de pluie, etc.), réduction du volume de déchets produits (ex : chutes de matières plastiques, de métaux, etc.)	Décrire
Q5	Vie des produits et objets du lot	Dispositifs mis en œuvre afin de réduire les besoins en consommables associés et/ou leur impact environnemental Exemple : gestion optimale des consommations, contenants rechargeables, produits biodégradables, réusage de réactif/stabilité des réactif, etc.	OUI (décrire) - NON
Q6		Modalités mises en œuvre afin de réduire les impacts environnementaux dans le cadre de l'entretien des matériels Exemple : possibilité de remplacer des pièces et non des sous-ensembles, réparation sur site en lieu et place du renvoi des équipements, etc.	OUI (décrire) - NON
Q7		Dans le cas où l'offre proposée comporte du matériel informatique, le(s) matériel(s) proposé(s) bénéficie(nt)-t-il(s) d'un écolabel ou de logos de référence type TCO ou équivalent.	OUI (décrire, joindre le certificat) - NON - NON APPLICABLE



Tableau 1. (suite).

Q8		Avez-vous mis en place un système de réutilisation/reprise des emballages ? Exemple : emballage multi-rotation, reprises de blocs froids, reprise systématique des emballages après livraison, reprise uniquement sur demande du bénéficiaire etc.	OUI - NON
		Preuves attendues : Expliquer la politique de réemploi des emballages primaires et secondaires, des blocs froids et fournir toutes preuves sur le réemploi de ces produits.	Explications Réf doc
Q9	Emballage-conditionnement des produits et objets du lot	Les emballages secondaires et de transport sont-ils constitués de :	
		A - Biomatériaux, de matériaux recyclés ou labellisés FSC ou PEFC (ou équivalent)	OUI - NON
		B - Matériaux recyclables ou réutilisables	OUI - NON
		Preuves attendues : pour A et B, fournir une déclaration du fabricant des emballages de moins d'un an ou une facture détaillée d'achat de moins de six mois ou un certificat d'un organisme indépendant.	Réf doc
Q10		Avez-vous mis en place une politique de réduction et/ou d'amélioration des emballages primaires et secondaires ?	OUI - NON
		Preuves attendues : expliquer la politique de réduction et/ou d'amélioration des emballages primaires et secondaires, fournir toutes preuves sur l'amélioration de ces emballages.	Explications Réf doc
Q11	Transport	Avez-vous engagé une politique pour optimiser votre système ou circuit de livraison du lieu de production et/ou distribution jusqu'à la livraison finale ?	OUI - NON
		Preuves attendues : décrire la politique engagée et fournir tous les éléments de preuves (factures de moins de 6 mois si transporteur externe, convention, etc.)	Description Réf doc
Q12		Avez-vous engagé une politique concernant le déplacement doux des opérateurs de votre société assurant la maintenance des automates ou des situations de dépannages sur site ?	OUI - NON
		Preuves attendues : décrire la politique engagée et fournir tous les éléments de preuves (% des déplacements de vos agents en train/avion/voiture par an, etc.).	Description Réf doc
Q13	Déchets	Précisez les modalités de reprise des produits en fin de vie chez le bénéficiaire.	OUI - NON
		Preuves attendues : décrire les modalités de reprise des matériels (automates, informatique, etc.) et fournir tous les éléments de preuves (rapport d'intervention, devenir de l'appareil, etc.).	Description Réf doc
Q14		Quels sont le volume et le poids des poubelles DASRI et DASND utilisées pour un run ?	
		Preuves attendues : attestation sur l'honneur reprenant le poids des déchets DASRI et DASND pour un run.	
Q15		Décrire les avantages complémentaires en matière de développement durable que vous avez mis en place au sein de votre entreprise et qui ne figureraient pas dans vos réponses ci-dessus.	Description
		Preuves attendues : explications, détails, preuves, etc.	Réf doc
Q16	Autre	1- Pour les entreprises de + de 500 salariés ou succursales françaises conformément à la loi portant sur l'engagement national pour l'environnement du 12 juin 2010 modifié par l'ordonnance n°2015-1737 du 24 décembre 2015. Avez-vous un document indiquant votre bilan énergétique et vos émissions de gaz à effet de serre ? Si oui le fournir.	Réf doc
		2- Pour les autres entreprises : Avez-vous un document indiquant votre bilan énergétique et vos émissions à effet de gaz de serre ? Si oui le fournir.	Réf doc
Total sur 16 :			
Note sur :			
Commentaires :			

carbone intégrant le scope 3 et des indicateurs liés à la consommation d'eau ou à la gestion des effluents. Par exemple, pour le typage HLA, la technologie Illumina, qui nécessite un seul automate au lieu de deux pour IonTorrent, permet de diminuer la consommation de réactifs, de consommables et des maintenances, réduisant l'impact environnemental global.

## Validation des méthodes analytiques

Il est possible de valider des méthodes en portée B, permettant d'adapter les volumes des réactifs et d'optimiser les protocoles. Il est ainsi possible d'agir autant sur la quantité de réactif consommé que sur les consommables utilisés mais également sur les volumes morts tolérés, la rythmicité des séries ou les volumes de rinçage. C'est le cas également au CHU de Bordeaux avec l'optimisation de la quantité de réactif nécessaire pour la recherche d'anticorps anti-HLA (dossier de validation de méthode en portée B pour la recherche des anticorps anti-HLA en "Single Antigen"). De même, aux Hospices civils de Lyon, le séquençage des bactéries et virus est réalisé par un protocole de miniaturisation de la préparation des librairies Illumina grâce à un robot pipeteur permettant le prélèvement de très faible volume et la réduction d'un facteur 10 des volumes de réactifs par rapport aux recommandations fournisseurs.

## Réduction des plastiques à usage unique

Les disciplines comme la microbiologie sont particulièrement dépendantes des plastiques jetables, notamment pour les tests de culture. Les travaux de Alves *et al.* proposent des solutions pratiques, telles que la réutilisation des boîtes de culture après décontamination chimique et stérilisation [36]. Ces pratiques, bien que nécessitant une validation rigoureuse, ont permis de réduire de moitié les déchets plastiques dans certains laboratoires pilotes. Il convient également de faire attention aux conditionnements des dispositifs à usage unique et de favoriser les conditionnements multiples. Par exemple, les oeses en plastique peuvent souvent être achetées en conditionnement unique, par 10 voire par 100, pour la même référence.

## Introduction de la chimie verte

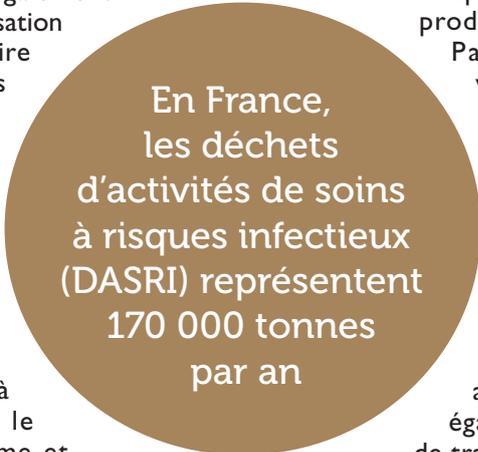
Le guide de l'EFLM encourage l'utilisation de réactifs issus de la chimie verte (pratique prévoyant la réduction et l'élimination des substances néfastes

à l'environnement dans les usages chimiques, ceci grâce à des voies de synthèse et des procédés plus naturels et propres) pour limiter les risques pour la santé et l'environnement. L'intégration de solvants biologiques non dangereux est un exemple concret, permettant de réduire l'exposition aux substances nocives tout en diminuant les déchets chimiques. Plusieurs outils permettent d'être accompagné dans la mise en place de méthodologies et la fourniture d'exemples concrets pour identifier et adopter des alternatives plus sûres, notamment Cefic LRI Toolbox et SUBSPORT. Ces bases de données, accompagnées d'outils comme Stoffenmanager ou OECD Toolbox, permettent d'identifier les produits à substituer et d'évaluer les risques techniques et économiques liés à leur remplacement [26].

Cette approche s'applique également aux produits de nettoyage et d'entretien.

Par exemple, le nettoyage à la vapeur constitue une alternative efficace pour réduire l'exposition aux polluants chimiques, tout en maintenant un niveau de performance élevé.

En combinant des pratiques de chimie verte, des technologies de recyclage et des outils d'évaluation innovants, les laboratoires peuvent non seulement améliorer leur durabilité, mais également créer un environnement de travail plus sûr pour leurs employés.



En France,  
les déchets  
d'activités de soins  
à risques infectieux  
(DASRI) représentent  
170 000 tonnes  
par an

## Meilleure gestion des déchets

En France, les déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI) représentent 170 000 tonnes par an, principalement produits par les établissements de santé (155 000 tonnes), les professionnels libéraux et laboratoires (9 000 à 13 000 tonnes), ainsi que les patients en auto-traitement (1 000 tonnes) [37]. Une meilleure gestion des déchets en laboratoire repose sur une stricte distinction entre les DASRI, les déchets chimiques dangereux, et les déchets d'activités de soins non dangereux (DASND).

Actuellement, deux tiers des laboratoires éliminent à tort les bouchons de tubes dans les DASRI (données groupe "Décarbonons la biologie médicale française"), bien que les recommandations du Haut Conseil de la santé publique (juin 2023) et de la Société française d'hygiène hospitalière (septembre 2022) précisent que seuls les déchets présentant une contamination avérée doivent y être inclus. Ainsi, des consommables tels que les bouchons de tubes, les gants en nitrile non souillés de pus ou produit chimique, les papiers et lingettes de nettoyage, les étiquettes, les mouchoirs, les cotons non dégoulinants de sang, les emballages d'aiguilles ou de seringue, ne sont pas à éliminer en DASRI



## Dossier scientifique Laboratoires écoresponsables

mais en DASND car ils ne représentent aucun risque infectieux. Une sensibilisation accrue pourrait réduire considérablement le volume de DASRI et encourager une réorganisation spatiale des LBM. En respectant la réglementation et en modifiant le volume, la répartition et la disposition des poubelles et fûts DASRI, chimiques et DASND, certains laboratoires ont pu diminuer de 50 % leur quantité de DASRI.

L'expérience du laboratoire d'Édimbourg montre l'efficacité d'une approche systémique combinant réduction, réutilisation et recyclage. Par exemple, l'utilisation de pipettes métalliques réutilisables pour les inoculations à la place des bâtonnets jetables a permis de réduire les déchets et les coûts [36]. Par ailleurs, le développement de filières spécifiques pour recycler les déchets électroniques, les métaux et les plastiques monocomposants identifiables est essentiel. Certains laboratoires,

comme l'hôpital du Kremlin-Bicêtre avec son fablab Héphaïstos, réutilisent ces plastiques pour fabriquer du mobilier ou des micro-séries d'objets médicaux grâce à des imprimantes 3D et découpeuses laser [38].

Lorsque le recyclage n'est pas envisageable, le don de matériel inutilisé, tel que des automates ou des équipements électroniques génériques (écrans, imprimantes, etc.), offre une alternative durable, prolongeant la durée de vie des équipements tout en renforçant les liens avec le tissu économique local [39]. Par exemple, le CHU de Bordeaux a pu réaliser cela avec l'association Emmaüs Connect. En combinant réduction, tri et réutilisation, les laboratoires peuvent réduire leur impact environnemental et adopter une gestion plus responsable des déchets.

### Réduire la consommation d'énergie

La gestion énergétique des laboratoires peut être améliorée par des actions simples et efficaces. Une première mesure consiste à programmer l'extinction automatique des ordinateurs, réduisant ainsi les consommations inutiles. Une sensibilisation des équipes, en s'appuyant sur des données de l'ADEME [40] (Bilan GES 2017), permet également d'encourager des pratiques numériques responsables, notamment pour limiter l'impact carbone de l'utilisation d'internet.

L'étude de McAlister *et al.* réalisée en Australie souligne la faible participation de l'énergie utilisée par les automates dans le bilan carbone des analyses de laboratoire [28]. Le contexte est différent de la France mais il semble important de relativiser l'impact à attendre d'actions sur la consommation énergétique des automates analytiques, quand bien

même elles ne seraient pas inutiles. Ainsi, on peut imaginer que l'installation de minuteries ou de capteurs pour désactiver les automates pendant les périodes d'inactivité constitue une première mesure efficace mais que celle-ci reste à confirmer sur le terrain. Cette stratégie nécessite toutefois une collaboration avec les fabricants pour garantir qu'aucun dysfonctionnement ne soit induit par ces interruptions. Des équipements non sensibles, comme les ordinateurs, multiprises, imprimantes, centrifugeuses ou hottes, peuvent être prioritairement éteints. L'installation de minuteurs automatiques sur des équipements énergivores moins sensibles, tels que les centrifugeuses, offre une solution plus accessible et efficace pour limiter les consommations durant les périodes d'inactivité. De plus, l'ajout de rideaux

à lanières en PVC souple pour améliorer l'isolation des chambres froides a montré des résultats significatifs.

Des essais comparatifs ont révélé une diminution de 20 % de la consommation électrique grâce à l'utilisation de rideaux en PVC de 3 mm d'épaisseur, sans altérer les conditions d'utilisation.

Ces mesures combinées, accessibles et faciles à mettre en œuvre, représentent des leviers efficaces pour réduire l'impact environnemental des laboratoires tout en optimisant leur efficacité énergétique.

Le laboratoire  
de pathologie  
de Gustave Roussy  
a réussi à diminuer  
de 34 % le nombre  
de feuilles de paillasse  
surnuméraires

### Réduire la consommation de papier

La réduction de l'utilisation de papier au sein des laboratoires représente un levier important pour diminuer leur impact environnemental. La suppression de l'impression des courriels constitue une première étape efficace. De même, l'élimination de l'impression systématique des feuilles de paillasse permet de réduire significativement les déchets papier. À titre d'exemple, le laboratoire de pathologie de Gustave Roussy a réussi à diminuer de 34 % le nombre de feuilles de paillasse surnuméraires. Une limite à cette mesure est le remplacement des documents stockés physiquement par des formats numériques. Le numérique représente aujourd'hui 4 % des émissions de gaz à effet de serre au niveau mondial, et son impact ne cesse d'augmenter du fait de son utilisation croissante [41]. Il convient donc de s'assurer que le remplacement du papier n'entraîne pas un effet rebond par augmentation du stockage de données numériques, ce qui pourrait alors avoir un effet délétère sur le bilan carbone. Une évaluation précise de l'impact du stockage de données biologiques et un comparatif des différentes méthodes de stockage pourraient permettre une meilleure prise de décision sur ce point.

## Post-analytique : gestion durable des ressources et des données

### Gestion des biothèques

Les biothèques des LBM, souvent sous-utilisées, représentent une source importante de consommation énergétique en raison des températures très basses nécessaires au maintien des échantillons. Un inventaire systématique et une priorisation des besoins de stockage permettraient de réduire la consommation énergétique des infrastructures d'environ 10 %. L'élaboration de recommandations nationales sur ce sujet est primordiale.

Par ailleurs, des pratiques simples, comme le dégivrage régulier des congélateurs, sont essentielles pour assurer leur bon fonctionnement tout en limitant leur consommation d'énergie. Comblant les espaces vides avec des boîtes de rangement ou des pains de glace permet également de prévenir le givrage excessif. Enfin, ajuster la température des congélateurs de  $-80^{\circ}\text{C}$  à  $-70^{\circ}\text{C}$ , lorsque cela est compatible avec la viabilité des échantillons, constitue une mesure particulièrement efficace. Selon My Green Lab, ce changement peut générer une réduction de 30 % de la consommation énergétique, sans compromettre les produits stockés [42].

Ces initiatives combinées offrent des solutions concrètes pour améliorer la durabilité des biothèques tout en réduisant leur empreinte écologique.

### Conservation des données numériques

Les données génomiques générées par les séquenceurs modernes représentent un défi croissant en termes de stockage. Il est nécessaire de revoir ces pratiques de stockage pour limiter les volumes à ce qui est strictement nécessaire [43]. Le développement d'outils comme ceux pilotés par la SFHI, visant à pondérer la pertinence de la conservation des données numériques en décortiquant chaque fichier pour le passer sous le prisme des critères bio-informatiques d'une part mais aussi éthiques et écologiques d'autre part, pourrait permettre de réduire significativement l'empreinte énergétique des serveurs utilisés par les laboratoires.

Cette réflexion sur la conservation des données peut d'ailleurs être facilement initiée grâce à la mise en place de campagnes de suppression de mails datant de plus d'un mois, permettant d'introduire une culture du tri plus précise pour les documents numériques et d'accepter petit à petit la disparition de certaines informations non utiles en pratique.

## Études de cas et analyses comparatives : influence et cadre réglementaire

Les transformations écologiques dans les laboratoires sont réalisables, mais nécessitent une évaluation des bénéfices, des coûts et des résistances organisationnelles. Ces démarches peuvent être déployées à plusieurs échelles pour maximiser leur impact.

À l'échelle locale, les laboratoires peuvent intégrer le dispositif des Unités durables créé au CHU de Bordeaux en 2022 [44] dont découle *Laboécolo*. *Laboécolo* est le premier collectif transversal de LBM et anatomopathologie engagé dans la transformation écologique [45]. Il regroupe les quinze disciplines de

laboratoire du Pôle de biologie et pathologie et illustre une approche transversale efficace et dynamique inter-services et inter-professionnelle autour de la transformation écologique.

Ce groupe favorise des actions concrètes, comme l'installation d'un réseau de distribution d'eau osmosée pour s'affranchir de l'achat de milliers de bouteilles en plastique (polypropylène) annuellement, il accompagne les autres disciplines vers des pratiques responsables et la labellisation "Unité durable" [45].

À l'échelle institutionnelle, des comités dédiés, tels que le COPIL Transformation Écologique dans les CHU, facilitent la coordination des efforts et permettent au laboratoire de participer à la transition de l'institution. En regroupant des représentants de différents pôles, ces structures renforcent la communication et permettent de surmonter les obstacles liés aux projets environnementaux stratégiques. Il existe aussi des outils gratuits pour sensibiliser et aider les établissements de soins comme Cap Hôpital durable cité dans la feuille de route de la Planification écologique du système de santé [46].

À l'échelle nationale, les sociétés savantes jouent un rôle central. Par exemple, le GT SFHI Écoresponsable élabore des recommandations intégrant les limites planétaires et partage des solutions concrètes pour accélérer l'adoption de pratiques durables dans les laboratoires. La capacité des sociétés savantes à mobiliser et sensibiliser les acteurs de la chaîne du soin constitue un levier essentiel pour impulser un changement structurel.

Cette approche multi-niveaux, combinant initiatives locales, institutionnelles et nationales, est indispensable pour transformer durablement les laboratoires et relever les défis environnementaux actuels.

La capacité des sociétés savantes à mobiliser et sensibiliser les acteurs de la chaîne du soin constitue un levier essentiel pour impulser un changement structurel



# Dossier scientifique

## Laboratoires écoresponsables

### Conclusion

Les LBM jouent un rôle central dans le diagnostic et le suivi des patients, mais aussi dans l'impact carbone du système de santé français. La réduction de leur impact environnemental repose sur un engagement institutionnel fort et une collaboration interprofessionnelle, permettant une approche systémique, combinant des stratégies locales et globales pour transformer les laboratoires en acteurs exemplaires de la transition écologique. La création d'un label pourrait accélérer cette transformation en valorisant les laboratoires pionniers et en incitant les autres à s'engager dans cette démarche. En adoptant ces solutions, les LBM peuvent non seulement réduire leur impact environnemental mais aussi devenir des piliers d'un système de santé durable et responsable. ■■

Déclaration de liens d'intérêts : l'autrice déclare ne pas avoir de liens d'intérêts.

#### Remerciements

SFBC, SFHI, Laboécoco, Décarbonons la Biologie Médicale Française, The Shifters.

#### Points à retenir

- ▶ Les laboratoires de biologie médicale (LBM) ont une empreinte environnementale significative, représentant 14 % des émissions hospitalières de gaz à effet de serre (GES) et consommant jusqu'à cinq fois plus d'eau que les bureaux.
- ▶ Des stratégies concrètes permettent de réduire cet impact, notamment par la rationalisation des prescriptions, l'optimisation de l'utilisation des équipements et la gestion durable des ressources (plastiques, consommables, énergie), des déchets (recyclables, infectieux, chimiques, radioactifs) et des données numériques.
- ▶ Les biologistes médicaux jouent un rôle clé dans cette transition écologique, en influençant les choix technologiques et validations de méthodes, en formant les prescripteurs et en adaptant les pratiques aux enjeux de durabilité.
- ▶ Pour maximiser leur impact, une reconnaissance institutionnelle et financière de leur engagement est nécessaire, ainsi qu'une coordination efficace entre initiatives locales, institutionnelles et nationales.

### Références

- [1] Romanello M, Walawender M, Hsu SC et al. The 2024 report of the Lancet Countdown on health and climate change: facing record-breaking threats from delayed action. *Lancet*. 2024;404(10465):1847-96.
- [2] Intergovernmental Panel On Climate Change (Ippcc). *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 2023.
- [3] Marraud L, Sattler M, Rambaud, T. Décarboner la Santé pour soigner durablement. 2023. [https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2023/04/180423-TSP-PTEF-Rapport-final-Sante\\_v2.pdf](https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2023/04/180423-TSP-PTEF-Rapport-final-Sante_v2.pdf).
- [4] Water - My Green Lab - Education. <https://mygreenlab.education>. <https://mygreenlab.education/courses/water/> (2022).
- [5] Lee BK, Ellenbecker MJ, Moure-Eraso R. Analyses of the recycling potential of medical plastic wastes. *Waste Manag*. 2002;22(5):461-70. doi: 10.1016/s0956-053x(02)00006-5.
- [6] Organisation mondiale de la Santé. *La gestion sécurisée des déchets médicaux (Déchets d'activités de Soins)*. 2017. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/272385/WHO-FWC-WSH-17.05-fre.pdf>.
- [7] Assistance Publique Hôpitaux de Paris. *Synthese Bilan Carbone de l'AP-HP*. 2024. [www.aphp.fr/actualite/lap-hp-publie-son-bilan-carbone-pour-2022-et-sengage-dans-une-demarche-ambitieuse-et](http://www.aphp.fr/actualite/lap-hp-publie-son-bilan-carbone-pour-2022-et-sengage-dans-une-demarche-ambitieuse-et).
- [8] Décarbonons la Biologie Médicale Française. <https://asso.alternaweb.org/dbmf/>.
- [9] Brunier J, Meunier O, Kolendac et al. Vers une microbiologie durable : enquête sur l'engagement écoresponsable des microbiologistes français. *Rev Franc Lab*. 2025;571:14-22.
- [10] Zhi M, Ding EL, Theisen-Toupal J et al. The landscape of inappropriate laboratory testing: a 15-year meta-analysis. *PLoS One*. 2013; 8(11):e78962. doi: 10.1371/journal.pone.0078962.
- [11] Vrotniakaitė-Bajercienė K, Tritschler T, Jalowiec KA et al. Adherence to thrombophilia testing guidelines and its influence on anticoagulation therapy: A single-center cross-sectional study. *Thromb Res*. 2023;223:87-94. doi: 10.1016/j.thromres.2022.12.001.

- [12] Kasonga F, Cassinari K, Brunel V et al. La juste prescription du bilan biologique thyroïdien dans le cadre du diagnostic d'une dysthyroïdie Étude rétrospective au CHU de Rouen *Ann Biol Clin*. 2018;76(4):421-8.
- [13] Bentouanes NK, Chocron R, Philippe A et al. Impact of COVID-19 Pandemic on Temporal Trends of Hemostasis Test in France: A Retrospective Analysis of 9 Years of National Health Data. *TH Open*. 2023;7(4):e285-e288. doi: 10.1055/a-2165-1249.
- [14] Bodley T, Chan M, Levi O et al. Patient harm associated with serial phlebotomy and blood waste in the intensive care unit: A retrospective cohort study. *PLoS One*. 2021;16(1):e0243782.
- [15] Jackson Chornenki NL, James TE, Barty R et al. Blood loss from laboratory testing, anemia, and red blood cell transfusion in the intensive care unit: a retrospective study. *Transfusion*. 2020;60(2):256-61.
- [16] Schramm F, Birgy A., Chamillon A et al. Antibioigrammes ciblés pour les infections urinaires à Entérobactéries dans la population féminine adulte (à partir de 12 ans). 2023. [www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2023-10/rbp\\_antibioigrammes\\_cibles\\_mel.pdf](http://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2023-10/rbp_antibioigrammes_cibles_mel.pdf).
- [17] Falcon A, Savall A, Bally JN. Existe-t-il encore une indication de prescription de la vitesse de sédimentation en soins primaires ? *Médecine*. 2022;18(4):188-92.
- [18] Assurance maladie. *Dosage de la vitamine D Conditions de prise en charge par l'Assurance Maladie*. 2024. [https://snmbio.com/files/INFO\\_CNAM\\_VITAMINE\\_D.pdf](https://snmbio.com/files/INFO_CNAM_VITAMINE_D.pdf).
- [19] Haute Autorité de santé. *Diagnostic biologique d'une carence en fer : en première intention, doser la ferritine seule*. 2011. [www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2011-11/fiche\\_buts\\_bilan\\_martial\\_carence\\_2011-11-09\\_17-07-51\\_399.pdf](http://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2011-11/fiche_buts_bilan_martial_carence_2011-11-09_17-07-51_399.pdf).
- [20] Gendron, N. & Khider, L. La place du dosage des D-dimères en médecine. 2021. [www.innovte-thrombosisnetwork.eu/sites/innovte/files/brique/fichier/02-2024/Com\\_dosage%20des%20d-dimeres%20en%20VF.pdf](http://www.innovte-thrombosisnetwork.eu/sites/innovte/files/brique/fichier/02-2024/Com_dosage%20des%20d-dimeres%20en%20VF.pdf).
- [21] Dumont S. et al. Prescription raisonnée des analyses de Glycémie et amylosémie dans un centre de prélèvement hospitalier : vers une pratique durable. Poster JFBM 2024 Troyes
- [22] Lefèvre C., Collet N., Gicquel A et al. Stratégie pour favoriser la juste prescription et réduire le mésusage du dosage de 1 $\alpha$ ,25 (OH) $_2$  vitamine D - Expérience Rennaise. Poster JFBM 2024 Troyes.

- [23] Wojciechowski E, Jambon F, Cargou M et al. Stability of Anti-HLA Sensitization Profiles in Highly Sensitized Kidney Transplantation Candidates: Toward a Rational Serological Testing Strategy. *Transplantation*. 2022;106(4):869-78.
- [24] Abraham S, Henry A, Amara M, Marque-Juillet S. Juste prescription des examens de biologie médicale : quelles perspectives de valorisation ? *Ann Biol Clin*. 2020;78(1):111-2. doi:10.1684/abc.2019.1509.
- [25] Beaune G, Oris C, Boizot HT et al. Proposition de fiches d'aide à la prescription en biochimie. *Ann Biol Clin*. 2023;81(1):61-85. doi: 10.1684/abc.2023.1783.
- [26] EFLM task force 'Green & sustainable laboratories'. EFLM Guidelines for Green and Sustainable Medical Laboratories. 2022. <https://greenlabs.eflm.eu/>.
- [27] Boureau AS, Corvol A. Choisir avec soin: une initiative pour la réduction d'examens et de traitements inutiles. *Gériatrie et psychologie & neuropsychiatrie du vieillissement*. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillessement*. 2023;21(2):145-7.
- [28] McAlister S, Barratt AL, Bell KJ, McGain F. The carbon footprint of pathology testing. *Med J Aust*. 2020;212(8):377-82.
- [29] Whittaker M, Davies JC, Sargent A et al. A comparison of the carbon footprint of alternative sampling approaches for cervical screening in the UK: A descriptive study. *BJOG*. 2024;131(5):699-708.
- [30] 1point5 | Transformer la recherche collectivement. <https://labos-1point5.org/>.
- [31] Thuillet L. Laboratoires d'analyse : un drone pour transporter les échantillons biologiques entre Granville et Saint-Lô. [www.francebleu.fr/infos/sante-sciences/laboratoires-d-analyse-un-drone-pour-transporter-les-echantillons-biologiques-entre-granville-et-saint-lo-9217080](http://www.francebleu.fr/infos/sante-sciences/laboratoires-d-analyse-un-drone-pour-transporter-les-echantillons-biologiques-entre-granville-et-saint-lo-9217080).
- [32] CIEM, Vandeputte L. Des drones pour transporter des échantillons biologiques. <https://ciem-shop.fr/sante/innovations/des-drones-pour-transporter-des-echantillons-biologiques/>.
- [33] ANAP. Les visites à domicile à Vélo (VAE et VCAE) en HAD AP-HP. 2023. <https://anap.fr/s/bonnes-pratiques-orga-detailles/a06Jv000008xWleIAE/les-visites-%C3%A0-domicile-%C3%A0-v%C3%A9lo-vae-et-vcae-en-had-aphp>.
- [34] Colin, F. Quand les CH deviennent employeurs pro vélos. 2023. <https://achat-logistique.info> <https://achat-logistique.info/durable/quand-les-ch-deviennent-employeurs-pro-velos/>.
- [35] ADEME Étude. Facteurs d'émissions des différents modes de transport routier - Liste et fiches. 2021. <https://data.ademe.fr/applications/etude-facteurs-d-emissions-des-differents-modes-de-transport-routier-liste-et-fiches>.
- [36] Alves J, Sargison FA, Stawarz H et al. A case report: insights into reducing plastic waste in a microbiology laboratory. *Access Microbiol*. 2020;3(3):000173. doi: 10.1099/acmi.0.000173.
- [37] CPIAS Grand Est. Déchets, locaux et circuit : point sur la réglementation. 2018. <https://cpias-grand-est.fr/>.
- [38] Hayek J. À la découverte d'Héphaïstos, le Fablab de l'Hôpital Bicêtre. 2022. [www.hospitalia.fr/A-la-decouverte-d-Hephaistos-le-Fablab-de-l-Hopital-Bicetre\\_a3228.html](http://www.hospitalia.fr/A-la-decouverte-d-Hephaistos-le-Fablab-de-l-Hopital-Bicetre_a3228.html).
- [39] Biogroup. Rapport RSE 2023 - Biogroup. 2023. [https://biogroup.fr/wp-content/uploads/2024/06/Rapport-RSE-2023\\_FR.pdf](https://biogroup.fr/wp-content/uploads/2024/06/Rapport-RSE-2023_FR.pdf).
- [40] ADEME. Méthode pour la réalisation des bilans d'émissions de gaz à effet de serre. 2022. [www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/methodo\\_BEGES\\_decli\\_07.pdf](http://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/methodo_BEGES_decli_07.pdf).
- [41] Baudinière N, Bégue N, Bréhaut K et al. L'impact environnemental du numérique en santé. Rapport Ministère des solidarités et de la santé; Délégation ministérielle au numérique en santé, cellule éthique : GT6 - Numérique responsable. 2021. <https://hal.science/hal-03366949v1>.
- [42] My Green Lab. [www.mygreenlab.org/](http://www.mygreenlab.org/).
- [43] Yusuf E, Luijendijk A, Roo-Brand G, Friedrich AW. The unintended contribution of clinical microbiology laboratories to climate change and mitigation strategies: a combination of descriptive study, short survey, literature review and opinion. *Clin Microbiol Infect*. 2022;28(9):1245-50.
- [44] CHU de Bordeaux. Guide Des Unités Durables. 2022. [https://dvqlxo2m2q99q.cloudfront.net/000\\_clients/3671444/page/guide-des-unites-durables-881a6e.pdf](https://dvqlxo2m2q99q.cloudfront.net/000_clients/3671444/page/guide-des-unites-durables-881a6e.pdf).
- [45] Cargou M, Visentin J, Lahiton M et al. Laboécoco, le premier collectif inter-laboratoires français engagé dans la transformation écologique au CHU de Bordeaux : genèse, exemples d'action et perspectives. *Rev Franc Lab*. 2025;571:23-31.
- [46] Rullier A, Guihenneuc J, Ayraud-Thevenot S et al. CAP, comprendre, agir et partager : une boîte à outils made in Nouvelle Aquitaine pour accompagner les établissements dans leur transformation écologique. *Annales de Pathologie*. 2024;44(5):331-7. <https://doi.org/10.1016/j.annpat.2024.08.005>.