

Guide de l'EFLM
LABORATOIRES MEDICAUX ECORESPONSABLES
ET DEVELOPPEMENT DURABLE (GREEN LABS)



Guide de l'EFLM
LABORATOIRES MEDICAUX ECORESPONSABLES
ET DEVELOPPEMENT DURABLE (GREEN LABS)



Traduction réalisée par I Bouilloux, JP Bouilloux, JM Giannoli, H Muller pour Labac avec l'autorisation de l'EFLM et de Tomris Ozben Présidente du groupe de travail.
La version anglaise reste la référence.

TABLE DES MATIERES

1. AVANT-PROPOS

1.1. CONTEXTE ET VUE D'ENSEMBLE

1.2. GROUPE DE TRAVAIL EFLM-LABM ÉCORESPONSABLES ET DEVELOPPEMENT DURABLE

2. INTRODUCTION

3. STRATÉGIE EN MATIERE DE PRODUITS CHIMIQUES ET DEVELOPPEMENT DURABLE

3.1. INTRODUCTON

3.2. QU'EST-CE QUE LA « CHIMIE VERTE » ?

3.3. LÉGISLATIONS

3.4. PRODUITS CHIMIQUES DANGEREUX. COMMENT LES LABORATOIRES PEUVENT-ILS RÉDUIRE L'UTILISATION DES PRODUITS CHIMIQUES DANGEREUX ?

3.5. OBJECTIFS

3.6. ACTIONS

4. STRATÉGIES POUR LA CONSERVATION DE L'ÉNERGIE ET LE DEVELOPPEMENT DURABLE

4.1. INTRODUCTION

4.2. MISE EN ŒUVRE DE BONNES PRATIQUES ENVIRONNEMENTALES EN MATIÈRE DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE

4.2.1. COMMENT LES LABORATOIRES PEUVENT-ILS RÉDUIRE LEUR CONSOMMATION D'ÉNERGIE ?

4.2.1.1. ÉTEINDRE

4.2.1.2. TECHNOLOGIE INTELLIGENTE

4.2.1.3. RÉFLÉCHISSEZ-Y À DEUX FOIS

4.2.1.4. MINUTERIES

4.2.1.5. HOTTES D'ASPIRATION ET ARMOIRES DE SÉCURITÉ BIOLOGIQUE

4.2.1.6. RÉFRIGÉRATEURS ET CONGÉLATEURS

4.2.1.7. DÉCHETS

4.2.1.8. CLIMATISATION

4.2.1.9. ÉQUIPEMENT ET INSTRUMENTATION

4.2.1.10. RÉACTIFS ET CONSOMMABLES

4.2.1.11. "PARTAGER, C'EST PRENDRE SOIN".

4.2.1.12. TRANSPORT DES ÉCHANTILLONS, PHASES PRE-PRÉANALYTIQUE ET PREANALYTIQUE

5. STRATÉGIES DE GESTION DES DÉCHETS

5.1. STRATÉGIES DE GESTION DES DÉCHETS

5.2. CATÉGORIES DE DÉCHETS ET LEUR GESTION

5.2.1. GESTION DES DECHETS SOLIDES NON BIOLOGIQUES

5.2.1.1. PLASTIQUES (69-76)

5.2.1.2. EMBALLAGE

5.2.1.3. E-DÉCHETS (DÉCHETS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES)

5.2.1.4. MESURES RECOMMANDÉES POUR LES FABRICANTS DE DIVD

5.2.2. GESTION DES DÉCHETS BIOLOGIQUES DE LABORATOIRE

5.2.2.1. DÉFINITION ET DESCRIPTION DES DÉCHETS BIOLOGIQUES

5.2.2.2. PROCÉDURES D'ÉLIMINATION

5.2.2.3. STOCKAGE, ÉTIQUETAGE ET TRANSPORT DES DÉCHETS BIOLOGIQUES

5.2.2.4. DÉCONTAMINATION PAR AUTOCLAVAGE

6. STRATÉGIE DE CONSERVATION DE L'EAU DANS LE CADRE DU DEVELOPPEMENT DURABLE

6.1. INTRODUCTION

6.2. COMMENT LES LABORATOIRES PEUVENT-ILS RÉDUIRE LEUR CONSOMMATION D'EAU ?

6.2.1. MESURER/SURVEILLER LA CONSOMMATION D'EAU

6.2.2. ÉQUIPEMENT ET INSTRUMENTATION

6.2.3. TOURS DE REFROIDISSEMENT DES LABORATOIRES

6.2.4. ÉQUIPEMENT PROPRE AUX PROCESSUS DE LABORATOIRE

6.2.5. ÉQUIPEMENTS NON SPÉCIFIQUES

6.2.5.1. ÉQUIPEMENTS DE TRAITEMENT DE L'EAU

6.2.5.2. SYSTÈMES DE DÉSINFECTION/STÉRILISATION

6.2.5.3. SYSTÈMES PHOTOGRAPHIQUES ET À RAYONS X

6.2.5.4. SYSTÈMES PRODUISANT DU VIDE

6.2.5.5. BAINS-MARIE

6.2.5.6. MACHINES A GLACE

6.2.5.7. LAVE-LINGES ET LAVE-VAISSELLES

6.2.5.8. UTILISATION DU PAPIER

6.2.6. SOURCES D'EAU ALTERNATIVES

7. QUESTIONS GÉNÉRALES

7.1. POLITIQUE, ÉDUCATION ET DÉFENSE DES INTÉRÊTS

7.2. GESTION DES RESSOURCES

7.3. ACHATS AXES SUR LE DEVELOPPEMENT DURABLE

8. RÉFÉRENCES

1. AVANT-PROPOS

Préparé par :

Tomris Ozben

Présidente du groupe de travail de l'EFLM « Laboratoires écoresponsables et développement durable »

Présidente de l'EFLM

Université Akdeniz, Faculté de médecine, Département de biochimie clinique, Antalya, Turquie

Université de Modène et Reggio Emilia, Faculté de médecine, Médecine clinique et expérimentale, Modène, Italie

L'EFLM a créé un groupe de travail « Laboratoires médicaux écoresponsables et développement durable - Green Labs » pour aider les laboratoires médicaux à mettre en œuvre des pratiques et à améliorer leurs performances en matière de développement durable en Europe et au-delà.

L'objectif est de rassembler et de partager les meilleures pratiques pour guider les laboratoires dans leur transition vers un développement durable en diminuant leur impact environnemental délétère en mettant en œuvre des actions efficaces et en prenant des mesures pour minimiser l'utilisation de l'énergie, de l'eau et des produits chimiques dangereux, ainsi que la production de déchets sans compromettre la qualité des soins de santé.

1.1. CONTEXTE ET VUE D'ENSEMBLE

Préparé par :

Tomris Ozben

Présidente du groupe de travail de l'EFLM « Laboratoires écoresponsables et développement durable »

Présidente de l'EFLM

Université Akdeniz, Faculté de médecine, Département de biochimie clinique, Antalya, Turquie

Université de Modène et Reggio Emilia, Faculté de médecine, Médecine clinique et expérimentale, Modène, Italie

Sheri Scott

Membre du groupe de travail « Laboratoires écoresponsables et développement durable » de l'EFLM

École des sciences et de technologie, Université de Nottingham Trent, Nottingham, Royaume-Uni

Valérie Rampi

Membre du groupe de travail « Laboratoires écoresponsables et développement durable » de l'EFLM

Senior Manager Environnement et développement durable, MEDTECH EUROPE, Belgique

Damien Gruson

Membre du groupe de travail « Laboratoires écoresponsables et développement durable » de l'EFLM

Département des laboratoires cliniques, Cliniques Universitaires Saint-Luc, Bruxelles, Belgique

Le développement durable est l'équilibre entre l'environnement, l'équité et l'économie (1). La définition utilisée par la Commission mondiale des Nations unies sur l'environnement et le développement est la suivante : "le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs".

Les objectifs en matière de développement durable des Nations unies pour 2015 sont au nombre de 17. Ces objectifs visent à mettre fin à la pauvreté, à protéger la planète et à assurer la prospérité pour tous (2).

Chaque objectif est assorti de cibles spécifiques à atteindre au cours des 15 prochaines années. C'est sur la base de ces objectifs que des méthodes axées sur le développement durable et le Green Deal européen (EGD) trouvent leur fondement. Le Green Deal européen (EGD) vise à faire de l'Europe le premier continent neutre sur le plan climatique d'ici 2050 et fait partie intégrante de la stratégie de la Commission européenne visant à mettre en œuvre l'agenda 2030 des Nations Unies et à atteindre les objectifs en matière de développement durable (3).

Elle constitue un grand défi pour les hôpitaux, les praticiens de la santé et la communauté des laboratoires médicaux qui utilisent comparativement plus d'énergie et d'eau que les activités de bureau et génèrent d'énormes quantités de déchets dangereux ou non. Dans le même temps, c'est une excellente occasion de contribuer à l'amélioration des performances en matière de développement durable des laboratoires et plus généralement des systèmes de soins de santé en Europe.

La Commission européenne a déjà pris des initiatives impliquant les hôpitaux et les acteurs des soins de santé dont on peut s'inspirer. Citons par exemple le projet RES-HOSPITALS intitulé "Vers des hôpitaux sans carbone grâce aux énergies renouvelables", qui vise à réduire les émissions de CO₂ du parc existant de quelques 15 000 hôpitaux en Europe (3).

Les laboratoires médicaux devraient contribuer à un système de soins de santé durable garantissant une utilisation efficace des ressources d'un point de vue écologique, social et économique, tout en fournissant des services de qualité aux patients et aux médecins (Figure 1). Les examens de laboratoire sont déjà des éléments clés pour la santé humaine en aidant les médecins dans le processus de décision clinique et en apportant une valeur ajoutée à la prévention primaire et secondaire (4,5). Les laboratoires médicaux ont également plusieurs possibilités de progresser vers des opérations de développement durable afin de réduire leurs impacts négatifs sur l'environnement et l'économie. Les laboratoires médicaux utilisent plus d'énergie et d'eau que les activités de bureaux, et génèrent d'énormes quantités de déchets dangereux ou non. Les laboratoires sont de gros consommateurs d'énergie et contribuent ainsi largement aux émissions de carbone. En raison de leurs besoins énergétiques relativement élevés, les hôpitaux et les laboratoires doivent s'efforcer d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de CO₂ à long terme fixés par la Commission européenne. L'intégration de méthodes axées sur le développement durable dans la routine quotidienne des laboratoires permettra d'économiser de l'énergie, de réduire les émissions de CO₂ et d'aider la Commission européenne à atteindre les objectifs de son plan d'action pour le climat et le développement durable.

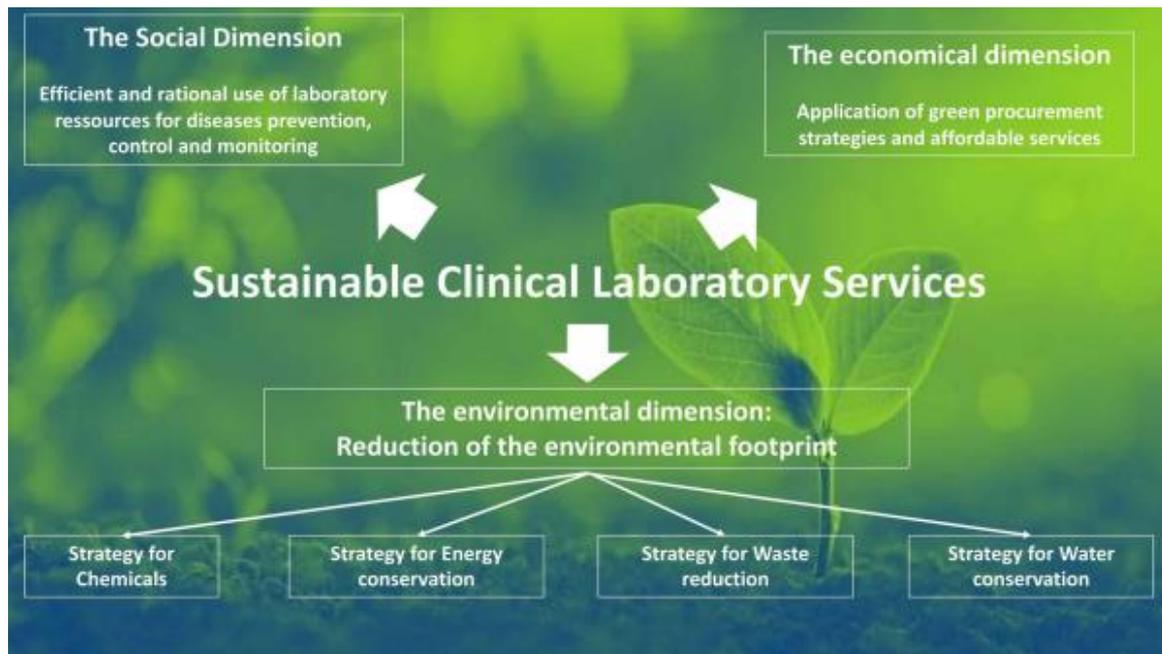


Figure 1 : Les laboratoires médicaux en tant que contributeurs aux différents domaines du développement durable.

Les laboratoires médicaux peuvent limiter leur impact sur l'environnement et fournir des services en réduisant leur consommation dans quatre domaines clés : la consommation d'énergie, la consommation d'eau, la production de déchets et l'utilisation de produits chimiques dangereux. En fixant des objectifs de développement durable et en appliquant de multiples moyens de réduction dans ces domaines clés, les hôpitaux et les laboratoires médicaux peuvent réduire leur impact environnemental. Les mesures de développement durable devraient être un élément clé dans le domaine des soins de santé qui évolue rapidement. Elles sont nécessaires pour réduire leurs impacts négatifs sur l'environnement et l'économie. Afin de fournir des services de santé de qualité, efficaces et sûrs, les systèmes de santé qui s'impliquent dans le développement durable doivent relever des défis économiques et sociaux majeurs. Bien qu'il y ait des coûts d'investissement initiaux, il existe un potentiel d'économie à long terme grâce à une utilisation plus efficace de l'énergie et des autres ressources dans les systèmes de santé. Malgré cela, il reste un long chemin à parcourir pour que les hôpitaux, les structures de soins et les laboratoires médicaux respectueux de l'environnement deviennent la norme.

1.2. GROUPE DE TRAVAIL EFLM « Laboratoires écoresponsables et développement durable »

Le comité exécutif de l'EFLM a approuvé la création du groupe de travail « Laboratoires écoresponsables et développement durable » proposée par la présidente élue de l'EFLM, Tomris Ozben, le 17 novembre 2021, et a décidé que l'EFLM devait montrer la voie dans la mise en œuvre de pratiques des laboratoires médicaux axés sur le développement durable en Europe. Le groupe de travail « Laboratoires écoresponsables et développement durable » de l'EFLM a été créé dans ce but. L'EFLM pilotera la transition de la communauté des

laboratoires médicaux vers la neutralité carbone, conformément au Green Deal Européen (EGD).

L'objectif initial de ce nouveau groupe de travail est de développer des guides, des critères et des recommandations clés pour l'intégration de pratiques de développement durable dans les laboratoires médicaux (Guide pour les laboratoires médicaux écoresponsables et développement durable). Les laboratoires médicaux peuvent travailler à l'amélioration de leurs performances en matière de développement durable en suivant le guide du groupe de travail de l'EFLM « Guide pour les laboratoires écoresponsables et le développement durable ». Un ensemble de recommandations et de bonnes pratiques dans quatre domaines majeurs de leurs activités sont ainsi décrites : l'énergie, l'eau, les déchets et l'utilisation de produits chimiques dangereux.

Le groupe de travail « laboratoires écoresponsables et développement durable » de l'EFLM mettra en place un système qui pourra guider, soutenir et surveiller les efforts des laboratoires européens pour devenir des laboratoires écoresponsables, et délivrera le certificat « Laboratoires écoresponsables » de l'EFLM aux laboratoires qui remplissent les critères requis après que leur statut ait été évalué.

2. INTRODUCTION

Préparée par :

Alistair Gammie

Membre du groupe de travail « Laboratoires écoresponsables et développement durable » de l'EFLM
Directeur général mondial, responsable de ValuMetric, Ortho Clinical Diagnostics, Royaume-Uni.

Joseph Lopez

Membre du groupe de travail « Laboratoires écoresponsables et développement durable » de l'EFLM
Ancien président de l'APFCB. Affiliations précédentes : Département des sciences biomédicales de l'Université MAHSA et Institut pour la recherche médicale, Kuala Lumpur, Malaysia

Toute activité humaine a un impact sur l'environnement. Les facteurs environnementaux contribuent au changement climatique et sont donc à l'origine d'une morbidité et de mortalité importante, en particulier dans les pays en développement. On estime que l'impact qui en résulte est à l'origine d'environ 25% des décès et des maladies dans le monde, atteignant près de 35% dans des régions telles que l'Afrique subsaharienne (6). Nous pouvons également mentionner que l'environnement, à travers la pollution, est un facteur de risque reconnu de morbidité et de mortalité (7,8). Toutes les organisations, y compris les laboratoires médicaux, ont l'obligation sociétale de faire leur part pour atténuer les dommages qu'elles causent à l'environnement et pour réduire les conséquences environnementales de leurs activités (6). Les laboratoires ont un impact sur l'environnement à plusieurs égards, et il leur incombe de réduire les conséquences environnementales de leurs activités (9).

Ces conséquences comprennent le réchauffement de la planète dû à l'utilisation de l'énergie, l'élévation du niveau des mers qui en résulte et les changements dans l'écologie et les pathologies associées. Elles entraînent également, entre autres, la perte de ressources irremplaçables, la réduction de la biodiversité, la pollution atmosphérique, la consommation

d'énergie et d'eau, la production de chaleur, la production toujours plus importante de déchets et la contamination des sites qui en résulte par le ruissellement ou la mise en décharge. L'évolution des différents paramètres qui contribuent et qui témoignent du réchauffement climatique a été résumée par la *National Aeronautical and Space Administration* (NASA) des États-Unis.

Les pratiques de soins de santé ont un impact important sur l'environnement. Les hôpitaux fonctionnent 24 heures sur 24, tous les jours, et leur empreinte écologique est importante. Ils ont un impact sur l'environnement de plusieurs manières (10). Outre l'énergie, les laboratoires sont également d'importants consommateurs d'eau, des producteurs de déchets et des utilisateurs de produits chimiques. Il a été estimé que la plupart des laboratoires existants peuvent réduire leur consommation d'énergie de 30 à 50 % en utilisant les technologies existantes, ce qui est important compte tenu de leurs coûts énergétiques annuels de l'ordre de 1 à 2 milliards de dollars aux États-Unis (11). Pourtant, peu de laboratoires médicaux ont mis en place des plans pour faire face à cette situation, bien que la plupart d'entre eux souhaiteraient recevoir des conseils s'ils étaient disponibles (9). Si la consommation inconsciente et la production de déchets peuvent être réduites de manière significative, cela peut conduire à de réelles économies de coûts ainsi qu'à une amélioration de l'empreinte environnementale. Les laboratoires axés sur le développement durable peuvent en tirer un avantage économique. Ross et al. (12) ont décrit comment ils ont pu générer plus de huit cent mille dollars australiens d'économies grâce à la mise en œuvre de la norme ISO 14001.

Il est important que les industriels, les agences de réglementation, les organismes professionnels et leurs institutions soutiennent les laboratoires dans leurs efforts pour améliorer leurs performances en matière de développement durable. Par exemple, au Royaume-Uni, le *UK health service procurement agency* demande des fournisseurs la « neutralité carbone » et la *UK Sustainable Healthcare Coalition* (<https://sustainablehealthcare.org.uk/>) vérifie ces objectifs de « neutralité carbone ». Outre le Green Deal européen, la nouvelle loi sur la santé et les soins 2022 est entrée en vigueur en Angleterre le 1er juillet 2022. Elle oblige le *National Health Service* (NHS) à tenir compte du changement climatique dans ses décisions. La législation stipule que les organismes du NHS devront tenir compte de la loi britannique de 2008 sur le changement climatique et s'y conformer, en visant à atteindre les objectifs en matière d'émissions de gaz à effet de serre et à se conformer à la loi de 2021 sur l'environnement, qui comprend des objectifs d'amélioration de l'environnement naturel, notamment de la qualité de l'air. Le NHS doit également "s'adapter à tout impact actuel ou prévu du changement climatique" (13). En Europe, le *EU Eco-management and Audit Scheme* (EMAS) (14) aide les organismes, y compris les laboratoires, à évaluer, rendre compte et améliorer en permanence leurs performances environnementales, et l'ONG *Healthcare without Harm* produit un indice de développement durable (sustainable product index)(15).

La seule façon d'obtenir une réelle adhésion au « développement durable » est de faire campagne pour le changement et d'informer sur les bénéfices environnementaux et les économies générées. Par exemple, il n'est pas toujours facile de convaincre les personnes qui demandent des examens de biologie médicale que certains sont inutiles. La communication est également un obstacle à surmonter, car les parties prenantes concernées sont nombreuses dans l'entreprise. La persévérance est la clé. Une fois qu'un système de

développement durable est en place, les gens ont tendance à le suivre et à le mettre en œuvre.

L'objectif de ce document est double :

- (i) faire prendre conscience que les laboratoires médicaux ont une empreinte carbone.
- (ii) fournir des conseils sur la manière dont les laboratoires peuvent l'atténuer.

Dans ce document, nous tenterons de donner des conseils sur la manière de parvenir à développer sa politique de développement durable grâce à de meilleures méthodes de gestion :

- (i) des produits chimiques
- (ii) de l'énergie
- (iii) des déchets
- (iv) de l'eau

3. STRATÉGIE EN MATIÈRE DE PRODUITS CHIMIQUES ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

Préparée par

Mariana Marques

Membre du groupe de travail « Laboratoires écoresponsables et développement durable » de l'EFLM
Centre hospitalier universitaire de São João, Pathologie clinique, Porto, Portugal

Tomris Ozben

Présidente du groupe de travail « Laboratoires écoresponsables et développement durable » de l'EFLM
Présidente de l'EFLM
Université Akdeniz, Faculté de médecine, Département de biochimie clinique, Antalya, Turquie
Université de Modène et Reggio Emilia, Faculté de médecine, Médecine clinique et expérimentale, Modène, Italie

3.1. INTRODUCTON.

L'une des premières définitions du développement durable a été initiée dans le rapport Burtland, publié par les Nations unies en 1987, indiquant que le développement durable implique de répondre "aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs besoins personnels" (16). La définition proposée par l'Union européenne (UE) est toutefois plus large et prend en compte un large éventail de stratégies de développement durable, notamment les aspects humains, environnementaux et économiques (17). Avec le réchauffement de l'atmosphère et les changements climatiques, un million d'espèces de la planète, sur les huit millions existantes, est menacée d'extinction ; les océans et les forêts ont été progressivement détruits et pollués. L'UE a réagi à ces défis en créant le *Green Deal* européen, qui vise à transformer l'UE en "une société équitable et prospère, avec une économie moderne, efficace dans l'utilisation des ressources et compétitive économiquement, qui vise à protéger, conserver et améliorer le capital naturel

de l'UE, et à protéger la santé et le bien-être des citoyens contre les risques et les impacts liés à l'environnement" (18).

Ces dernières années, on a assisté à une augmentation de la production des déchets, y compris des déchets dangereux, en raison de l'industrialisation, de l'urbanisation, du développement économique et de la croissance démographique. On estime que plus de 1,3 milliard de tonnes de déchets solides des collectivités ont été générés en 2012, avec une prévision de 2,2 milliards de tonnes de déchets en 2025 (19). En plus, ce problème a également un profond impact social, économique et environnemental en Europe où environ 3 milliards de tonnes de déchets sont produits chaque année, dont 100 millions de tonnes sont considérés comme dangereux (20). Néanmoins, les déchets de soins de santé étant nettement plus dangereux, ils nécessitent une approche différente afin de réduire les risques pour les travailleurs et la population en général (19). On estime que 15% des déchets de soins de santé sont dangereux (infectieux, toxiques ou radioactifs) (21), et que les déchets chimiques ou pharmaceutiques représentent 3% de tous les déchets associés aux soins de santé (22). Les pays à revenu élevé génèrent 0,5 kg de déchets dangereux par lit d'hôpital et par jour, alors que les pays à faible revenu en génèrent 0,2 kg (sous-estimé en raison de l'absence de séparation entre les déchets dangereux et non dangereux) (21). Ainsi, les déchets médicaux sont devenus l'un des polluants les plus importants dans le monde et en Europe, affectant la qualité du sol, de l'eau et de l'air. Il est prioritaire pour les organismes de soins de santé d'avoir des équipes multidisciplinaires qui s'occupent des questions de développement durable (23).

Les produits chimiques, bien que constituant un type de déchets dangereux, ont enrichi la société et sont omniprésents dans l'UE, l'industrie chimique européenne étant passée de 326 milliards d'euros en 1995 à 615 milliards d'euros en 2016 (24). De plus, la production mondiale de produits chimiques a augmenté, de même que l'importation annuelle de produits manufacturés dans l'UE - qui a presque triplé entre 2000 et 2015 - y compris en provenance de pays peu réglementés en matière de produits chimiques. En effet, 3,4 tonnes de produits per capital ont été importées dans l'UE en 2016, dont 20 % en provenance de Chine (25). En outre, la part des produits chimiques produits dans l'UE a diminué, même si elle reste la quatrième industrie de l'UE, avec 30 000 entreprises employant 1,2 million de personnes et 3,6 millions indirectement (26). Environ 60 % des plus de 100 000 produits chimiques présents sur le marché de l'UE sont considérés comme dangereux pour l'environnement et/ou la santé humaine, et 11,2 % de la production chimique globale de l'UE est attribuée à la santé et au travail social (25).

En ce qui concerne les risques liés aux produits chimiques, ils peuvent provenir de la production, du transport, de l'utilisation ou de l'élimination. Compte tenu de la problématique des produits chimiques, il est prioritaire de les gérer correctement et dans le cadre du développement durable. On sait que les produits chimiques dangereux contribuent aux problèmes de santé dans l'UE, étant associés au cancer, aux troubles du développement neurologique, aux maladies de la reproduction, maladies métaboliques, maladies cardiovasculaires et respiratoires (27,28). En général, les sous-groupes de population les plus vulnérables sont plus susceptibles de développer des maladies liées à la pollution (par exemple, les enfants de faible statut socio-économique) (19). En outre, l'exposition aux produits chimiques, même à faible dose, peut avoir des conséquences sanitaires à long terme, tels qu'une baisse de la fertilité, une diminution du poids à la naissance et des troubles neuropsychiatriques chez les enfants - 10 à 15 % de toutes les naissances présentent des troubles du développement neurocomportemental. Trouble déficitaire de l'attention

avec hyperactivité (TDAH) et trouble du spectre autistique sont largement répandus (25). En outre, on constate un nombre croissant de produits chimiques dangereux différents dans les tissus et le sang humains (26), qui, combinés, peuvent induire des effets toxiques plus importants que les effets de chaque produit chimique pris séparément (25). L'exposition combinée à des produits chimiques dangereux a été associée à des taux de natalité plus faibles et à une croissance fœtale réduite (26). De plus, l'exposition aux produits chimiques perturbateurs endocriniens a un impact économique majeur, avec 157 milliards d'euros dépensés chaque année, et environ 1,5 milliard d'euros attribués aux seules maladies liées à la fertilité chez la femme (25).

D'autre part, les produits chimiques dangereux peuvent provoquer l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique et affecter les écosystèmes, la flore et la faune (19,28). Plus précisément, ils peuvent diminuer la qualité de l'eau et de l'air, contaminer les sols et affecter les insectes pollinisateurs, surtout s'ils sont utilisés et/ou jetés au mépris des directives juridiques, scientifiques et techniques en vigueur (27,28). Ainsi, la pollution chimique contribue de manière significative au problème mondial global du changement climatique et de la perte de biodiversité (29). Dans le secteur de la santé, l'élimination des déchets non traités peut favoriser la contamination de l'eau potable, des eaux souterraines et des eaux de surface si les infrastructures ne sont pas construites de manière adéquate ; une incinération inappropriée des déchets peut entraîner une pollution de l'air et des résidus de cendres, la production de dioxines et de furanes cancérigènes à partir de substances contenant du chlore et la propagation de métaux toxiques à partir de matériaux contenant du plomb, du mercure et du cadmium (21). Des données récentes font état de plus de 2,5 millions de sites potentiellement contaminés en Europe, dont 14 % sont connus pour être contaminés et nécessite des mesures de contrôle des dégâts causés (27). Par conséquent, les nouveaux processus de production et les nouvelles technologies, ainsi que les nouveaux produits chimiques, doivent être pensés en termes de développement durable tout au long du cycle de vie du produit (29).

Le coût économique de la contamination de l'environnement est important car les coûts d'assainissement liés à la perte d'eau potable, de terres et de stocks de poissons sont très élevés (25). Le coût de l'élimination des déchets médicaux correspond à 25 % des dépenses globales du secteur de la santé aux États-Unis encore une info bizarre ! (30). En outre, la décontamination des ressources naturelles ainsi que des bâtiments et infrastructures est extrêmement coûteuse - la contamination par les polychlorobiphényles (PBC) a représenté une dépense de 15 milliards d'euros entre 1971 et 2018 dans l'UE (25).

L'idée de la « chimie verte » est née à la fin du 20^{ème} siècle en réponse aux conséquences sanitaires, environnementales et économiques causées par les produits chimiques dangereux, notamment les déversements toxiques. Ce concept est défini comme "la conception de produits et de procédés chimiques qui réduisent et/ou éliminent l'utilisation ou la génération de substances dangereuses" (25). Les produits chimiques doivent être utilisés et fabriqués de manière à ce que leur contribution sociétale soit maximisée et que leurs effets nocifs envers l'environnement et la société soient minimisés (26). La chimie verte et ses principes peuvent fournir une stratégie de réduction de la pollution, de la synthèse de produits dangereux et de la prévention des accidents, tout en évaluant l'impact global du cycle de vie d'un produit chimique donné (25). Il est important de noter qu'une gestion environnementale efficace

d'un laboratoire médical entraînera une amélioration de la qualité des performances, car ces deux questions sont étroitement liées.

La Commission européenne a adopté *the Chemical Strategy for Sustainability* le 14 octobre 2020. Cette stratégie est la première étape vers une ambition de pollution zéro pour un environnement sans produits toxiques, annoncée dans le *Green Deal* européen. La stratégie stimulera l'innovation pour des produits chimiques sûrs et durables et renforcera la protection de la santé humaine et de l'environnement contre les produits chimiques dangereux. La stratégie propose une feuille de route et un calendrier précis pour la transformation de l'industrie dans le but d'attirer les investissements vers des produits et des méthodes de production sûres et axées sur le développement durable. https://ec.europa.eu/environment/strategy/chemicals-strategy_en

Conformément au *Green Deal* européen, la stratégie vise à créer un environnement exempt de substances toxiques, dans lequel les produits chimiques sont produits et utilisés de manière à maximiser leur contribution à la société, notamment en réalisant la transition écologique et numérique, tout en évitant de nuire à la planète et aux générations actuelles et futures. Elle envisage l'industrie européenne comme un acteur compétitif au niveau mondial dans la production et l'utilisation de produits chimiques sûrs et axés sur le développement durable. La stratégie propose une feuille de route et un calendrier précis pour la transformation de l'industrie, dans le but d'attirer les investissements vers des produits et des méthodes de production sûrs et axés sur le développement durable.

La stratégie pour des produits chimiques axés sur le développement durable en vue d'un environnement sans toxicité permettra de :

- d'assurer une meilleure protection de la santé humaine et de l'environnement contre les produits chimiques dangereux
- de stimuler l'innovation pour des produits chimiques sûrs et axés sur le développement durable
- Facilitera la transition vers des produits chimiques sûrs et axés sur le développement durable dès leur conception.

Il s'agit d'une première étape vers l'ambition de pollution zéro pour un environnement sans produits toxiques, annoncée dans le *Green Deal* européen.

Il existe des preuves des effets bénéfiques de la réglementation dans la gestion des déchets. Une étude récente a fait état d'économies possibles de plus de 700 millions de dollars sur cinq ans si tous les hôpitaux américains mettaient en place des stratégies de gestion des déchets et de 2,7 milliards de dollars sur cinq ans si la réutilisation des dispositifs médicaux à usage unique (21) était mise en œuvre (31). En outre, les acquis en matière de produits chimiques en Europe ont permis de réduire efficacement les expositions humaines et environnementales aux substances dangereuses visées par la législation européenne au cours des trois ou quatre dernières décennies, et certaines données préliminaires indiquent que ces produits chimiques pourraient être remplacés (21). Le règlement de l'UE sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et les restrictions des substances chimiques (REACH) a permis de réaliser des économies estimées à 100 milliards d'euros sur 25-30 ans en termes de bénéfices pour l'environnement et la santé humaine (32). Ainsi, une réglementation visant à mettre en œuvre une gestion sûre et axée sur le développement

durable des déchets de soins de santé peut prévenir les dépenses liées aux effets néfastes sur la santé et les impacts environnementaux dus à la diffusion de produits chimiques dangereux (21).

Bien que 84% des Européens soient préoccupés par l'impact des produits chimiques sur la santé et 90% sur l'environnement (26), le manque de formation et de connaissances sur les produits chimiques et leur dangerosité peut entraîner des problèmes de sécurité au travail et environnementaux. Ainsi, il est crucial que les professionnels et les étudiants engagés dans des activités impliquant des produits chimiques dangereux soient formés en conséquence (28). En ce qui concerne de secteur de la santé, le manque de connaissances et/ou de sensibilisation aux pratiques en matière de développement durable des employés des laboratoires médicaux est l'obstacle le plus souvent signalé au succès de leur adhésion (33).

Les sociétés savantes dans le domaine des laboratoires ont donc un rôle clé à jouer en matière de formation continue et d'orientation.

Bien que les structures et méthodes de soins de santé axées sur le développement durable soient désormais bien définies quant à leurs objectifs dans les domaines social, économique et écologique, il n'existe pas de consensus sur les stratégies à mettre en œuvre dans les laboratoires médicaux (33). En fait, une enquête réalisée par la Fédération Internationale de Chimie Clinique et de Médecine de Laboratoire (IFCC) a révélé que la plupart des laboratoires interrogés n'avaient pas abordé les questions de développement durable et qu'il était nécessaire de disposer de directives officielles sur la manière de réduire leur empreinte carbone (34).

3.2. QU'EST-CE QUE LA « CHIMIE VERTE » ?

Le concept de « chimie verte » applique des solutions scientifiques innovantes pour résoudre les problèmes environnementaux retrouvés en laboratoire. Le concept de « chimie verte » a été introduit à la fin des années 1990 par Paul Anastas et John Warner. Ils ont élaboré les douze principes de la « chimie verte » (35). Ces principes peuvent être regroupés en "Réduction des risques" et "Minimisation de l'empreinte environnementale", qui comprennent la réduction à la fois de la quantité de produits chimiques dangereux dans les déchets et de la toxicité de ces substances ; l'amélioration de l'efficacité du processus de production ; la diminution de l'utilisation des ressources et des émissions de gaz à effet de serre ; l'amélioration de la sécurité ; et les aspects économiques et sociaux en lien avec les produits chimiques (25).

L'objectif de la « chimie verte » est de réduire l'impact des produits chimiques sur la santé humaine et d'éliminer pratiquement la contamination de l'environnement grâce à des programmes de prévention dédiés et axés sur le développement durable. La « chimie verte » recherche des milieux réactionnels alternatifs et respectueux de l'environnement, tout en s'efforçant d'augmenter les taux de réaction et de réduire les températures de réaction.

L'outil *DOZNTM Quantitative Green Chemistry Evaluator* de Merck Sigma Aldrich est un outil quantitatif, une première dans l'industrie, qui utilise les 12 principes de la « chimie verte »

pour comparer le relatif caractère écologique de produits chimiques, de voies de synthèse et de processus chimiques similaires.

(<https://www.sigmaaldrich.com/TR/en/services/software-and-digital-platforms/dozn-tool>)

<https://www.sigmaaldrich.com/TR/en/technical-documents/technical-article/analytical-chemistry/green-chemistry-principles>

La société Merck Sigma Aldrich propose 4 catégories de produits alternatifs plus écologiques répondant à l'un des quatre critères ci-dessous :

1. Produits reformulés pour améliorer leur empreinte écologique.
2. Produits alignés sur les 12 principes de la chimie verte.
3. Produits proposant des alternatives plus vertes grâce à des technologies adaptées.
4. Conception pour le développement durable (DfS) : produits présentant d'importantes caractéristiques axées sur le développement durable.

Le concept de « chimie verte », ainsi que la stratégie de l'UE pour un environnement non toxique, peuvent être considérés comme faisant partie des objectifs mondiaux de développement durable. La conception de produits chimiques supplémentaires, sûrs et durables est une approche préalable à la mise sur le marché qui vise à fournir des substances qui minimisent leurs impacts sur la santé et l'environnement (26).

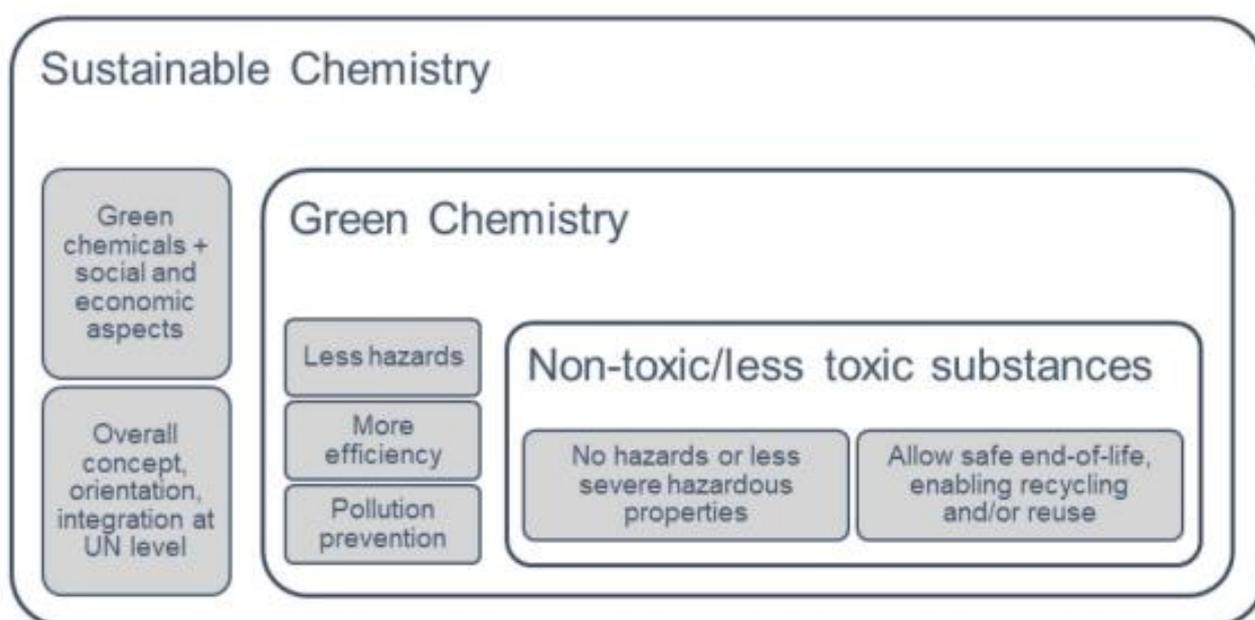


Figure 2 : Relation entre les concepts de chimie axée sur le développement durable, de « chimie verte » et de substances non toxiques ou moins toxiques (26).

En ce qui concerne les stratégies de promotion de la chimie axées sur le développement durable dans les laboratoires médicaux, il existe des approches générales tant pour la gestion des déchets que pour la sélection et la gestion des produits chimiques, comme le montrent les figures 2 et 3.

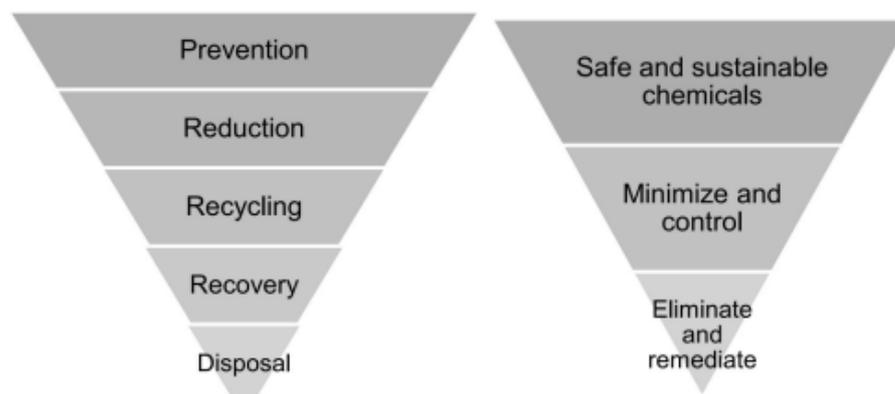


Figure 3 : Hiérarchie de la gestion des déchets chimiques dangereux (26).

Éliminer/réduire ou remplacer les produits chimiques dangereux :

- Éliminez les produits chimiques dans la mesure du possible :
 - Remplacez les thermomètres à mercure et cessez d'utiliser le bromure d'éthidium pour les gels
 - Envisagez le développement de réactions chimiques sans solvant
 - Réaliser des simulations sur ordinateur plutôt des expérimentations

- Réduire les quantités de produits chimiques, de réactifs et de précurseurs dangereux s'ils ne peuvent pas être exclus :
 - Utiliser des réactions chimiques plus efficaces

- Utiliser la « chimie verte » pour remplacer les produits chimiques par des alternatives moins toxiques :
 - Catsub - 300 exemples de substitution de produits chimiques dangereux.
 - Cefic LRI toolbox - Évaluation des risques et tests de toxicité.
 - CLEANTOOL - Base de données pour les produits chimiques de nettoyage alternatifs.
 - EC (2012) Guidance - Identifier les produits chimiques qui pourraient ou devraient l'être ; évaluer les alternatives en termes de risques, d'exigences techniques et de considérations pratiques et de coûts.
 - EPA- Design for the Environment Alternatives Assessments (Conception pour l'environnement - évaluations des alternatives)

- German Column Model (Spaltenmodell) - Comparaison des dangers et des risques de différents produits chimiques.
- Green alternatives wizard - Substituts potentiels des produits chimiques dangereux.
- INRS - Identifier les zones d'exposition potentielles sur le lieu de travail et comparer les produits chimiques.
- Keki-Arvi - Évaluation et prévention des risques.
- OECD Toolbox - Évaluation des alternatives et réglementation générale, listes et méthodologie.
- Stoffenmanager - Évaluation de l'exposition aux produits chimiques et mesures de contrôle possibles, y compris la substitution.
- SUBSPORT - Substances et technologies alternatives.

3.3. LÉGISLATIONS

Le cadre juridique actuel de l'UE sur les produits chimiques, en particulier le règlement REACH et le règlement relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage (CLP), représentent les législations régissant les substances chimiques les plus strictes au monde, affectant les industries du monde entier. La stratégie en matière de produits chimiques suggère qu'elles soient renforcées par des révisions ciblées des deux règlements afin de garantir que les informations sur les produits chimiques fabriqués ou importés dans l'UE soient suffisantes.

La mise en œuvre et l'application de la législation européenne sur les produits chimiques sont nécessaires pour garantir la conformité pour l'ensemble du cycle de vie des produits chimiques : production, mise sur le marché, rejet et élimination. Actuellement, près de 30 % des alertes sur les produits dangereux mis sur le marché concernent des risques dus aux substances chimiques. En outre, seul un tiers des dossiers d'enregistrement des substances chimiques enregistrées par l'industrie au titre de REACH sont entièrement conformes aux exigences en matière d'information.

La Commission réalisera des audits sur l'application de cette réglementation par les États membres et fera des propositions pour renforcer les principes "pas de données, pas de marché" et "pollueur-payeur".

Les substances identifiées comme extrêmement préoccupantes dans le cadre de REACH ainsi que celles figurant dans les règlements de classification, d'étiquetage et d'emballage (CLP) sont celles ayant un effet chronique sur la santé et l'environnement.

Afin de prévenir les effets négatifs à long terme, l'exposition des êtres humains et de l'environnement à ces substances préoccupantes doit être minimisée et remplacée autant que possible. Les substances les plus nocives devraient être interdites dans les produits de consommation et n'être autorisées que pour un usage sociétal essentiel prouvé et lorsqu'il n'existe aucune alternative acceptable.

Les législations relatives aux produits chimiques comptent plus de 100 directives et règlements. Cette section ne concerne que les documents les plus importants.

- **Objectifs en matière de développement durable des Nations Unies (ONU) :**

- 3. assurer une vie saine et promouvoir le bien-être de tous à tout âge.
- 6. Assurer la disponibilité et la gestion durable de l'eau et de l'assainissement pour tous.
- 9. Construire des infrastructures résilientes, promouvoir une industrialisation inclusive et axée sur le développement durable et encourager l'innovation.
- 11. Rendre les villes et les établissements humains inclusifs, sûrs, résilients et durables.
- 12. Assurer des modes de consommation et de production durables.
- 14. Assurer la disponibilité et la gestion durable de l'eau et de l'assainissement pour tous.
- 15. Protéger, restaurer et promouvoir l'utilisation durable des écosystèmes terrestres, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, stopper et inverser la dégradation des sols et mettre fin à la perte de biodiversité.

- **Sommet mondial sur le développement durable (WSSD) :** parvenir à une gestion écologiquement rationnelle des produits chimiques et de tous les déchets tout au long de leur cycle de vie.

- **Green Deal européen**

- **Liste européenne des déchets (LoW)**

- **Directive-cadre européenne sur les déchets**

- **Convention de Bâle** sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination.

- **Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques (GHS)**, officiellement adopté en juillet 2003 par le Comité économique et social des Nations unies.

- **Règlement européen sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et la restriction des substances chimiques (REACH).**

- **Règlement sur la classification, l'étiquetage et l'emballage des substances dangereuses (CLP)**

- **Programme des Nations unies pour l'environnement sur le mercure**

- **Organisation internationale de normalisation (ISO) :**

Famille des normes ISO 14000

- SO 14001:2015
- ISO 9000:2015
- ISO 15189:2022
- ISO 19011:2018

- **Directives en matière d'environnement, de santé et de sécurité (EHS) de la Société financière internationale (SFI)** sur la santé et la sécurité au travail.

- **Autres documents de l'UE :**

- o **Directive 91/157/CEE** relative à la limitation du mercure dans les piles.
- o **Directive 67/548/CEE** relative à la classification et à l'étiquetage d'une substance dangereuse pour l'environnement.
- o **Communication de la Commission sur les orientations techniques relatives à la classification des déchets (2018/C 124/01)**
- o Directive européenne sur la gestion des déchets (UE) 2018/851 modifiant la Directive 2008/98/EC.
- o **Directive 2011/65/EU** sur les restrictions dans les équipements électriques et électroniques (EEE).

3.4. PRODUITS CHIMIQUES DANGEREUX. COMMENT LES LABORATOIRES PEUVENT-ILS RÉDUIRE L'UTILISATION DES PRODUITS CHIMIQUES DANGEREUX ?

La production chimique est l'un des secteurs les plus polluants, les plus gourmands en énergie et en ressources, et est étroitement intégrée à d'autres secteurs et processus à forte intensité énergétique. Si l'industrie chimique européenne a déjà investi dans des usines de fabrication améliorées, la transition verte et numérique nécessite encore des investissements importants pour le secteur. Des procédés et technologies industriels nouveaux et plus propres permettraient non seulement de réduire l'empreinte environnementale de la production chimique, mais aussi de réduire les coûts, d'améliorer le potentiel de commercialisation et de créer de nouveaux marchés pour l'industrie chimique européenne axée sur le développement durable.

L'efficacité énergétique doit être privilégiée conformément à l'ambition du *Green Deal* Européen et des carburants tels que l'hydrogène renouvelable et le biométhane produit dans le cadre du développement durable pourraient jouer un rôle décisif en tant que sources d'énergie. Les technologies numériques - telles que l'internet des objets, *le big data*, l'intelligence artificielle, les capteurs intelligents et la robotique - peuvent également jouer un rôle important dans l'« écologisation » des processus de fabrication. En outre, les innovations chimiques peuvent apporter des solutions axées sur le développement durable dans tous les secteurs pour réduire l'empreinte environnementale globale des processus de production.

Les produits chimiques sont omniprésents dans notre société et ont permis d'améliorer la santé humaine et l'espérance de vie, notamment en ce qui concerne les soins de santé et les laboratoires médicaux. Cependant, ils représentent des causes possibles d'effets néfastes pour la santé humaine et l'environnement en raison de leur dangerosité potentielle (24,36). Ainsi, la définition et la classification des produits chimiques dangereux sont essentielles pour identifier et prévenir l'exposition à ces substances, ce qui peut être fait par le biais d'étiquettes et de fiches de données de sécurité.

Les définitions des déchets dangereux diffèrent selon les pays, bien qu'en général, les déchets dangereux soient définis comme une matière nocive pour la santé humaine ou l'environnement qui n'est plus utilisable pour son usage initial et qui est destinée à être éliminée, mais elle reste dangereuse (19,29). Le risque peut augmenter lorsque la composition

des déchets change (19). Dans l'UE, les déchets dangereux sont classés selon la décision relative à la liste des déchets en liaison avec l'annexe III de la directive-cadre sur les déchets. Dans les laboratoires médicaux, les déchets chimiques comprennent les solvants et les réactifs, les produits de stérilisation, les désinfectants, les piles, les métaux lourds provenant des dispositifs médicaux, le matériel de diagnostic radioactif et les mélanges chimiques (21).

Plusieurs propriétés peuvent rendre les produits chimiques dangereux, comme le fait d'être explosif, oxydant, facilement inflammable, inflammable, irritant, nocif, toxique, cancérigène, corrosif, infectieux, reprotoxique, mutagène, sensibilisant, écotoxique, ou capable de libérer des gaz toxiques ou très toxiques en cas de contact avec l'eau, l'air ou un acide, ainsi que les produits chimiques qui, après élimination, donnent une autre substance présentant les caractéristiques énumérées ci-dessus (37).

Lorsqu'on aborde le potentiel dangereux d'un produit chimique, plusieurs aspects sont à prendre en compte (38) :

- Ses propriétés physico-chimiques
- La quantité produite/apportée et utilisée dans chaque application du produit
- La durée et la fréquence de l'exposition
- Les produits de transformation et de dégradation
- Impuretés et additifs principaux
- Voies de pénétration probables dans l'environnement, distribution environnementale et dégradation ou transformation
- Durée et fréquence des émissions dans les différents milieux et leur dilution respective
- Voies probables d'exposition et d'absorption chez l'homme
- Échelle géographique d'exposition
- Libération du produit chimique en fonction de la matrice
- Disponibilité de données précises sur l'exposition
- Gestion des risques mise en œuvre ou recommandée

En ce qui concerne l'impact environnemental des produits chimiques dangereux, ils peuvent pénétrer dans les écosystèmes naturels soit lors de l'extraction, lors de la fabrication, lors de l'utilisation en aval (par exemple, dans les laboratoires médicaux), soit au travers de l'élimination/du recyclage/de la réutilisation de la substance (27). L'évaluation doit inclure les effets potentiels sur les milieux aquatiques, terrestres et l'atmosphère, ainsi que sur l'activité microbiologique des systèmes de traitement des eaux usées et les impacts par accumulation dans la chaîne alimentaire (38). En outre, leur impact varie en fonction du type et du volume et de la concentration du produit chimique, du compartiment environnemental affecté (air, eau, terre), de la durée d'exposition (aiguë ou chronique), du moment du rejet dans l'écosystème et des récepteurs (par exemple, les espèces) exposés et de leur sensibilité au produit chimique (27). Ces évaluations permettent de catégoriser un produit chimique dangereux et de définir la concentration en dessous de laquelle les effets néfastes dans la sphère environnementale concernée ne devraient pas se produire - concentration prédite sans effet (PNEC) (38). En outre, la réutilisation des produits chimiques dans le cadre d'une économie circulaire pose problème, car elle peut accroître la circulation des produits chimiques dangereux. Une catégorie importante de produits chimiques est celle des produits très persistants (résistants à la dégradation), car leur stabilité indéfinie favorise leur accumulation à des niveaux dangereux (25). Récemment, les effets combinés des

produits chimiques ont gagné en importance. Ils consistent en une exposition à de faibles concentrations de différents produits chimiques dangereux, même si toutes les substances sont inférieures à la PNEC (39).

La liste qui classe les substances et produits chimiques dangereux se trouve dans le document européen "Règlement relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances dangereuses (CLP)" (40) et dans le règlement européen sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et la restriction des substances chimiques (REACH). Le Catalogue européen des déchets classe les déchets provenant des soins de santé humaine ou animale et/ou de la recherche connexe et les divise ensuite en sections applicables aux produits chimiques dans les laboratoires médicaux (41) :

- 18 01 Déchets provenant des soins maternels, du diagnostic, du traitement ou de la prévention des maladies chez l'homme.
- 18 01 06 Produits chimiques consistant en des substances dangereuses ou en contenant
- 18 01 07 Produits chimiques autres que ceux mentionnés

Selon l'inventaire ECHA/CLP, il y a plus de 120 000 produits chimiques enregistrés et 2 327 substances dangereuses sur les 4 231 qui ont une classification harmonisée de "nocif pour l'environnement aquatique" (27). En Europe, les contaminants du sol les plus courants sont les métaux lourds, les huiles minérales et les hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP) (27). Le tableau suivant présente les produits chimiques les plus couramment enregistrés dans REACH (29) :

| Substances | Numéro d'enregistrement |
|----------------------|-------------------------|
| Ethanol | 707 |
| Hydroxide de calcium | 577 |
| Fer | 535 |
| Oxyde d'éthylène | 526 |
| Éthylène | 450 |
| Charbon de bois | 413 |
| Oxyde d'aluminium | 412 |
| Aluminium | 385 |
| Styrène | 358 |
| Méthylxirane | 355 |
| Dioxyde de silicium | 339 |
| Propène | 335 |
| Sulfate de calcium | 325 |
| Dioxyde de titane | 316 |
| Hydroxyde de sodium | 310 |
| Éthane 1-2 diol | 306 |
| Silicium | 301 |
| Méthanol | 284 |
| Oxyde de calcium | 278 |
| Propane 1-2 diol | 276 |

Tableau 1 : Substances les plus couramment enregistrées dans REACH.

De plus, selon la directive 2011/65/UE relative aux dispositifs médicaux, il existe des substances soumises à restriction dont la concentration maximale tolérée en poids dans les matériaux homogènes : plomb (0,1%), mercure (0,1%), cadmium (0,01%), chrome hexavalent (0,1%), 0. 1%), polybromobiphényles (PBB) (0,1%), polybromodiphényléthers (PBDE) (0,1%), phtalate de bis(2-éthylhexyle) (DEHP) (0,1%), butylbenzylphtalate (BBP) (0,1%), dibutylphtalate (DBP) (0,1%) et le diisobutylphtalate (DIBP) (0,1%) (42). Le mercure a un potentiel toxique élevé pour l'homme et la faune, notamment sous la forme de méthylmercure ; toutefois, l'utilisation de ce métal lourd est en déclin au niveau mondial et, dans l'UE, en raison de la disponibilité d'alternatives sans mercure et de restrictions réglementaires croissantes pour son utilisation (43). En Europe, le mercure est utilisé dans le secteur de la chimie, l'éclairage, les interrupteurs et les commandes électriques, les équipements de mesure et de contrôle, les amalgames dentaires, les piles et les usines de chlore et de soude caustique (43).

Le groupe Environnement, Santé et Sécurité (EHS) de Pfizer Global Research and Development a lancé un projet visant à évaluer l'adéquation des solvants courants sur la base de critères de (i) sécurité des travailleurs, (ii) sécurité des processus et (iii) considérations environnementales et réglementaires. Les recommandations ont été publiées dans Green Chem. 2008,10, 31-36 (DOI : 10.1039/B711717E).

3.5. OBJECTIFS

L'objectif de ce module sur la "chimie verte" est d'éduquer et d'informer sur les produits chimiques dangereux et les moyens efficaces de réduire les produits chimiques dangereux dans les laboratoires.

- Normalisation des processus de « chimie verte » et de développement durable des produits chimiques dangereux dans les laboratoires médicaux
- Encourager les professionnels des laboratoires médicaux à mettre en œuvre des mesures de développement durable liées à la « chimie verte » et aux produits chimiques dangereux
- Promouvoir l'augmentation des données sur les produits chimiques dangereux provenant des laboratoires médicaux, y compris les nouvelles connaissances et les résultats
- Soutenir les changements d'attitudes et de comportements de la communauté concernant les produits chimiques, en particulier chez les professionnels de la santé
- Promouvoir les programmes éducatifs en matière de « chimie verte »
- S'efforcer d'atteindre un nombre significatif de pays européens et de laboratoires médicaux en ce qui concerne les actions de développement durable liées aux produits chimiques
- Prévenir la contamination de l'air, de l'eau et du sol par des produits chimiques dangereux et leurs impacts respectifs sur l'environnement, la santé et l'économie.
- Améliorer la santé au travail
- Augmenter l'efficacité des ressources
- Réduire les dépenses de collecte, de traitement et d'élimination des déchets chimiques dangereux
- Promouvoir des systèmes d'approvisionnement axés sur le développement durable
- Augmenter indirectement la demande et l'innovation en matière de produits chimiques sûrs et axés sur le développement durable

Marchés publics :

Les soins de santé représentent environ la moitié des dépenses publiques de l'UE, avec notamment plus de 15 000 hôpitaux (44). Par conséquent, les laboratoires médicaux peuvent jouer un rôle dans l'évolution de l'offre et de la demande de produits chimiques vers des alternatives écologiques en adoptant une politique d'achat écologique, qui comprend la sélection et l'acquisition de produits qui minimisent les impacts environnementaux sur l'ensemble de leur cycle de vie : utiliser des produits chimiques recyclables, recyclés, moins toxiques et produits localement lorsque cela est possible.

Gestion et stockage des stocks de produits chimiques :

- Ne pas stocker les produits chimiques dans la hotte, en particulier sans que le contenant soit correctement obstrué
- Maintenez et révissez l'inventaire des produits chimiques pour éviter les achats excessifs et garantir que les produits chimiques périmés sont éliminés de manière adéquate.
- Dated et utilisez les produits chimiques et les réactifs selon le principe du premier entré, premier sorti.
- Achetez la quantité minimale de produits chimiques nécessaires.
- Partagez les produits chimiques et les réactifs :
 - o Augmentez la collaboration entre les laboratoires médicaux
 - o Organisez des événements de partage/échange de produits chimiques
- Location de produits chimiques ou produits chimiques en tant que service : un nouveau modèle commercial dans lequel le fournisseur s'engage à ne fournir que la quantité de produits chimiques nécessaires, ce qui entraîne des avantages sanitaires, environnementaux et économiques pour les deux parties (19).

Réduire et recycler les solvants :

Réduire l'utilisation des solvants organiques en les recyclant, ce qui réduit l'exposition et les déchets chimiques - de nombreux solvants (acétone, acétonitrile, xylène, alcool, formol) peuvent être efficacement redistillés jusqu'à une pureté de +99% par des systèmes de recyclage sur place ou bien par des sous-traitants (34) :

- o Le xylène, l'alcool et le formol peuvent être recyclés à l'aide d'un recycleur type CBG Biotech Supreme Solvent Recycler (Thermo-Fisher Scientific).

De petits volumes doivent être achetés par intermittence pour remplacer le volume mort perdu au cours du processus de recyclage, ce qui est également économiquement favorable.

Gestion des déchets chimiques :

- Dans les cas où l'exclusion des produits chimiques dangereux ne peut être faite, il est essentiel d'avoir une gestion dédiée et une séparation sûre et efficace des déchets (19).
- L'élimination des déchets chimiques doit être aussi sûre que possible, en veillant à ce qu'ils soient traités aussi près que possible de leur source (20).
- Étiqueter, stocker et éliminer les produits chimiques dangereux conformément aux procédures et en tenant compte des déchets de laboratoires médicaux spécialisés ; de

préférence, rédiger des procédures opérationnelles standard (SOP) pour la manipulation des déchets chimiques/des produits chimiques dangereux.

Nombre rationnel d'examens :

Les coûts des examens de biologie médicale constituent environ 3 % de l'ensemble des coûts de santé. Une stratégie courante pour réduire les dépenses de santé consiste à réduire de manière aléatoire les budgets des laboratoires et les examens inutiles (45). Ainsi, l'audit des demandes d'examens de laboratoire pour identifier les examens redondants peut permettre de diminuer le nombre de réactifs et de produits chimiques dangereux utilisés. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a publié une liste d'examens de diagnostics in vitro (DIV) essentiels, qui a identifié 35 catégories d'examens « généraux » pouvant être utilisés pour le diagnostic de plusieurs maladies courantes et 27 catégories d'examens pour la diagnostic ou la prévention de l'infection par le VIH, la tuberculose, le paludisme, l'hépatite B et C, la syphilis et l'infection par le VPH (46).

Politique :

- Instituer une politique environnementale, fournir une documentation et un programme de formation du personnel sur les questions environnementales et les meilleures pratiques.
- Promouvoir des audits pour évaluer les progrès avant et après les mesures, axées sur le développement durable.
- Nommer un responsable de l'environnement et obtenir le soutien de la direction générale en plaidant pour la responsabilité de l'entreprise, les avantages financiers et l'amélioration de la réputation du laboratoire auprès des clients et de la société ?
- Donner l'exemple par l'intermédiaire des membres de la direction et fournir un retour au personnel
- Mettre en œuvre des mesures de contrôle pour éviter ou réduire au minimum le rejet de substances dangereuses dans l'environnement de travail et le nombre d'employés exposés. Formez les travailleurs à l'utilisation des produits chimiques dangereux, aux pratiques de travail sûres et à l'utilisation appropriée des équipements de protection individuelle (EPI).

Défense des intérêts :

La société en général soutient les initiatives environnementales. Engagez les parties prenantes associées au laboratoire médical, tels que les patients, les sous-traitants, les autres membres du personnel et le gouvernement.

3.6. ACTIONS.

- Publication de plans d'action et de directives concernant les produits chimiques dangereux et la « chimie verte », qui comprennent des enquêtes et des checklists.
- Formation des 49 représentants de Société nationale pour devenir des délégués/ambassadeurs du Laboratoire écoresponsable et engagé dans le développement durable sur le thème de la « chimie verte » et des produits chimiques dangereux.
- Promouvoir des réunions avec les Sociétés nationales concernant les produits chimiques dangereux et les mesures axées sur le développement durable.

- Créer des ateliers sur la « chimie verte » pour l'ensemble de la communauté EFLM.
- Créer une certification pour les laboratoires écoresponsables, incluant la chimie axée sur le développement durable.

4. STRATÉGIES POUR LA CONSERVATION DE L'ÉNERGIE ET LE DEVELOPPEMENT DURABLE

Préparé par :

Wendy Brennan

Membre du groupe de travail « Laboratoires écoresponsables et développement durable » de l'EFLM
Département de virologie, Division de microbiologie médicale, Hôpital universitaire de Galway, Galway, Irlande

Snežana Jovičić

Membre du groupe de travail « Laboratoires écoresponsables et développement durable » de l'EFLM
Département de biochimie médicale, Université de Belgrade, Faculté de pharmacie, Belgrade, Serbie

4.1. INTRODUCTION

Les laboratoires médicaux consomment 3 à 6 fois plus d'énergie par m² qu'un immeuble de bureaux standard. Cela est dû au fonctionnement permanent des équipements spécifiques des laboratoires, mais aussi aux systèmes de ventilation (environ 50 à 80 % de la consommation d'énergie), nécessaire au contrôle de la température et l'humidité (10).

Le transport des échantillons, les phases pré-pré-analytiques et pré-analytiques sont d'autres pistes de réflexion pour réduire l'empreinte CO₂ des laboratoires médicaux (47,48).

Afin de mettre en œuvre de bonnes pratiques environnementales, il est important d'introduire un système de gestion environnementale et de définir une politique de développement durable appropriée. L'exploitation de données et l'intelligence artificielle peuvent contribuer à maximiser l'efficacité énergétique, à mesurer et à contrôler l'empreinte carbone. Cela offre des solutions axées sur le développement durable et réduit les coûts (49). Cependant, la transformation vers un laboratoire labellisé « développement durable » commence déjà par des réductions simples et faciles à mettre en œuvre réalisées par le personnel du laboratoire, où la direction peut utilement jouer un rôle moteur et montrer l'exemple.

La protection de l'environnement doit se fonder sur le concept des 3R : réduire (réduire la consommation d'énergie, de ressources naturelles et de produits dangereux), réutiliser (réutiliser les consommables/équipements ou autres autant que possible avant de les remplacer) et recycler (transformer les matériaux usagés en nouveaux produits, ce qui évite les déchets, réduit la consommation de matières premières originelles, l'utilisation d'énergie, la pollution de l'air et de l'eau) (9).

Lors de l'estimation de l'empreinte carbone d'un laboratoire médical produite par la consommation d'énergie (en mettant de côté les équipements spécifiques de laboratoire), l'infrastructure du laboratoire doit également être prise en compte, comme le système de

chauffage, de ventilation et de climatisation, le système d'éclairage et d'ombrage et les systèmes de traitement des données (ordinateurs). Ces quatre groupes de consommateurs d'énergie réalisent leur impact environnemental non seulement en consommant de l'énergie (c'est-à-dire de l'électricité et du gaz), mais aussi de l'eau et en créant des déchets, comme l'illustre la figure 4 ci-dessous (50).

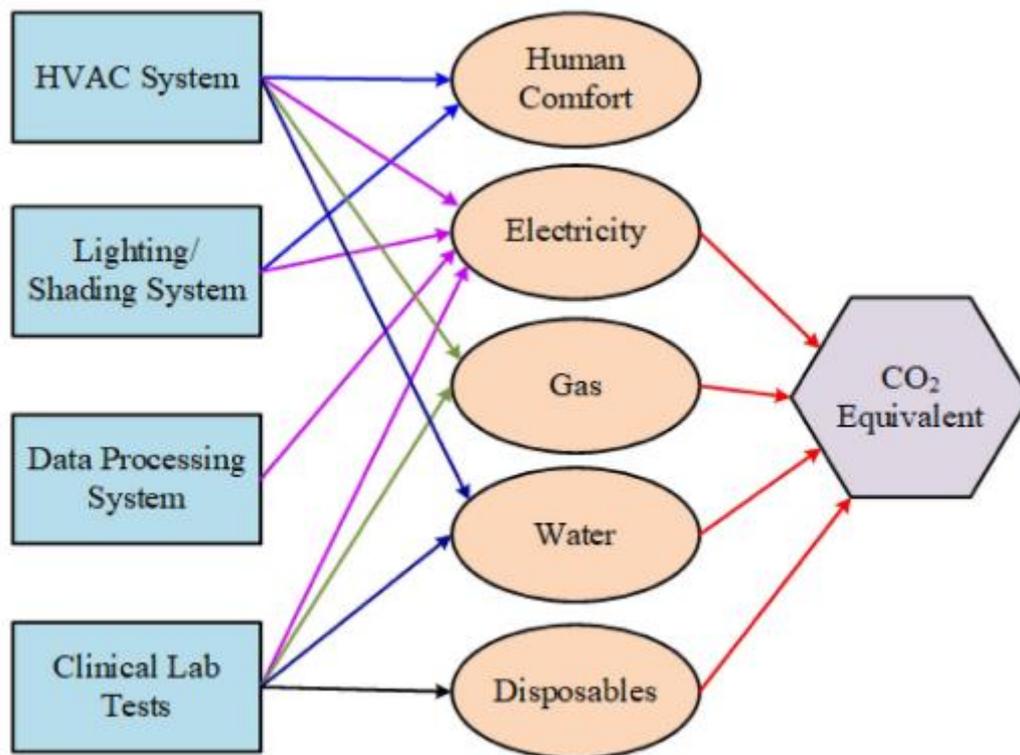


Figure 4 : Consommateurs d'énergie individualisés dans un laboratoire médical et leur impact sur l'empreinte carbone (50).

4.2. MISE EN ŒUVRE DE BONNES PRATIQUES ENVIRONNEMENTALES EN MATIÈRE DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE

Les objectifs des pratiques durables dans les laboratoires médicaux en matière de gestion de la consommation d'énergie peuvent être définis comme suit (10,49) :

- Réduction de la consommation d'énergie dans le flux de travail du laboratoire.
- Réduction de la consommation d'essence par la logistique et le personnel du laboratoire :
 - Si l'on utilise des véhicules pour le transport des échantillons, choisir des véhicules économes en carburant, ainsi que leurs itinéraires, et revoir régulièrement leur utilisation
 - Encourager le personnel du laboratoire à utiliser les transports publics, le covoiturage ou le vélo pour se rendre au travail, afin de réduire son empreinte carbone individuelle

- Invitez les fournisseurs à se joindre aux efforts du laboratoire pour introduire de bonnes pratiques environnementales

- Conception économe en énergie et respectueuse de l'environnement des bâtiments des laboratoires médicaux/hôpitaux :

Appliquez de bonnes pratiques environnementales lors de la rénovation ou de la construction d'un nouveau bâtiment. Engager des architectes certifiés LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) pour s'assurer que les meilleures stratégies et pratiques de construction sont mises en œuvre (51).

- Utilisation de sources d'énergie renouvelables quand et où cela est possible (vent, énergie solaire photovoltaïque et énergie solaire thermique).

- Collaboration entre les bâtiments hospitaliers et les réseaux de laboratoires pour le partage des ressources.

4.2.1. COMMENT LES LABORATOIRES PEUVENT-ILS RÉDUIRE LEUR CONSOMMATION D'ÉNERGIE ?

4.2.1.1. ÉTEINDRE

L'une des méthodes les plus simples pour réduire la consommation d'énergie consiste à éteindre les lumières, les ordinateurs, les instruments et les équipements en fin de journée ou lorsqu'ils ne sont pas utilisés. Cette mesure est particulièrement importante pour ceux qui sont équipés d'un élément de chauffage ou de refroidissement, car ils consomment beaucoup d'énergie. La mise en œuvre peut être facilitée par l'introduction d'un "système d'autocollants de feux de signalisation" sur les équipements électriques. L'accord de la direction et des cadres supérieurs sur les équipements qui peuvent être éteints encouragera tous les utilisateurs. Par exemple, vert - éteignez l'équipement lorsque vous avez fini de l'utiliser ; orange - vérifiez avec votre supérieur s'il peut être éteint après utilisation/en fin de journée ; rouge - doit rester allumé (52- 55).

4.2.1.2. TECHNOLOGIE INTELLIGENTE

- Installer des lampes à détecteur dans les couloirs et les zones peu fréquentées ou les réserves.
- Remplacer les luminaires par d'autres plus efficaces quand et où cela est possible et remplacer les ampoules fluorescentes par des LED. Les LED offrent la même intensité lumineuse, ont une durée de vie plus longue et consomment 50 % d'énergie en moins, ce qui permettra également de réaliser des économies.
- Utilisez la lumière naturelle autant que possible, découragez l'utilisation habituelle de la lumière artificielle lorsque la lumière naturelle est suffisante. Il convient également de considérer l'éclairage des activités (c'est à dire les zones spécifiques de travail) et l'éclairage des modules (mobilier et paillasse de laboratoire, armoires de sécurité biologique, etc.).

- L'utilisation de l'énergie solaire, de biocarburants, de systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité, pourrait être utilisée pour compléter les besoins en électricité et en chaleur (57).
- Veillez à ce que le mode d'économie d'énergie ou de veille soit activé sur les ordinateurs, les imprimantes et les scanners afin d'augmenter les économies d'énergie tout au long de la journée de travail. N'utilisez pas d'économiseurs d'écran car ils nécessitent de la puissance de traitement et de la mémoire, ce qui consomme de l'énergie (53,58).

4.2.1.3. RÉFLÉCHISSEZ-Y À DEUX FOIS

- Réduisez les impressions et découragez le personnel d'imprimer, encouragez l'impression uniquement lorsque cela est nécessaire.
- Réduire le nombre d'e-mails envoyés, en particulier ceux contenant des pièces jointes. La plupart des gens ignorent que l'empreinte carbone d'un courrier électronique moyen se situe entre 4 et 50 g de CO₂, en fonction des pièces jointes. Se désabonner des listes d' emailing sans valeur ou sans intérêt (59,60) .

4.2.1.4. MINUTERIES

- Installez des minuteries sur les équipements, par exemple les bains-marie et les blocs chauffants. Les minuteries permettent à la fois de s'assurer que l'équipement est prêt à être utilisé au moment voulu et qu'il ne reste pas allumé longtemps après son utilisation.

4.2.1.5. HOTTES D'ASPIRATION ET ARMOIRES DE SÉCURITÉ BIOLOGIQUE

- Fermez le volet des hottes lorsqu'elles ne sont pas utilisées, car le ventilateur de ces appareils aspire en permanence l'air chauffé ou conditionné de la pièce. Ces hottes peuvent consommer autant d'énergie que plusieurs maisons par jour (56,58).
- Les armoires de sécurité biologique peuvent être éteintes lorsqu'elles ne sont pas utilisées ou en fin de la journée, selon le cas. Ce sont des équipements à forte consommation d'énergie qui utilisent environ la moitié de l'énergie d'une maison par jour. Assurez-vous que tous les petits appareils utilisés à l'intérieur des hottes ou des armoires de sécurité biologique sont également éteints lorsqu'ils ne sont pas utilisés. Si vous utilisez la lumière UV comme méthode de décontamination, installez une minuterie et ne la faites fonctionner que lorsque le personnel est parti pour éviter qu'il ne subisse des dommages dus aux UV. Un fonctionnement prolongé peut dégrader les produits au fil du temps. La meilleure pratique consiste donc à faire fonctionner l'appareil pendant 30 minutes, ce qui est suffisant pour décontaminer l'armoire et, dans la plupart des cas, la décontamination par UV n'est pas nécessaire (53,61-63).

4.2.1.6. RÉFRIGÉRATEURS ET CONGÉLATEURS

- Organisez les réfrigérateurs et les congélateurs de manière à réduire les temps d'ouverture et à économiser ainsi de l'énergie et du temps.

- Vérifiez régulièrement ce qui est stocké pour éviter l'accumulation de produits dont vous n'avez plus besoin.

- Dégivrez régulièrement les congélateurs et videz régulièrement les produits stockés afin de garantir leur bon fonctionnement et réduire la consommation d'énergie. Remplissez les espaces vides avec des boîtes de rangement vides ou des pains de glace pour éviter le givrage excessif.

- Changez régulièrement les filtres qui doivent être remplacés, nettoyez les serpentins de réfrigération accessibles des réfrigérateurs et des congélateurs et nettoyez le joint de la porte.

- Dans la mesure du possible, il est possible de faire passer la température de -80°C à -70°C sans nuire à la viabilité ou compromettre les produits stockés. Il a été démontré que ce changement permettait de réaliser des économies d'énergies de 30% (52,53,58).

4.2.1.7. DÉCHETS

- Les autoclaves doivent être utilisés aussi efficacement que possible. Il peut s'agir d'un circuit à deux flux où les produits sont envoyés soit à l'autoclave ou soit au lave-vaisselle selon le cas. Les autoclaves ne doivent être utilisés que lorsqu'ils sont pleins, ce qui peut impliquer de partager les charges utiles entre les secteurs. L'établissement d'un calendrier peut aider à coordonner les passages. S'assurer que les déchets de laboratoire ou les déchets d'activité de soins qui sont orientés à l'autoclave sont bien éligibles. Cela devrait être revu périodiquement pour s'assurer que les pratiques sont à jour.

4.2.1.8. CLIMATISATION

- S'assurer que les fenêtres ne sont pas ouvertes ou que les chauffages d'appoint ne sont pas utilisés lorsque les unités de climatisation fonctionnent. Les commandes de température et d'humidité doivent être ajustées en fonction des besoins saisonniers. Fermez les portes des pièces où la climatisation est utilisée (56).

4.2.1.9. ÉQUIPEMENT ET INSTRUMENTATION

- Lors du processus d'appel d'offres, choisissez des équipements et des instruments dotés d'étoiles en fonction du rendement énergétique et dont les besoins en climatisation ou en chauffage sont les plus faibles possible. L'achat d'équipements et d'instruments neufs à faible consommation d'énergie (appareils classés par étoiles) est essentiel.

- Les gestionnaires doivent insister auprès des fournisseurs pour qu'ils reprennent les matériaux d'emballage pour les réutiliser ou les recycler après la livraison des instruments et des équipements. Ils sont également tenus de reprendre les anciens appareils pour les recycler, conformément à la réglementation européenne sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE). Assurez-vous que tous les équipements sont sécurisés et décontaminés si nécessaire.

- Dans la mesure du possible, les nouveaux équipements doivent être achetés localement afin de réduire l'empreinte carbone associée à la livraison et à la fourniture.

- Si possible, incluez un élément d'éco-responsabilité dans votre politique d'achats (53,58,64).

4.2.1.10. RÉACTIFS ET CONSOMMABLES

- Les réactifs et les consommables doivent être achetés et fabriqués aussi localement que possible afin de réduire l'empreinte carbone liée au transport.
- Les produits doivent être achetés en gros, en particulier les articles couramment utilisés dans les différents secteurs. Cela peut permettre de réaliser des économies de coûts et d'énergie.
- Discuter avec les fournisseurs pour réduire les emballages, en particulier les emballages difficiles à recycler ou non recyclables comme le polystyrène (10,52).

4.2.1.11. "PARTAGER, C'EST PRENDRE SOIN".

- Les petits secteurs d'activités ou les petits laboratoires peuvent envisager de partager des équipements au lieu d'en acheter. Les exemples où cela peut être pertinent sont les autoclaves, les congélateurs, les imprimantes, les hottes, les thermocycleurs, les stations d'eau (désionisateurs, déminéralisateurs). Tous ces équipements sont facilement partageables avec un minimum de planification et de rotations (52,54).

4.2.1.12. TRANSPORT DES ÉCHANTILLONS, PHASES PRE-PRÉ-ANALYTIQUE ET PRÉ-ANALYTIQUE

- Dans la mesure du possible, utiliser des alternatives telles que le vélo ou les petites voitures pour le transport des échantillons et du matériel de laboratoire sur de courtes distances.
- Si possible, utiliser des véhicules hybrides ou électriques pour le transport des échantillons et du matériel de laboratoire.
- Explorer les alternatives futures telles que le transport par drones, une solution qui se profile dans plusieurs domaines de la santé (65)

5. STRATÉGIES DE GESTION DES DÉCHETS

Préparé par :

Joseph Lopez

Membre du groupe de travail « Laboratoires écoresponsables et développement durable » de l'EFLM
Affiliations précédentes : Département des Sciences Biomédicales Université MAHSA et Institut pour la recherche médicale, Kuala Lumpur, Malaisie.

Alistair Gammie

Membre du groupe de travail « Laboratoires écoresponsables et développement durable » de l'EFLM
Directeur général mondial et responsable de ValuMetrix, Ortho Clinical Diagnostics, Royaume-Uni.

Sur la quantité totale de déchets générés par les activités de soins de santé, environ 85 % sont des déchets qualifiés de « généraux » et non dangereux. Les 15% restants sont considérés comme des matières dangereuses qui peuvent être infectieuses, toxiques ou radioactives. Il est essentiel de prendre des mesures pour assurer une gestion sûre et écologiquement rationnelle des déchets de soins de santé afin de prévenir les effets néfastes de ces déchets sur la santé et l'environnement (66).

5.1. STRATÉGIES DE GESTION DES DÉCHETS

Les déchets de laboratoire sont les déchets qui sont entrés en contact direct avec des organismes pathogènes, ou des fluides corporels et d'autres éléments utilisés en laboratoire.

Les déchets médicaux sont généralement soit envoyés dans des décharges, soit incinérés. Les décharges libèrent des produits chimiques nocifs dans le sol et les réserves d'eau. L'incinération des déchets médicaux génère des polluants atmosphériques tels que les dioxines, les furanes et les particules. Les laboratoires ont l'obligation sociétale de réduire et de mieux gérer leurs déchets. Pour y parvenir, il est nécessaire de créer une pression combinée des laboratoires sur l'industrie du diagnostic in vitro (DIV), les organismes professionnels et les autorités réglementaires. Notre objectif est d'encourager l'amélioration de la performance environnementale au-delà de la conformité obligatoire, par la motivation plutôt que par la contrainte réglementaire.

La gestion des déchets des laboratoires médicaux doit reposer sur les trois piliers des bonnes pratiques environnementales, à savoir la réduction, la réutilisation et le recyclage. La meilleure stratégie de gestion des déchets de laboratoire doit être envisagée dès l'achat. Le principe primordial régissant la gestion prudente des déchets de laboratoire est qu'aucune activité ne doit commencer sans qu'un plan d'élimination des déchets dangereux et non dangereux ait été formulé. L'application de ce principe simple permet de respecter les exigences réglementaires locales et nationales en matière de traitement des déchets et d'éviter des difficultés inattendues telles que la production d'une forme de déchet (par exemple, biologique, chimique, radioactif) que l'institution n'est pas capable de traiter (66-68).

Si l'impact de chaque source de déchets peut sembler relativement mineur, leur effet cumulatif potentiel sur l'environnement peut être important. La production de déchets doit être mesurée et gérée. Réduire au minimum la quantité de déchets produits dans votre laboratoire peut vous aider à mieux gérer vos déchets.

Les laboratoires doivent aspirer à gérer leurs déchets de la manière suivante :

- (i) Réduire leur quantité
- (ii) Réutiliser ou redistribuer les matériaux indésirables et excédentaires
- (iii) Traiter et/ou recycler les matériaux contenus dans les déchets
- (iv) éliminer les déchets par incinération, traitement ou enfouissement

L'une des façons de réduire les déchets est de s'assurer que seuls les examens nécessaires sont effectués. C'est aussi du bon sens économique. Les demandes d'examen doivent être examinées de près pour s'en assurer. La réduction du nombre d'analyses est également une question de bon sens économique.

5.2. CATÉGORIES DE DÉCHETS ET LEUR GESTION

Les déchets des laboratoires médicaux peuvent être classés de plusieurs façons. Nous souhaitons proposer les catégories suivantes :

- Les solides non biologiques tels que les plastiques, les emballages, les déchets électroniques (déchets électriques et électroniques) et les déchets solides divers tels que le papier.
- Déchets biologiques : cette catégorie comprend le verre, les objets tranchants, etc.
- Produits chimiques : liquides, organiques, solides ; comprenant les désinfectants, les solvants, les détergents utilisés en laboratoire, les batteries et les produits lourds provenant d'équipements médicaux tels que le mercure des thermomètres cassés. La gestion des déchets chimiques est abordée dans la section sur les produits chimiques de ce document.

5.2.1. GESTION DES DECHETS SOLIDES NON BIOLOGIQUES

5.2.1.1. PLASTIQUES (69-76)

La pollution plastique est devenue l'un des problèmes environnementaux les plus pressants. À l'échelle mondiale, on estime que la production et l'incinération du plastique ont émis 850 millions de tonnes de gaz à effet de serre dans l'atmosphère en 2019. D'ici 2050, ces émissions pourraient atteindre 2,8 milliards de tonnes, dont une partie pourrait être évitée grâce à un meilleur recyclage (69).

Les plastiques à usage unique représentent environ 40 % du plastique produit chaque année. Nombre de ces produits peuvent persister dans l'environnement pendant des centaines d'années. Outre les déchets, le plastique pollue également en libérant des composés utilisés dans sa fabrication. Le secteur des sciences biomédicales est un consommateur particulièrement important de plastique à usage unique. En effet, certains domaines scientifiques tels que la biologie moléculaire se sont développés à l'ère du plastique à usage unique. (72)

Les microplastiques, c'est-à-dire les minuscules particules de plastique, proviennent de nombreuses sources et sont omniprésents. Elles pénètrent dans l'organisme humain par l'intermédiaire de la nourriture et de l'eau, mais aussi en les respirant. Il a été démontré en laboratoire que les microplastiques nuisent à la faune et à la flore et endommagent les cellules humaines (71).

REDUCTION de l'utilisation des plastiques

Substituts aux plastiques : Les laboratoires peuvent réduire leur consommation de plastiques en choisissant des substituts du plastique, lorsque cela est possible comme le verre. La substitution par le verre s'est avérée efficace pour les produits en plastique tels que les boîtes de Pétri en plastique, les bouteilles de différentes formes et tailles, les pipettes et les embouts de pipette (avec ceux en métal), les tubes de prélèvement, les flacons, les paniers, les tubes Falcon, les tubes à essai et les nacelles de pesée.

Équipement et réactifs : La réduction de l'utilisation des plastiques peut également être réalisée dès l'appel d'offres pour les équipements et les réactifs. Choisissez les équipements des sociétés du DIV qui :

- Produisent des équipements à teneur réduite en plastique
- Fournissent des produits avec un emballage réduit et/ou un emballage respectueux de l'environnement par exemple l'achat de flacons ensachés
- Sont disposés à reprendre les coques des équipements usagés pour une utilisation ultérieure
- Permettent la réutilisation des accessoires en plastique, par exemple, réutilisation des supports de cuvettes

Au moment de l'appel d'offres pour les réactifs de diagnostic, les sociétés sont disposées à reprendre les emballages et les conteneurs de réactifs en plastique usagés.

En outre, la réduction du nombre de fournisseurs ou l'achat par l'intermédiaire d'un groupement d'achat, réduisant ainsi le nombre de livraisons, contribue à la protection de l'environnement.

RÉUTILISATION des plastiques

- Les laboratoires doivent réutiliser autant de produits que possible. Les produits réutilisables peuvent avoir des performances comparables à ceux à usage unique.
- Dans la mesure du possible, envisagez de réutiliser les articles suivants : boîtes d'embouts de pipettes, pipettes et embouts de pipettes lors de l'aliquotage, nacelles de pesage, gants (à décontaminer avec de l'éthanol), tubes et cuvettes (avec un rinçage entre les deux), béchers ou récipients collecteurs d'embouts.
- Les laboratoires devraient remplacer les produits en plastique jetables même dans les process dits « stériles », par exemple en choisissant des boîtes de culture de tissus en verre plutôt que des boîtes en plastique jetables. Toutefois, en cas d'inquiétude, n'envisagez la réutilisation que dans les situations où la stérilité des produits n'est pas nécessaire, comme pour les tâches réalisées à la paille.

RECYCLAGE des plastiques

En Europe, la valorisation énergétique est le moyen le plus utilisé pour éliminer les déchets plastiques, suivi par le recyclage. Environ 25 % de tous les déchets plastiques générés sont mis en décharge. La moitié du plastique collecté pour le recyclage est exportée pour être traitée dans des pays hors de l'UE. À l'échelle mondiale, les chercheurs estiment que la production et l'incinération de plastique ont entraîné l'émission de plus de 850 millions de tonnes de gaz à effet de serre dans l'atmosphère en 2019. D'ici 2050, on estime que ces émissions pourraient atteindre 2,8 milliards de tonnes, dont une partie pourrait être évitée grâce à un meilleur recyclage (69).

Habituellement, les déchets plastiques des laboratoires sont mis en sac et "autoclavés" - un processus de stérilisation à forte consommation d'énergie et d'eau utilisant souvent de la vapeur sous pression - puis ils sont envoyés à la décharge. Mais tous les déchets plastiques ne sont pas trop contaminés pour être recyclés (72,75). Kuntin (75) et ses collègues ont

développé une "station de décontamination" avec un trempage de 24 heures dans un désinfectant puissant, suivi d'un rinçage pour une décontamination chimique. Ils achètent également des plastiques qui seraient plus faciles à recycler. Grâce à ces mesures, ils ont réduit d'environ une tonne par an la quantité de plastique qu'ils envoyaient auparavant à la décharge. Ils se sont efforcés d'acheter en gros chaque fois que possible, afin de réduire les déchets d'emballage, par exemple.

Les plastiques qui peuvent le plus souvent être recyclés sont le polystyrène (PS), le polypropylène (PP) et le polyéthylène haute densité ou basse densité (HDPE/LDPE). Les consommables couramment utilisés, tels que les tubes à centrifuger, sont fabriqués en PP, tandis que les boîtes de culture et les flacons sont généralement fabriqués en PS. Le PEHD et le PEBD se retrouvent le plus souvent dans les couvercles.

Le recyclage des déchets plastiques non dangereux devient également une option pour les laboratoires. De nombreux transporteurs de déchets commencent à accepter les déchets plastiques non dangereux des laboratoires. Plusieurs fournisseurs proposent des programmes de recyclage pour leurs produits (LES RECYCLEURS EUROPÉENS) (77). Polycarbin (78) a développé un concept de circularité permettant aux laboratoires de recycler les plastiques. Il est important que les laboratoires de diagnostic commencent à évaluer la faisabilité du recyclage des plastiques.

Alternatives aux plastiques actuels

Plusieurs entreprises ont travaillé à la mise au point de plastiques fabriqués à partir de sources renouvelables et biodégradables. Parmi elles, BASF et NatureWorks (Innetonka, Minnesota, USA). BASF a développé un film polyester compostable appelé "Ecoflex®" et fabrique et commercialise des sacs entièrement biodégradables, « Ecovio®"est un film composés d'amidon de manioc et de carbonate de calcium. Aucun de ces produits n'est toutefois utilisé à grande échelle.

5.2.1.2. EMBALLAGE

Les matériaux d'emballage sont des produits tels que le polystyrène, le carton, le papier. Ils contribuent pour beaucoup à l'excès de déchets. Les laboratoires peuvent donc :

- Négocier avec les fournisseurs pour qu'ils reprennent et réutilisent les matériaux d'emballage.
- En outre, les laboratoires peuvent également négocier avec les fournisseurs pour réduire le volume des déchets de carton et de plastique qui sont utilisés dans l'emballage de leurs produits. Toutefois, cela ne peut être modifié sans passer par un processus réglementaire approprié.
- Investissez dans un compresseur de polystyrène. Le produit comprimé peut être utilisé à d'autres fins.

RECOMMANDATION : Ce groupe de travail demande une période d'amnistie convenue avec toutes les autorités réglementaires au niveau mondial pour permettre aux entreprises de revoir et d'affiner leurs stratégies d'emballage afin de minimiser les déchets grâce à un

processus de documentation simplifié. Cela permettrait à tous les fabricants de contribuer à cet effort.

5.2.1.3. E-DÉCHETS (DÉCHETS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES) (79,80)

On estime que 57,4 Mt (millions de tonnes métriques) de déchets électroniques ont été générées dans le monde en 2021. L'Europe a de loin le taux de collecte et de recyclage le plus élevé, soit 42,5 %. Il y aura plus de 347 Mt de déchets électroniques non recyclés sur terre en 2022 (79). Les déchets électroniques ne sont pas biodégradables et s'accumulent donc partout où ils sont mis en décharge. La mise en décharge des déchets électroniques est nocive pour l'environnement car des toxiques telles que le mercure, le plomb, le cadmium, le nickel, le béryllium et l'arsenic peuvent s'infiltrer dans le sol et les cours d'eau et devenir nocives pour la santé humaine.

Les équipements médicaux qui ne sont plus utilisés, les tubes fluorescents, les batteries, les téléphones, les ordinateurs, etc. doivent être recyclés ou éliminés conformément aux réglementations locales. Un document qui passe en revue les approches du laboratoire et des fabricants et qui présente un plan en 10 points a été publié par Cambridge Design (80). Les laboratoires doivent s'efforcer d'acheter des produits électroniques respectueux de l'environnement : recherchez des produits labellisés Energy Star ou certifiés par l'Electronic Product Environmental Assessment Tool (EPEAT).

5.2.1.4. MESURES RECOMMANDÉES POUR LES FABRICANTS DE DIVD (Dispositif de Diagnostic In Vitro)

- **Produits et étiquetage écoresponsable (également appelés labels environnementaux, écolabels) :** Les produits écoresponsables peuvent être définis comme des produits qui contiennent des matériaux recyclés, réduisent les déchets, économisent l'énergie ou l'eau, utilisent moins d'emballages et réduisent la quantité de produits toxiques éliminés ou consommés. Les fabricants devraient souscrire à un modèle d'étiquetage écologique tel que celui qui a été introduit dans l'UE, où les appareils ménagers ont une technologie électrique énergétique ayant une note de A à E basée sur des critères convenus.
 - **Matériel informatique (hardware) :** Du point de vue du matériel, il convient d'accorder une plus grande attention à l'allongement de la durée de vie des équipements, que ce soit par le biais d'un concept de remise à neuf/recyclage sur place avec des délais de remplacement plus longs et/ou par des initiatives de cannibalisation qui utilisent au minimum les coques d'instruments déjà utilisés.
 - **Logiciels :** L'obsolescence des logiciels entraîne souvent l'introduction d'un nouveau matériel. Nous demandons aux fabricants d'envisager l'avenir de leurs produits afin de permettre l'utilisation de nouveaux logiciels dotés d'intelligence artificielle (IA, apprentissage automatique) sans avoir à remplacer l'ensemble de l'instrument.
 - **Chimie à micro-échelle :** En réduisant les procédures d'analyse à un minimum, on réduit la quantité totale de déchets générés. Elle présente également des avantages en matière de sécurité et de coûts.

5.2.2. GESTION DES DÉCHETS BIOLOGIQUES DE LABORATOIRE (81,82)

Adaptation des protocoles de l'Université du Connecticut et de l'Université de Caroline du Nord à Chapel Hill :

5.2.2.1. DÉFINITION ET DESCRIPTION DES DÉCHETS BIOLOGIQUES

Les déchets biologiques de laboratoire peuvent être définis comme des déchets pathologiques infectieux ou potentiellement infectieux, ainsi que les récipients et consommables utilisés lors de leur manipulation et/ou stockage. Les déchets biologiques comprennent :

- Liquides : milieux de culture cellulaire, surnageant, sang ou fractions de sang (sérum), etc. qui contiennent des agents biologiques viables
- Toute partie du corps humain, les tissus et les liquides organiques, y compris ceux qui ne sont pas infectieux
- Toute partie d'un animal infecté ou potentiellement infecté par une maladie transmissible
- Les déchets de laboratoire solides non tranchants (flacons de culture cellulaire et boîtes de Pétri en plastique vides, tubes en plastique vides, gants, emballages, tissus absorbants, etc.) qui peuvent être contaminés par des agents biologiques viables
- Tous les objets pointus et tranchants utilisés dans les soins médicaux, le diagnostic et la recherche.
- La verrerie de laboratoire dont on pense qu'elle est contaminée par un agent biologique dangereux
- Toute matière recueillie lors d'un déversement de déchets infectieux ou de chimiothérapie
- Les déchets mélangés à des déchets infectieux qui ne peuvent être considérés comme des déchets chimiques dangereux ou des déchets radioactifs

5.2.2.2. PROCÉDURES D'ÉLIMINATION

Les déchets liquides

Les déchets biologiques liquides peuvent être jetés à l'égout (sanitaires), sous l'eau courante après avoir été décontaminés par autoclave ou par des moyens chimiques. L'évier doit être bien rincé et désinfecté après la procédure d'élimination.

Décontamination chimique : Elle peut être réalisée à l'aide de PRESEPT, un désinfectant biocide basé sur l'action du NaDCC (troclosène sodium). Il offre une protection contre tous les organismes, y compris le SARM, le VIH, l'hépatite B et les virus de l'herpès. Le sang dénaturé peut être jeté dans une installation appropriée ou un évier de laboratoire avec beaucoup d'eau. Tous les solides trop volumineux pour l'évier de laboratoire peuvent être éliminés via les déchets biologiques.

Déchets pointus et tranchants

- Certains récipients pour objets tranchants peuvent fondre s'ils sont passés à l'autoclave, auquel cas il faut recourir à une décontamination chimique du contenu. Pour la décontamination chimique, le désinfectant doit être un équivalent de l'agent tuberculocide enregistré auprès de l'US EPA, tel que l'eau de Javel domestique standard diluée à la concentration finale de 10 %. Remplir avec la dilution appropriée de désinfectant et laisser reposer toute la nuit. Videz le liquide, scellez et étiquetez le récipient et mettez-le dans un container à déchets.

- Les conteneurs à objets tranchants scellés non traités peuvent également être placés dans les unités de conditionnement avec les autres déchets biologiques non traités. L'adresse de l'établissement doit être apposée sur chaque container pour objets tranchants, en indiquant s'il est traité ou non, qui est placé dans le container à déchets.

Déchets non tranchants

Les méthodes d'élimination acceptables sont les suivantes :

- Les déchets biologiques décontaminés par un autoclave, une désinfection chimique ou toute autre méthode de décontamination appropriée, peuvent être étiquetés et éliminés comme des déchets non dangereux/non infectieux dans les poubelles ordinaires.

- Si l'on dispose d'un autoclave, on peut autoclaver les déchets dans un sac autoclave, apposer un ruban indicateur d'autoclavage et placer le tout dans un bac sécurisé pour l'autoclave. Après l'autoclavage et le refroidissement du sac, égouttez le liquide restant et placez les déchets scellés dans le container à déchets pour le ramassage. Ne pas verser de milieu gélosé liquéfié dans l'égout. Ne pas autoclaver les containers ou autres récipients contenant de l'eau de Javel. La combinaison d'eau de Javel, des résidus de coton et d'huile (autoclaves mal nettoyés) peut provoquer une combustion explosive dans l'autoclave.

Déchets mélangés : Suivez la formule ci-dessous pour déterminer quel flux de déchets est concerné.

Produit biologique + Produit chimique dangereux = Déchets chimiques

5.2.2.3. STOCKAGE, ÉTIQUETAGE ET TRANSPORT DES DÉCHETS BIOLOGIQUES

Stockage : On ne doit pas laisser s'accumuler les déchets biologiques. Ils doivent être décontaminés et éliminés quotidiennement ou régulièrement. Si le stockage de matériel contaminé est nécessaire, il doit se faire dans un conteneur rigide à l'écart de la circulation générale et de préférence dans une zone sécurisée. Les déchets biologiques traités, à l'exception des objets tranchants usagés, peuvent être stockés à température ambiante jusqu'à ce que le container de stockage soit plein, mais pas plus de 48 heures. Ils peuvent être réfrigérés pendant une semaine au maximum à compter de la date de production. Les déchets biologiques doivent être datés lorsqu'ils sont réfrigérés pour être stockés. Si les déchets biologiques deviennent putrescents pendant le stockage, ils doivent être déplacés hors du site dans les 24 heures pour être traités et éliminés. Les containers à objets tranchants peuvent être utilisés jusqu'à ce qu'ils soient remplis aux 2/3 ou 3/4, après quoi

ils doivent être décontaminés, de préférence par autoclavage, et éliminés comme des déchets médicaux réglementés.

Étiquetage des déchets biomédicaux :

- Chaque sac ou container à objets tranchants doit être étiqueté avec l'adresse de l'établissement, le bâtiment du producteur et le numéro de la pièce. Indiquez si les déchets du contenant sont traités ou non.
- Les déchets non-bio-dangereux/non-infectieux doivent être étiquetés.
- Un ruban indicateur d'autoclavage doit être utilisé pour prouver la décontamination.

Transport : Le transport de déchets biologiques en dehors du laboratoire, à des fins de décontamination ou de stockage jusqu'à leur ramassage, doit se faire dans des containers fermés et étanches portant la mention "risque biologique". Le transport de déchets médicaux réglementés ou de déchets biologiques dangereux sur la voie publique doit être conforme aux réglementations gouvernementales en matière de transport.

5.2.2.4. DÉCONTAMINATION PAR AUTOCLAVAGE

Le passage à l'autoclave à vapeur est généralement considéré comme la méthode de choix pour décontaminer les cultures, la verrerie de laboratoire et d'autres petits objets connus pour être contaminés par des agents infectieux. L'emplacement de l'autoclave dans le laboratoire minimise les problèmes de stockage et de transport. Les déchets autoclavés peuvent être éliminés comme des déchets généraux.

Les protocoles de stérilisation à la vapeur peuvent varier selon les laboratoires. Une procédure d'exploitation écrite doit contenir, au minimum, les éléments suivants :

- Définir les paramètres, déterminés à partir de tests, qui permettent un traitement cohérent, tels que le temps d'exposition, la température et la pression
- Identifier les containers de traitement standard et le placement de la charge dans l'unité de traitement à la vapeur
- Prévoir et mener un programme de formation continue pour tous les utilisateurs
- Prévoir un programme d'assurance de la qualité pour garantir la conformité avec le plan de gestion des déchets biologiques
- Un registre écrit doit être tenu pour chaque unité de traitement à la vapeur

Les déchets biologiques doivent être soumis à un traitement à la vapeur d'une température, d'une pression et d'une durée suffisantes pour obtenir une destruction d'au moins 4 Log des spores de *Bacillus stearothermophilus* placées au centre de la charge de déchets. Les déchets ne sont pas considérés comme traités si le ruban adhésif ou un indicateur équivalent ne montre pas qu'une température d'au moins 250 °F (121 °C) a été atteinte pendant le processus. L'efficacité de la stérilisation doit être testée avec des spores de *Bacillus stearothermophilus* au moins toutes les 40 heures de fonctionnement.

6. STRATÉGIE DE CONSERVATION DE L'EAU DANS LE CADRE DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Préparé par :

Ferhan Sagin

Membre du groupe de travail « Laboratoires écoresponsables et développement durable » de l'EFLM
Université Ege, Faculté de médecine, Département de biochimie médicale, Bornova, İzmir, Turquie.

Sanja Stankovic

Membre du groupe de travail « Laboratoires écoresponsables et développement durable » de l'EFLM
Université de Kragujevac, Serbie, Faculté des sciences médicales, Département de biochimie et Centre clinique universitaire de Serbie, Centre de biochimie médicale, Belgrade, Serbie.

6.1. INTRODUCTION

La crise de l'eau est identifiée comme le risque mondial le plus grave pour la prochaine décennie (83). Le sixième objectif de développement durable de l'Agenda 2030 des Nations unies concerne l'eau et souligne l'importance de la gestion de l'eau pour l'avenir de l'humanité (84). Dans le monde entier, les laboratoires médicaux consomment beaucoup d'eau (quatre à cinq fois plus d'eau que les bâtiments commerciaux de taille similaire) pour répondre aux charges de fonctionnement et de climatisation, entre autres exigences (10, 85, 86). Bien que la conservation de l'eau soit ignorée, négligée et souvent considérée à tort comme effectivement illimitée et sans coût, elle représente l'aspect clé d'un laboratoire dont la politique est axée sur le développement durable. La conservation de l'eau est définie comme toute action visant à réduire la quantité d'eau prélevée des sources d'approvisionnement en eau, à réduire la consommation, à réduire la perte ou le gaspillage d'eau, à améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau, à augmenter le recyclage et la réutilisation de l'eau, ou à prévenir la pollution de l'eau (87).

Pourquoi la conservation de l'eau devrait-elle être une priorité dans les laboratoires? Tout d'abord, il existe un large éventail d'équipements consommateurs d'eau dans les laboratoires et il est relativement facile d'en améliorer l'efficacité par de petites mesures qui offrent un excellent potentiel d'économies. Des économies financières peuvent être réalisées grâce à des mesures efficaces sur la gestion de l'eau, sans nécessiter d'énormes dépenses d'investissement. Une grande partie de ces économies peut être immédiatement réalisée grâce à des interventions mineures sur l'infrastructure existante et au comportement du personnel, tandis que d'autres peuvent nécessiter un investissement initial en capital avec un retour sur investissement à plus long terme. D'un autre côté, réduire la quantité d'eau utilisée dans les laboratoires permettra à l'humanité de disposer d'un approvisionnement sûr et sécurisé pour l'avenir. En outre, la conservation de l'eau permet également de conserver l'énergie. En augmentant l'efficacité par des pratiques de conservation et de recyclage de l'eau, les laboratoires peuvent réduire davantage leur consommation d'énergie et donc leur empreinte carbone.

En préparation de l'élaboration d'une stratégie de l'eau, la question de la gestion de l'eau doit être soulevée au niveau de la direction générale qui doit apporter son soutien. La

direction générale doit également discuter de la possibilité d'intégrer des objectifs relatifs à une gestion efficace de l'eau dans les indicateurs clés de performance (88).

Même si les laboratoires ne seront jamais en mesure de réduire leur consommation d'eau au niveau de celle des bureaux, il vaut la peine de travailler sur des stratégies de préservation de la ressource efficaces et de maintenir l'utilisation de l'eau au niveau le plus bas possible. Les laboratoires ne doivent pas, au départ, être trop ambitieux. Ils doivent d'abord se fixer des objectifs réalisables par l'introduction de bonnes pratiques environnementales et commencer par des pratiques facilement réalisables. Cela implique la réduction de la consommation d'eau (49). Tous les efforts doivent être considérés comme un processus d'amélioration continue.

Les objectifs des pratiques axées sur le développement durable dans les laboratoires médicaux en matière de gestion de la consommation d'eau peuvent être définis comme suit (9, 51, 58, 89) :

- Évaluation de la qualité de l'eau nécessaire à chaque processus de laboratoire
- Réduction de la consommation d'eau dans le flux de travail du laboratoire
- Adoption d'une politique d'achats écologiques
- Amélioration des équipements assignés aux processus du laboratoire (refroidissement des équipements, rinçage et contrôle du débit)
- Conception économe en eau et respectueuse de l'environnement des bâtiments des laboratoires et des hôpitaux- Utilisation de la norme LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) dans le cadre des projets du laboratoire (la gestion efficace de l'eau est l'une des sept catégories)
- Utilisation de sources d'eau alternatives lorsque cela est possible (climatisation, récupération des condensats et collecte des eaux de pluie).
- Collaboration entre les bâtiments hospitaliers et les réseaux de laboratoires pour le partage des ressources.

6.2. COMMENT LES LABORATOIRES PEUVENT-ILS RÉDUIRE LEUR CONSOMMATION D'EAU ?

6.2.1. MESURER/SURVEILLER LA CONSOMMATION D'EAU (53, 58, 61, 90, 95)

- Eau du robinet

Fermez toujours le robinet lorsque vous ne l'utilisez pas

Utilisez des robinets électroniques qui se ferment automatiquement lorsqu'ils ne sont pas utilisés. Affichez des panneaux rappelant de fermer l'eau

- Utiliser des minuteries

Installez ou utilisez des minuteries pour les utilisations critiques ou continues de l'eau

- Installez des aérateurs à faible débit

Installez des aérateurs à faible débit sur les robinets du laboratoire. Les aérateurs à faible débit sont de petits dispositifs très bon marché qui se vissent simplement sur le robinet, réduisent le débit de 6 à 2 l/minute et mélangent le flux avec de l'air, réduisant ainsi le gaspillage d'eau sans perturber la productivité de l'utilisation de l'eau. Il est conseillé de faire installer de nouveaux aérateurs dans les laboratoires qui n'en ont pas ou dont les aérateurs sont obsolètes.

- Installer des limiteurs de débit

Un certain nombre d'appareils (par exemple, les lavabos, les éviers et les bacs à laver) ont des débits d'eau non régulés qui peuvent entraîner une consommation plus élevée. L'installation de limiteurs de débit à pression équilibrée est généralement un moyen rentable de réduire la consommation d'eau sans affecter les exigences fonctionnelles.

- Installer des aérateurs d'évier

En laboratoire, cela signifie qu'il faut retirer les tuyaux et les barbillons des robinets, visser un aérateur d'évier et remplacer les tuyaux (utilisés pour remplir les récipients et éliminer les éclaboussures), puis les fixer avec un collier de serrage. L'équipement est très bon marché, l'installation peut être réalisée en cinq minutes, et le résultat est une réduction de la consommation d'eau pouvant atteindre 50 %.

- Installer des brise-jets pour réduire la consommation d'eau (l'installation de brise jet sur les autoclaves et les stérilisateurs permet de réduire la consommation d'eau de 50 %).

- Réalisez un audit de la gestion de l'eau (identifiez les utilisations, les schémas d'utilisation et quantifiez les possibilités d'économie d'eau).

- Installer des compteurs d'eau à enregistrement de données sur l'eau entrante pour permettre une surveillance continue. Cela permet d'identifier les tendances, les modes d'utilisation et les fuites. Les compteurs enregistreurs de données sont utiles car les données en dehors des heures de travail (lorsque la consommation d'eau est censée être très faible) sont facilement disponibles. Les enregistreurs de données sont généralement fournis par votre fournisseur d'eau.

- Installez des compteurs divisionnaires dans les différents bâtiments, processus clés permettant de surveiller la consommation et les tendances sur l'ensemble du site. L'utilisation de compteurs connectés à un système de gestion du bâtiment facilite la collecte des données.

- Entretien et vérification régulière du système de plomberie (conformément aux procédures opérationnelles standard du laboratoire existant)

- Vérifiez les fuites des robinets et signalez-les rapidement au service de maintenance ou au gestionnaire de votre bâtiment pour une réparation immédiate. Les robinets qui fuient et qui gouttent une fois par seconde peuvent gaspiller 11 500 litres d'eau par an.

- Vérifiez les fuites sur les autoclaves, les machines à glace et les climatisations (partout où il y a une alimentation en continu) et signalez-les rapidement au service de maintenance ou au gestionnaire du bâtiment pour une réparation immédiate.

6.2.2. ÉQUIPEMENT ET INSTRUMENTATION

Sélection de l'équipement et de l'instrumentation (9)

- L'évaluation de la consommation d'eau devrait être introduite dans l'évaluation préalable à l'achat d'équipements/instruments. La priorité doit être donnée aux

équipements/instruments à faible consommation d'eau, aux fabricants qui utilisent des processus de fabrication respectueux de l'environnement et/ou à ceux qui ont obtenu la certification ISO pour leurs bonnes pratiques environnementales, soutenant ainsi l'engagement du laboratoire en faveur de l'environnement.

- Si possible, intégrez un élément écologique dans votre politique d'approvisionnement. L'approvisionnement axé sur le développement durable, parfois appelé **achat à préférences environnementales**, peut jouer un rôle important dans la réalisation des stratégies de développement durable d'un hôpital.
- Le changement d'une chaîne analytique automatisée au laboratoire offre la possibilité d'apporter des améliorations significatives aux bonnes pratiques environnementales, pour les patients et pour le laboratoire (réduction du nombre de tubes de sang prélevés sur chaque patient, réduction des coûts de matériel, diminution de la consommation d'eau et des déchets).

6.2.3. TOURS DE REFROIDISSEMENT DES LABORATOIRES (89)

Les tours de refroidissement, qui font partie de nombreux bâtiments de laboratoire, pourraient représenter la plus grande opportunité d'améliorer l'efficacité en matière de gestion de l'eau :

- L'augmentation du taux de recyclage de la tour réduit la consommation d'eau d'appoint.
- Meilleure surveillance et gestion de la chimie de l'eau
- Mesure de la conductivité et du débit
- Conception pour une plus grande efficacité de la gestion de l'eau en utilisant la réduction **du panache ou une tour hybride**.
- Utilisation d'une filtration latérale, de couvertures solaires, de systèmes alternatifs de traitement de l'eau et de systèmes automatisés d'alimentation en produits chimiques.
- Économies sur les coûts de l'eau et les rejets aux égouts, les économies résultent également de l'obligation d'acheter moins de produits chimiques pour traiter l'eau.

6.2.4. ÉQUIPEMENT PROPRE AUX PROCESSUS DE LABORATOIRE

Refroidissement de l'équipement, équipement utilisé pour le rinçage, et contrôle du débit (53,89-91)

L'utilisation rationnelle de l'eau peut également se faire au niveau du refroidissement des équipements, du rinçage et du contrôle du débit :

- Réduire/éliminer le refroidissement à passage unique (consomme généralement plus d'eau que toute autre méthode de refroidissement dans les laboratoires). La meilleure façon de lutter contre le gaspillage d'eau associé au refroidissement à passage unique est d'utiliser un processus de recirculation ou une boucle de refroidissement à travers un bain d'eau froide. En éliminant cette méthode de votre flux de travail, vous pouvez économiser des centaines de milliers de litres d'eau chaque année et prévenir le risque d'inondation. Si possible, déplacez votre installation dans une pièce plus fraîche.
- Utilisez des refroidisseurs de petite taille pour mieux contrôler l'eau et réduire la consommation d'eau.

- Rinçage à contre-courant pour n'utiliser l'eau la plus propre que pour la dernière ou les dernières étapes d'une opération de rinçage, et traitement par lots.
- Utilisation d'une vanne de contrôle ou d'une électrovanne pour permettre l'écoulement de l'eau uniquement lorsque l'unité est utilisée.

6.2.5. ÉQUIPEMENTS NON SPECIFIQUES

Les équipements non spécifiques tels que les systèmes de traitement de l'eau, de stérilisation, de photographie, de radiographie et de production du vide des laboratoires peuvent également bénéficier de la mise en œuvre de processus d'utilisation rationnelle de l'eau :

6.2.5.1. ÉQUIPEMENTS DE TRAITEMENT DE L'EAU (53, 86, 91, 92, 96-98)

- Procéder à la purification de l'eau qu'en cas de nécessité et adapter le processus à la qualité réelle de l'eau requise.
- Rincez la verrerie ou les équipements volumineux avec de l'eau du robinet avant d'utiliser de l'eau déminéralisée pour la dernière étape du rinçage.
- Déterminez la qualité de l'eau requise pour chaque application ; utilisez le niveau de qualité approprié le plus bas pour guider la conception du système (FEMP 2004).

Limitez l'utilisation de l'eau déminéralisée. Le College of American Pathologists (CAP) recommande que toute l'eau utilisée pour une application quelconque dans les examens de laboratoire réponde au minimum à la norme *Clinical Laboratory Reagent Water* (CLRW) spécifiée par le *Clinical Laboratory Standards Institute* (CLSI). En outre, l'eau d'alimentation des équipements doit répondre aux spécifications du fabricant - qui peuvent être plus rigoureuses que les normes CLRW - pour garantir des résultats précis et reproductibles.

- Choisissez un procédé de filtration qui correspond aux exigences du laboratoire en matière d'eau de haute qualité, y compris le volume total et le débit auquel elle sera nécessaire, afin que le système puisse être conçu et dimensionné correctement.

Le principal procédé de traitement est généralement une membrane d'osmose inverse, qui élimine jusqu'à 99 % des impuretés de l'eau. D'autres technologies de soutien comprennent des modules et des cartouches spécifiques, des lampes UV et l'ultrafiltration pour garantir que la qualité de l'eau conformément au CLRW est respectée de manière constante et fiable, tout en minimisant les coûts d'exploitation et le besoin d'intervention de l'utilisateur.

- Envisagez d'utiliser l'un des systèmes **exclusifs** pour améliorer l'efficacité du système ; l'utilisation du modèle qui élimine l'excès de produits chimiques **du film** permet de réduire l'entraînement de produits chimiques de 95 % et de diminuer la quantité d'eau nécessaire au cycle de lavage.

6.2.5.2. SYSTÈMES DE DÉSINFECTION/STÉRILISATION (89, 91, 92, 98)

- Se concentrer sur la consommation d'eau pour les autoclaves et les stérilisateurs qui peuvent consommer de grandes quantités d'eau.
- Les faire fonctionner lorsqu'ils sont complètement chargés

- Mettez-les en mode veille ou éteignez les appareils qui ne sont pas utilisés ou installez un dispositif d'arrêt automatique s'il ne perturbe pas le fonctionnement normal de l'appareil.
- Choisissez un autoclave de taille adaptée au nombre de cycles que vous utilisez.
- Tenez compte de la consommation d'eau lors de l'achat d'autoclaves.
- Réglez les débits aux minimums recommandés par le fabricant, les revoir et les réajuster périodiquement.
- Installez des dispositifs d'économie d'eau sur les autoclaves existants lorsque c'est possible.

Envisagez l'achat d'un kit de mise à niveau pour la gestion de l'eau ; beaucoup sont maintenant disponibles pour les unités plus anciennes. Ils réduisent la consommation d'eau soit en contrôlant le débit de l'eau de trempage (ce qui permet d'économiser environ 11 000 l par jour), soit en remplaçant le mécanisme venturi pour créer un vide (ce qui permet d'économiser environ 350 l par cycle).

- Il existe des modèles plus récents qui utilisent moins d'eau (et d'énergie).

6.2.5.3. SYSTÈMES PHOTOGRAPHIQUES ET À RAYONS X (9)

- Passez à la radiographie et à la photographie numériques et à l'impression informatisée pour éliminer les besoins en produits chimiques et en eau pour l'impression.

6.2.5.4. SYSTÈMES PRODUISANT DU VIDE (9, 92, 97, 98)

- Éliminez les aspirateurs à vide. Utilisez plutôt une pompe à vide. Cela peut permettre d'économiser environ 900 litres d'eau par heure d'utilisation.
- Installez un système permettant de générer le vide dans le laboratoire ou utilisez de petites pompes à vide électriques pour créer les différences de pression nécessaires aux applications nécessitant un vide.
- Éteignez toujours les pompes à vide lorsqu'elles ne sont pas utilisées. Laisser les pompes à vide fonctionner en permanence entraîne une défaillance de la pompe et une utilisation excessive d'eau pour le refroidissement.

6.2.5.5. BAINS-MARIE (54, 95, 96, 98)

- Lorsque vous travaillez avec un bain-marie, couvrez-le toujours. Cela vous permet de maintenir la température requise en utilisant moins d'énergie et de réduire l'évaporation.
- Utilisez de la glace fondue pour les procédures non stériles comme le remplissage des bains-marie.
- Utilisez un "bain-marie" sans eau ou un bain de perles comme alternative à un bain-marie traditionnel pour réduire la consommation d'eau et d'énergie, ainsi que le risque de croissance microbienne et de contamination des échantillons.

6.2.5.6. MACHINES A GLACE (98)

- Utilisez des machines à glace refroidies à l'air plutôt qu'à l'eau (circuit ouvert), ou raccordez-les à un circuit de refroidissement existant fonctionnant toute l'année s'il en existe un.

- Les machines à glace ENERGY STAR utilisent en moyenne 15 % d'énergie et 10 % d'eau en moins.
- Les éteindre la nuit et les week-ends

6.2.5.7. LAVE-LINGES ET LAVE-VAISSELLES (9)

- Envisagez le trempage plutôt que l'écoulement d'eau continue pour économiser l'eau.
- Ne faites fonctionner le lave-vaisselle que lorsqu'il est entièrement chargé.
- Utilisez des lave-vaisselles plus récents qui utilisent moins d'eau que les anciens modèles.
- Utilisez des détergents de rinçage plus récents et plus propres.
- Réduisez le nombre de cycles de rinçage chaque fois que possible et utilisez le débit minimum (50).

6.2.5.8. UTILISATION DU PAPIER (98-100)

- Achetez du papier sans chlore
- Recyclez et réutilisez le papier
- En achetant du papier recyclé, la consommation d'eau pour la fabrication du papier est réduite de près de 60 %.
- Réduire les impressions et décourager le personnel d'imprimer, encourager l'impression uniquement lorsque cela est nécessaire.
- Réduction du papier grâce à un environnement sans papier avec la mise en œuvre et l'utilisation de la prescription électronique et de la transmission électronique des résultats
- Intégration des données de laboratoire dans les dossiers médicaux électroniques et les données de santé informatisées / digitales.

6.2.6. SOURCES D'EAU ALTERNATIVES (89)

Les bâtiments de laboratoire peuvent augmenter leur approvisionnement total en eau en utilisant des sources d'eau alternatives pour l'eau non potable :

- Récupérer l'eau de condensation, qui est relativement exempte de minéraux et d'autres éléments.
- Récupérer l'eau de pluie comme autre source pour l'eau non potable.
- Récupérer les eaux usées pour certaines applications non potables, comme le refroidissement de la tour de refroidissement.

7. QUESTIONS GÉNÉRALES

7.1. POLITIQUE, ÉDUCATION ET DÉFENSE DES INTÉRÊTS

- Instituer une politique environnementale, fournir de la documentation et un programme de formation du personnel sur les questions environnementales et les meilleures pratiques.
- Publication de plans d'action, de lignes directrices et de documents de politique générale concernant les pratiques de développement durable.
- Promouvoir des audits pour évaluer les progrès avant et après les mesures de développement durable.

- Nommer un responsable de l'environnement et obtenir le soutien de la direction générale en plaidant pour la responsabilité de l'entreprise, les avantages financiers et l'amélioration de la réputation du laboratoire auprès des clients et de la communauté.
 - Donner l'exemple par l'intermédiaire des membres de la direction générale et fournir un retour d'information aux employés.
 - Mettre en œuvre des mesures de contrôle pour éviter ou réduire au minimum le rejet de substances dangereuses dans l'environnement de travail et le nombre d'accidents de travail. Former les travailleurs à l'utilisation des produits chimiques dangereux, aux pratiques de travail sûres et à l'utilisation appropriée des équipements de protection individuelle (EPI).
 - Éduquer et communiquer sur la politique environnementale avec les différentes parties prenantes impliquées dans les différentes phases du cycle analytique (pré-pré-analytique, pré-analytique, analytique, post-analytique), y compris les activités hospitalières et de **soins ambulatoires** (si pertinent).
- Plaidoyer :

La communauté en général soutient les initiatives environnementales. Engagez les entités associés au laboratoire médical, tels que les patients, les sous-traitants, les collègues et le gouvernement.

7.2. GESTION DES RESSOURCES

Les coûts des examens de laboratoire représentent environ 3 % de l'ensemble des coûts médicaux. Une stratégie courante de réduction des dépenses de santé consiste à réduire de manière aléatoire les budgets des laboratoires et les examens inutiles (101). Ainsi, l'audit des demandes d'examens de laboratoire pour identifier leur redondance peut réduire le nombre de réactifs et de produits chimiques dangereux utilisés. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a publié une liste d'examens de diagnostics in vitro (DIV) essentiels, qui a identifié 35 catégories d'examens « généraux » pouvant être utilisés pour le diagnostic de plusieurs maladies courantes et 27 catégories d'examens pour la diagnostic ou la prévention de l'infection par le VIH, la tuberculose, le paludisme, l'hépatite B et C, la syphilis et l'infection par le VPH (102).

La réduction des examens inutiles apparaît comme l'une des approches les plus efficaces pour réduire l'empreinte carbone des examens médicaux (47).

La mise en place de groupes consultatifs pour sensibiliser à l'utilisation rationnelle des examens de laboratoire dans les hôpitaux et les établissements de **soins primaires** est encouragée. Il pourrait être judicieux d'examiner les examens urgents dans le cadre des soins ambulatoires, car les analyses prescrites dans le cadre de l'urgence nécessitant des coursiers sur appel ont un impact sur l'empreinte carbone (48).

Effectuer des examens à bon escient signifie également recommander des examens pour le diagnostic et la prévention lorsqu'une demande insuffisante est suspecte et pourrait avoir des conséquences sur les soins de santé. L'exemple des **soins primaires** en Espagne peut l'illustrer (103).

La gestion responsable des ressources de laboratoire implique donc des interventions dans les deux sens, à savoir en cas de demande excessive ou insuffisante.

7.3. ACHATS AXES SUR LE DEVELOPPEMENT DURABLE

Les soins de santé représentent environ la moitié des dépenses publiques de l'UE, avec plus de 15 000 hôpitaux (104). Par conséquent, les laboratoires médicaux peuvent jouer un rôle dans l'évolution de l'offre et de la demande de produits chimiques vers des alternatives « vertes » en adoptant une politique d'achats écoresponsable, qui comprend la sélection et l'achat de produits qui minimisent les impacts environnementaux sur l'ensemble de leur cycle de vie : utiliser des produits chimiques recyclables, recyclés, moins toxiques et produits localement chaque fois que possible.

La Commission européenne et plusieurs pays européens ont élaboré des orientations pour les marchés publics écologiques, avec l'inclusion de critères environnementaux clairs et vérifiables pour les produits et services dans le processus d'achat (105).

8. REFERENCES

1. Sustainable health systems. *Nature Sustainability* 2022 5:8 [Internet]. 2022 Aug 17 [cited 2022 Aug 21];5(8):637-637. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41893-022-00951-3>
2. Home - United Nations Sustainable Development [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
3. The European Green Deal Investment Plan and JTM explained [Internet]. [cited 2022 Aug 21]. Available from: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_24
4. Pennestrì F, Banfi G. Value-based healthcare: The role of laboratory medicine. *Clin Chem Lab Med* [Internet]. 2019 Jun 1 [cited 2022 Aug 13];57(6):798-801. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/cclm-2018-1245/html>
5. Price CP, St John A. The Role of Laboratory Medicine in Value-Based Healthcare. *J Appl Lab Med* [Internet]. 2020 Nov 1 [cited 2022 Aug 13];5(6):1408-10. Available from: <https://academic.oup.com/jalm/article/5/6/1408/5904439>
6. How Much Global Ill Health Is Attributable to Environmental... : *Epidemiology* [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: https://journals.lww.com/epidem/Abstract/1999/09000/How_Much_Glob_al_Ill_Health_Is_Attributable_to.27.aspx
7. Mü nzel T, Hahad O, Sørensen M, Lelieveld J, Daniel Duerr G, Nieuwenhuijsen M, et al. Environmental risk factors and cardiovascular diseases: a comprehensive expert review. *Cardiovasc Res* [Internet]. 2021 Oct 5 [cited 2022 Aug 13];00:1-23. Available from: <https://academic.oup.com/cardiovascres/advance-article/doi/10.1093/cvr/cvab316/6381568>
8. Coleman CJ, Yeager RA, Riggs DW, Coleman NC, Garcia GR, Bhatnagar A, et al. Greenness, air pollution, and mortality risk: A U.S. cohort study of cancer patients and survivors. *Environ Int*. 2021 Dec 1;157:106797.
9. Lopez JB, Badrick T. Proposals for the mitigation of the environmental impact of clinical laboratories. *Clin Chem Lab Med* [Internet]. 2012 Sep 1 [cited 2022 Aug 13];50(9):1559-64. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/cclm-2011-0932/html>
10. Lopez JB, Jackson D, Gammie A, Badrick T. Reducing the Environmental Impact of Clinical Laboratories. *Clin Biochem Rev* [Internet]. 2017 [cited 2022 Aug 13];38(1):3. Available from: [/pmc/articles/PMC5548370/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/315548370/)
11. The Guardian view on plastics: a treaty could stem the tide | Editorial | The Guardian [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2022/mar/08/the-guardian-view-on-plastics-a-treaty-could-stem-the-tide>

12. Ross J, Penesis J, Badrick T. Improving laboratory economic and environmental performance by the implementation of an environmental management system. *Accreditation and Quality Assurance* [Internet]. 2019 Oct 1 [cited 2022 Aug 13];5(24):319-27. Available from: https://www.infona.pl//resource/bwmeta1.element.springer-doi-10_1007-S00769-019-01388-6
13. Mahase E. New legislation places duty on NHS to tackle climate change. *BMJ* [Internet]. 2022 Jul 7 [cited 2022 Aug 13];378:o1681. Available from: <https://www.bmj.com/content/378/bmj.o1681>
14. EMAS - Environment - European Commission [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: https://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm
15. Health Care Without Harm [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://noharm-uscanada.org/>
16. Marimuthu M, Paulose H. Emergence of Sustainability Based Approaches in Healthcare: Expanding Research and Practice. *Procedia Soc Behav Sci*. 2016;224:554-61.
17. Health Organization Regional Office for Europe W. Environmentally sustainable health systems: a strategic document [Internet]. 2017. Available from: <http://www.euro.who.int/pubrequest>
18. European Commission. European Green Deal [Internet]. 2019 [cited 2022 Aug 27]. Available from: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:208111e4-414e-4da5-94c1-852f1c74f351.0004.02/DOC_1&format=PDF
19. Hyman M, Turner B, Carpintero A. Guidelines for National Waste Management Strategies: Moving from Challenges to Opportunities. The Inter-Organisation Programme for the Sound Management of Chemicals (IOMC). 2013;112.
20. European Commission. Preparing a Waste Prevention Programme Guidance document. 2012;
21. World Health Organization. Healthcare waste [Internet]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>; [cited 2022 Aug 27]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>
22. Padmanabhan KK, Barik D. Health Hazards of Medical Waste and its Disposal. Energy from Toxic Organic Waste for Heat and Power Generation. 2019 Aug;99-118.
23. Klangsin P, Harding AK. Medical Waste Treatment and Disposal Methods Used by Hospitals in Oregon. *J Air Waste Manage Assoc* [Internet]. 1998;48(6):516-26. Available from: https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=ua_wm20

24. Amec Foster Wheeler. Study supporting the Fitness Check on the most relevant chemicals legislation (“Fitness Check +”) - Publications Office of the EU [Internet]. 2017. Available from: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/07ad8b92-dbca-11e7-a506-01aa75ed71a1/language-en>
25. Publications Office of the EU. Study for the strategy for a non-toxic environment of the 7th Environment Action Programme [Internet]. 2017 [cited 2022 Aug 27]. Available from: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/89fbbb74-969c-11e7-b92d-01aa75ed71a1>
26. tks | publisher, event organiser, media agency | The EU chemical strategy for sustainability towards a toxic-free environment - tks | publisher, event organiser, media agency [Internet]. Available from: https://www.teknoscienze.com/tks_article/the-eu-chemical-strategy-for-sustainability-towards-a-toxic-free-environment/
27. Amec Foster Wheeler. Study on the cumulative health and environmental benefits of chemical legislation - [Internet]. Publications Office of the EU. 2017. Available from: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b43d720c-9db0-11e7-b92d-01aa75ed71a1/language-en>
28. Giovanni C, Marques FLN, Günther WMR. Laboratory chemical waste: hazard classification by GHS and transport risk. *Rev Saude Publica* [Internet]. 2021;55:102. Available from: [/pmc/articles/PMC8621485/](https://pmc/articles/PMC8621485/)
29. ENVIRONMENTAL HAZARDOUS MATERIALS MANAGEMENT. Environmental, Health, and Safety (EHS) Guidelines GENERAL EHS GUIDELINES: [Internet]. 2007; Available from: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>;
30. Bauchner H, Fontanarosa PB. Waste in the US Health Care System. *JAMA* [Internet]. 2019;322(15):1463-4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31589277/>
31. Kaplan S, Sadler B, Little K, Franz C, Orris P. Can sustainable hospitals help bend the health care cost curve? Issue Brief (Commonw Fund) [Internet]. 2012;29:1-14. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23214181>
32. EU Commission. The European Parliament the Council and the European Economic and Social Committee. Commission General Report on the operation of REACH and review of certain elements - Conclusions and Actions. . 2018;
33. Molero A, Calabrò M, Vignes M, Gouget B, Gruson D. Sustainability in Healthcare: Perspectives and Reflections Regarding Laboratory Medicine. *Ann Lab Med* [Internet]. 2021 Mar 3 [cited 2022 Aug 27];41(2):139. Available from: [/pmc/articles/PMC7591295/](https://pmc/articles/PMC7591295/)
34. Lopez JB, Badrick T. Proposals for the mitigation of the environmental impact of clinical laboratories. *Clin Chem Lab Med* [Internet]. 2012 Sep 1 [cited 2022 Aug 27];50(9):1559-64. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22962217/>

35. Anastas PT, Warner JC. Green chemistry : theory and practice | WorldCat.org [Internet]. 1998 [cited 2022 Aug 27]. Available from: <https://www.worldcat.org/title/green-chemistry-theory-and-practice/oclc/39523207>
36. United Nations. GHS Rev.9 | UNECE [Internet]. 2020 [cited 2022 Aug 27]. Available from: <https://unece.org/transport/documents/2021/09/standards/ghs-rev9>
37. European Parliament. DIRECTIVE 2008/98/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance). 2008;
38. Lewis B, Olivier Chamel, Mahsan Mohsenin, Enn Ots, Edward T. White. Sustainaspeak : a guide to sustainable design terms. 2018;
39. Commission to the Council. Communication from the Commission to the Council - The combination effects of chemicals. Chemical mixtures. 2012 [cited 2022 Aug 27];2012. Available from: <http://ec.europa.eu/environment/chemicals/effects.htm>
40. EP and EC. Regulation (EC) No 1272/2008 - classification, labelling and packaging of substances and mixtures (CLP) | Safety and health at work EU-OSHA [Internet]. 2008 [cited 2022 Aug 27]. Available from: <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/regulation-ec-no-1272-2008-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures>
41. Fortunati GU, Belli G, Schmitt-Tegge J. The European Waste Catalogue. Technologies for Environmental Cleanup: Toxic and Hazardous Waste Management [Internet]. 1994 [cited 2022 Aug 27];191-215. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-3213-0_10
42. EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL. DIRECTIVE 2011/65/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 8 June 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (recast) (Text with EEA relevance). 2011;
43. European Commission. Brussels Requirements for facilities and acceptance criteria for the disposal of metallic mercury. 2010;
44. European Commission. Indicators for Sustainable Cities Environment Science for Environment Policy. 2015 [cited 2022 Aug 27]; Available from: www.urbanchinainitiative.typepad.com/files/usi.pdf
45. Verna R, Velazquez AB, Laposata M. Reducing Diagnostic Errors Worldwide Through Diagnostic Management Teams. Ann Lab Med [Internet]. 2019 [cited 2022 Aug 27];39(2):121-4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30430773/>

46. World Health Organization. First WHO Model List of Essential In Vitro Diagnostics (WHO Technical Report Series, No. 1017). 2018;1-66.
47. McAlister S, Barratt AL, Bell KJL, McGain F. The carbon footprint of pathology testing. *Medical Journal of Australia* [Internet]. 2020 May 1 [cited 2022 Aug 13];212(8):377-82. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.5694/mja2.50583>
48. Nicolet J, Mueller Y, Paruta P, Boucher J, Senn N. What is the carbon footprint of primary care practices? A retrospective life-cycle analysis in Switzerland. *Environ Health* [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2022 Aug 13];21(1):1-10. Available from: <https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-021-00814-y>
49. Molero A, Calabrò M, Vignes M, Gouget B, Gruson D. Sustainability in Healthcare: Perspectives and Reflections Regarding Laboratory Medicine. *Ann Lab Med* [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2022 Aug 13];41(2):139-44. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33063675/>
50. Ni K, Hu Y, Ye X, AlZubi HS, Goddard P, Alkahtani M. Carbon Footprint Modeling of a Clinical Lab. *Energies* 2018, Vol 11, Page 3105 [Internet]. 2018 Nov 9 [cited 2022 Aug 13];11(11):3105. Available from: <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/11/3105/htm>
51. LEED rating system | U.S. Green Building Council [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.usgbc.org/leed>
52. Green Labs | Sustainability at Harvard [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://green.harvard.edu/programs/green-labs>
53. Trinity Green Labs Guide. Trinity College Dublin Sustainability Guide for Researchers.
54. 10,000 Actions (The University of Manchester) [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.socialresponsibility.manchester.ac.uk/signature-programmes/10000-actions/>
55. My Green Lab [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.mygreenlab.org/>
56. UV Lights in Biosafety Cabinets | Office of Environmental Health and Safety [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://ehs.princeton.edu/laboratory-research/biological-safety/biological-safety-cabinets/uv-lights-biosafety-cabinets>
57. Creating sustainable clinical laboratories of the future [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.santosh.ac.in/blog/creating-sustainable-clinical-laboratories-of-the-future>
58. My Green Lab [Internet]. [cited 2022 Aug 16]. Available from: <https://www.mygreenlab.org/>

59. Do Emails Leave a Carbon Footprint? [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.greenmatters.com/p/do-emails-leave-carbon-footprint>
60. Email's Carbon Footprint - IT Services - Trinity College Dublin [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.tcd.ie/itservices/news/emails-carbon-footprint/>
61. Green Labs Guide.
62. UV Degradation Effects in Materials - An Elementary Overview » UV Solutions [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://uvsolutionsmag.com/articles/2019/uv-degradation-effects-in-materials-an-elementary-overview/>
63. Biosafety Cabinet UV Light Pitfalls | Baker [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://bakerco.com/communication/latest/biosafety-cabinet-uv-light-pitfalls/>
64. Business Waste Management - Commercial Waste Collection [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.businesswaste.co.uk/>
65. Snouffer E. Six places where drones are delivering medicines. *Nat Med*. 2022 May 1;28(5):874-5.
66. Health-care waste [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>
67. Safe management of wastes from health-care activities / edited by A. Prüss, E. Giroult, P. Rushbrook [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42175>
68. Endris S, Tamir Z, Sisay A. Medical laboratory waste generation rate, management practices and associated factors in Addis Ababa, Ethiopia. *PLoS One* [Internet]. 2022 Apr 1 [cited 2022 Aug 13];17(4):e0266888. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0266888>
69. Plastic waste and recycling in the EU: facts and figures | News | European Parliament [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20181212ST_021610/plastic-waste-and-recycling-in-the-eu-facts-and-figures
70. Plastic pollution facts and information [Internet]. [cited 2022 Aug 16]. Available from: <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/plastic-pollution>
71. Microplastics from European rivers spreading to Arctic seas, research shows | *Plastics* | The Guardian [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: https://www.theguardian.com/environment/2022/mar/16/microplastics-from-european-rivers-spreading-to-arctic-seas-research-shows?CMP=Share_AndroidApp_Other&fbclid=IwAR0Q8CPTYe2Xeh9G7Z1CL7OLvAbvSOs_D9kCgv9J9GR2eHJefHVb036RSY

72. Can laboratories curb their addiction to plastic? | Plastics | The Guardian [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.theguardian.com/environment/2019/nov/10/research-labs-plastic-waste>
73. 10 ways to reduce your throwaway plastics | Sustainable UCL - UCL - University College London [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.ucl.ac.uk/sustainable/10-ways-reduce-your-throwaway-plastics>
74. Reducing single-use laboratory plastics Background and description. [cited 2022 Aug 15]; Available from: <https://thebiologist.rsb.org.uk/biologist/158-biologist/features/2072->
75. How to... reduce your lab's plastic waste [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://thebiologist.rsb.org.uk/biologist-features/how-to-reduce-your-lab-s-plastic-waste>
76. Clinical Labs: Making the Switch to Green | AACC.org [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.aacc.org/cln/articles/2019/march/clinical-labs-making-the-switch-to-green>
77. About | Plastics Recyclers Europe [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.plasticsrecyclers.eu/about>
78. Polycarbin [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://polycarbin.com/>
79. 17 Shocking E-Waste Statistics In 2022 - The Roundup [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: https://theroundup.org/global-e-waste-statistics/?gclid=CjwKCAjw75WBhAnEiwAx8ZLapmMQQIVUbYqFyh3YMjoEZi8XqcAKwTqlOyGEPpN6HMI8G8BXxVYdxoCcXIQA_vD_BwE
80. Ten ways to reduce E-waste in product development - Cambridge Design Partnership [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.cambridge-design.com/blog/ten-ways-to-reduce-e-waste-in-product-development/>
81. Regulated Waste Management | Environmental Health and Safety [Internet]. [cited 2022 Aug 16]. Available from: <https://ehs.uconn.edu/regulated-waste-management/>
82. Biological Waste Disposal Policy - Environment, Health and Safety [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://ehs.unc.edu/biological/policy/>
83. The Global Risks Report 2022 17th Edition. 2022;
84. Refworld | Transforming our world : the 2030 Agenda for Sustainable Development [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.refworld.org/docid/57b6e3e44.html>
85. Sustainable Laboratory Design | WBDG - Whole Building Design Guide [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.wbdg.org/resources/sustainable-laboratory-design>

86. Tanner S. Water Efficiency Guide for Laboratories; Laboratories for the 21st Century: Best Practices (Brochure). [cited 2022 Aug 15]; Available from: www.gc3.com/srvccntr/cycles.htm.
87. Tate S. NEW MEXICO OFFICE OF THE A WATER CONSERVATION •GUIDE FOR• 1-8 0 0-WAT E R-N M. 2001;
88. Environment and sustainability Health Technical Memorandum 07-04: Water management and water efficiency-best practice advice for the healthcare sector. 2013 [cited 2022 Aug 15]; Available from: <http://www.nationalarchives.gov.uk/doc/open-government-licence/>
89. Tanner S. Water Efficiency Guide for Laboratories; Laboratories for the 21st Century: Best Practices (Brochure). [cited 2022 Aug 15]; Available from: www.gc3.com/srvccntr/cycles.htm.
90. Sustainability at NC State University [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://sustainability.ncsu.edu/>
91. 5 Tips for Reducing Water Usage in Your Lab - Total Water [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.total-water.com/blog/5-tips-reducing-water-usage-lab/>
92. Reducing water use at healthcare facilities [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.health.vic.gov.au/planning-infrastructure/reducing-water-use-at-healthcare-facilities>
93. S-Lab Environmental Good Practice Guide for Laboratories-A Reference Document for the S-Lab Laboratory Environmental Assessment Framework ©S-Lab Developed by the S-Lab (Safe, Successful and Sustainable Laboratories) initiative of HEEPI (Higher Education for Environmental Performance Improvement) See www.goodcampus.org
Inspired by the pioneering work of the LabRATS (Laboratory Research and Technical Staff) programme at the Lab-CURE: Chemicals, Utilities, Resources and Environment in Laboratories. 2011 [cited 2022 Aug 15]; Available from: www.goodcampus.org.
94. UC Irvine Sustainability - UCI Sustainability Resource Center [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://sustainability.uci.edu/>
95. Water Conservation - Green Labs - UCI Sustainability Resource Center [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://sustainability.uci.edu/water-conservation-green-labs/>
96. Green Labs | Penn Sustainability [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://sustainability.upenn.edu/resources/guides-manuals/green-labs>
97. Pure Water Facilitates Fast and Accurate Results from Clinical Analyzers | Today's Clinical Lab [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.clinicallab.com/pure-water-facilitates-fast-and-accurate-results-from-clinical-analyzers-26440>

98. Klangsin P, Harding AK. Medical waste treatment and disposal methods used by hospitals in Oregon, Washington, and Idaho. *J Air Waste Manage Assoc.* 1998 Jun 1;48(6):516-26.
99. Fennelly O, Cunningham C, Grogan L, Cronin H, O'Shea C, Roche M, et al. Successfully implementing a national electronic health record: a rapid umbrella review. *Int J Med Inform.* 2020 Dec 1;144:104281.
100. Resolving the Ammonia Paradox | AACC.org [Internet]. [cited 2022 Aug 21]. Available from: <https://www.aacc.org/cln/articles/2022/julyaugust/resolving-the-ammonia-paradox>
101. Verna R, Velazquez AB, Laposata M. Reducing Diagnostic Errors Worldwide Through Diagnostic Management Teams. *Ann Lab Med* [Internet]. 2019 [cited 2022 Aug 13];39(2):121. Available from: </pmc/articles/PMC6240519/>
102. World Health Organization. First WHO Model List of Essential In Vitro Diagnostics (WHO Technical Report Series, No. 1017). 2018;1-66.
103. Salinas M, López-Garrigós M, Uris J, Leiva-Salinas C, Pérez-Martínez A, Miralles A, et al. A study of the differences in the request of glycated hemoglobin in primary care in Spain: A global, significant, and potentially dangerous under-request. *Clin Biochem.* 2014 Aug 1;47(12):1104-7.
104. Indicators for Sustainable Cities Environment Science for Environment Policy. 2015 [cited 2022 Aug 13]; Available from: www.urbanchinainitiative.typepad.com/files/usi.pdf
105. Green Public Procurement - Environment - European Commission [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: https://ec.europa.eu/environment/gpp/index_en.htm