



HAL
open science

Réduire l’empreinte carbone et environnemental d’un service dentaire hospitalier

Sofia Bouainane

► **To cite this version:**

Sofia Bouainane. Réduire l’empreinte carbone et environnemental d’un service dentaire hospitalier. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-03046013

HAL Id: dumas-03046013

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03046013>

Submitted on 8 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**REDUIRE L'IMPACT CARBONE ET
ENVIRONNEMENTAL D'UN SERVICE
DENTAIRE HOSPITALIER**

Année 2019-2020

Thèse n°42-57-20-16

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant
la Faculté de Chirurgie Dentaire de Nice
Le 26-06-2020 Par

Madame Sofia BOUAINANE

Née le 23 juin 1996 à Montpellier
Pour obtenir le grade de :

**DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE
(Diplôme d'État)**

Examineurs :

Monsieur le Professeur
Monsieur le Docteur
Madame le Docteur
Madame le Docteur

BOLLA Marc
CEINOS Romain
VOHA Christine
BORSA Leslie

Président du jury
Directeur de thèse
Assesseur
Assesseur

CORPS ENSEIGNANT

56^{ème} section : DEVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PREVENTION

Sous-section 01 : ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE ET ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Professeur des Universités : Mme MANIERE-EZVAN Armelle

Professeur des Universités : Mme MULLER-BOLLA Michèle

Maître de Conférences des Universités : Mme JOSEPH Clara

Maître de Conférences des Universités Associé : Mme OUEISS Arlette

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme AIEM TORT-ALVAREZ Elody

Assistant Hospitalier Universitaire : Mr CAMIA Julien

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme MASUCCI Caterina

Sous-section 02 : PREVENTION, EPIDEMOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE, ODONTOLOGIE LEGALE

Professeur des Universités : Mme LUPI Laurence

Maître de Conférences des Universités Associé : Mme BORSA Leslie

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme FRENDO Marie

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme MERIGO Elisabetta

57^{ème} section : CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

Sous-section 01 : CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

Professeur des Universités : Mme PRECHEUR-SABLAYROLLES Isabelle

Maître de Conférences des Universités : Mr BENHAMOU Yordan

Maître de Conférences des Universités : Mr COCHAIS Patrice

Maître de Conférences des Universités : Mme DRIDI Sophie Myriam

Maître de Conférences des Universités : Mme RAYBAUD Hélène

Maître de Conférences des Universités : Mme VINCENT-BUGNAS Séverine

Maître de Conférences des Universités : Mme VOHA Christine

Assistant Hospitalier Universitaire : Mr BORIE Gwenaél

Assistant Hospitalier Universitaire : Mr CHARBIT Mathieu

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme FISTES Elene-Maria

58^{ème} section : REHABILITATION ORALE

**Sous-section 01 : DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES,
FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATERIAUX**

Professeur des Universités : Mme BERTRAND Marie-France

Professeur des Universités : Mr BOLLA Marc

Professeur des Universités : Mme BRULAT-BOUCHARD Nathalie

Professeur des Universités : Mme LASSAUZAY Claire

Professeur des Universités : Mr MAHLER Patrick

Professeur des Universités : Mr MEDIONI Etienne

Professeur des Universités Emérite : Mr ROCCA Jean-Paul

Maître de Conférences des Universités : Mr ALLARD Yves

Maître de Conférences des Universités : Mr CEINOS Romain

Maître de Conférences des Universités : Mme EHRMANN Elodie

Maître de Conférences des Universités : Mr LAPLANCHE Olivier

Maître de Conférences des Universités : Mr LEFORESTIER Eric

Maître de Conférences des Universités : Mme POUYSSEGUR-ROUGIER Valérie

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme ABID Sarah

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme AZAN Cindy

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme BECQUART Mathilde

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme DEMARTY Laure

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme GROSSI Vanina

Assistant Hospitalier Universitaire : Mr LAMBERT Gary

Assistant Hospitalier Universitaire : Mr LONJON Jean-Baptiste

Assistant Hospitalier Universitaire : Mr PARNOT Maximilien

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Marc BOLLA

Docteur en Chirurgie Dentaire

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section Réhabilitation Orale - Discipline Biomatériaux

C'est un honneur et une grande joie pour moi que vous présidiez mon jury de thèse et partagiez ce moment avec moi. Je suis ravie d'avoir pu être votre aide-opérateur clinique, option qui s'est malheureusement écourtée plus tôt que prévue.

J'éprouve une grande admiration pour votre savoir-faire et expérience et vous suis reconnaissante pour votre enseignement tout au long de mes études.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de ma gratitude et de mon profond respect.

A Monsieur le Docteur Romain CEINOS

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maitre de Conférences des Universités – Praticien hospitalier

Section Réhabilitation orale – Discipline Dentisterie Restauratrice, Endodontie

A vous qui me faites la gentillesse et le privilège de diriger cette thèse.

Je vous suis très reconnaissante pour votre soutien dans la réalisation de ce travail, cher à mon cœur. J'éprouve une grande admiration à votre égard et vous remercie infiniment pour votre accompagnement clinique, votre pédagogie et votre transmission de savoir-faire.

Veillez trouver dans ce travail, l'expression de toute ma gratitude, mon profond respect ainsi que ma grande reconnaissance pour tout ce que vous m'avez apporté.

A Madame le Docteur Christine VOHA

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maitre de Conférence des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section 5701 Discipline Biologie Orale

Je vous remercie d'avoir accepté de siéger dans mon jury de thèse.

Je vous suis reconnaissante pour votre pédagogie clinique et votre accompagnement. Je vous remercie pour votre savoir que vous m'avez inculqué au cours de ces 6 années.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de tout mon respect et de ma gratitude.

A Madame le Docteur Leslie BORSA

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maitre de Conférences des Universités Associé – Praticien Hospitalier

Sous-section 5602 - Discipline Economie de la santé

Je vous remercie d'avoir accepté de siéger dans mon jury de thèse.

Je vous suis très reconnaissante pour le travail réalisé ensemble, votre bonne humeur, votre accompagnement, et votre motivation. Merci de m'avoir donné la chance de travailler sur l'ajout d'un petit peu d'écologie au sein de notre service hospitalier.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de tout mon respect, de ma gratitude et de mon amitié.

Table des matières

INTRODUCTION	1
I. DEREGLEMENT CLIMATIQUE	2
A. Gaz à effet de serre.....	2
1. Définition de l'effet de serre	2
2. Qu'est-ce qu'un GES ?	3
B. Conséquences de l'augmentation des GES.....	4
1. Sur la santé publique	4
a) Déforestation et agents pathogènes.....	5
b) Pollution atmosphérique.....	5
c) Santé mentale	6
2. En géopolitique.....	6
a) Manque d'eau potable	6
b) Insécurité alimentaire	6
c) Conséquences économiques.....	7
d) Risque de conflits	7
3. Impact de l'activité humaine sur les écosystèmes	7
C. Les scénarios du Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC)	8
D. Perspectives actuelles.....	9
E. Neutralité carbone.....	9
1. Définition de l'empreinte carbone	9
2. Stratégie Nationale Bas Carbone.....	10
II. IMPACT CARBONE ET ENVIRONNEMENTAL DES SERVICES DE SANTE	11
A. Empreinte carbone des services de santé	11
B. Empreinte carbone de la dentisterie	12
C. Consommation énergétique des centres hospitaliers.....	13
1. Consommation nationale	13
2. Note énergétique des établissements.....	13
D. Impact environnemental des produits utilisés dans un service dentaire	13
1. Le plastique.....	13
a) Impact du plastique sur l'environnement et sur la santé.....	14
b) Composition du plastique.....	15
c) Alternatives au plastique conventionnel.....	16
2. Les métaux.....	18
a) Le mercure.....	18
b) L'argent dans les radiographies argentiques.....	18
c) Le plomb	19

d)	Nanoparticules d'argent dans les matériaux dentaires	19
3.	Le Bisphénol.....	20
a)	Perturbateur endocrinien.....	20
b)	Le bisphénol A	20
c)	Impact sur la santé et l'environnement	20
d)	Le bisphénol en dentisterie	21
4.	Les produits de nettoyage	23
5.	Les gaz médicaux	23
a)	MEOPA.....	23
b)	Anesthésie générale	23
E.	Un intérêt croissant pour une dentisterie éco-responsable.....	24
a)	La « Green Dentistry »	24
b)	Un nombre croissant de collectifs.....	25
III.	CONCEVOIR UN SERVICE DENTAIRE HOSPITALIER NEUTRE EN CARBONE ET A FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTAL.....	26
A.	Concevoir un bâtiment écologique.....	26
1.	La construction d'un bâtiment	26
2.	La conception bioclimatique	27
3.	Des matériaux sains.....	28
4.	Utiliser de l'énergie décarbonée	30
5.	Optimiser et réduire les consommations des services hospitaliers	33
a)	Evaluer sa consommation énergétique.....	33
b)	Une politique d'économie d'énergie.....	34
c)	Optimiser la consommation d'énergie	34
d)	Améliorer la performance énergétique des bâtiments.....	38
B.	Réduire l'empreinte carbone des services dentaires	40
1.	Réduire les émissions liées à la mobilité :	40
a)	Emissions de GES.....	40
b)	Solutions.....	41
2.	Réduire les émissions liées aux achats	42
a)	Achats durables	42
b)	Achats éthiques	43
c)	Gestion du stock.....	43
d)	La règle des 3 « R ».....	43
3.	Réduire la consommation d'énergie	45
a)	Chauffage et Climatisation	45
b)	Equipements de stérilisation.....	45

c)	Consommation au bureau	46
4.	Diminuer la consommation en eau	47
a)	Autoclaves	47
b)	Blanchisserie.....	47
c)	Système d'aspiration	47
5.	Diminuer la quantité de déchets	48
a)	LES DASRI.....	48
b)	Les plastiques	52
c)	Les déchets médicamenteux.....	59
6.	Réduire les émissions des gaz anesthésiques.....	60
C.	Utiliser des matériaux sains.....	61
1.	Réduire l'utilisation de métaux toxiques.....	61
a)	Amalgame.....	61
b)	Filière de traitement des déchets argentiques	61
c)	Améliorer la production d'AGNPs	62
2.	Le Bisphénol A	62
a)	Diminuer la toxicité des résines	62
b)	Des matériaux sans BPA	63
3.	Utiliser des produits de nettoyage sains	64
a)	WIDES Database	64
b)	SAICM 2.0	65
c)	Perturbateurs endocriniens.....	65
d)	Probiotiques	65
4.	Concevoir un espace de vie sain.....	66
a)	Qualité de l'air	66
b)	L'environnement sonore	66
IV.	PERSPECTIVES D'AVENIR	67
A.	Introduire les conséquences du changement climatique dans les études de santé	67
B.	Impact humain.....	67
C.	Améliorer la prévention.....	67
D.	Vers une ère du « tout numérique » ?.....	67
1.	Evolution de la dentisterie.....	67
2.	Impact carbone du numérique	68
3.	Une dentisterie numérique	69
V.	CONCLUSION	70

Figure 1 : Effet de Serre	2
Figure 2: Les changements climatiques, au centre des interactions avec de nombreux enjeux cruciaux	4
Figure 3 : Impact du changement climatique sur la santé	4
Figure 4 : Scénarios RCP	8
Figure 5: Empreinte carbone moyenne d'un français – source : Carbone 4- faire sa part ?	10
Figure 6 : Empreinte carbone des services de santé par scopes	11
Figure 7 : Empreinte carbone des services dentaires de la NHS -2014/2015	12
Figure 8 : Apparition du dépôt et de la stratification de matières plastiques dans un canyon espagnol	14
Figure 9 : représentation schématique d'une résine composite.....	21
Figure 10 : Principes de bases d'une conception bioclimatique	27
Figure 11 : Emissions de COV	28
Figure 12: Contenu en CO2 du kWh à la production électrique.....	30
Figure 13: Evolution annuelle de l'énergie produite en France.....	30
Figure 14 : Exemple de système de chauffe-eau solaire	31
Figure 15 : Scope 1 -2 -3 et GES.....	33
Figure 16 : Système de Trigénération	35
Figure 17 : Schéma de principe d'une VMC double flux	35
Figure 18 : Technologie Sustain-Air « Centrale éco-responsable »	36
Figure 19 : Principe du puit de lumière	36
Figure 20 : Services écosystémiques généralement associés aux toitures végétalisées	39
Figure 21 : Empreinte carbone des cabinets dentaires en Angleterre	40
Figure 22 : Schéma et photographie d'un autoclave solaire étudié	46
Figure 23 : Circuit quotidien des déchets	49
Figure 24 : Nouvelle gestion des DASRI.....	50
Figure 25 : Nouvelle classification des déchets.....	51
Figure 26 : Pochettes de stérilisation à usage unique.....	53
Figure 27 : Photo de nos conteneurs de récupération des plastiques (bas) et papiers (haut) lors de l'essai.....	54
Figure 28 : Pochettes de stérilisation réutilisables	55
Figure 29 : Conteneurs de stérilisation	55
Figure 30 : Papier crépon	55
Figure 31 : Plateaux jetables en plastique.....	56
Figure 32 : Plateau métallique.....	56
Figure 33 : Plateau métallique avec une feuille de papier jetable	56
Figure 34 : Kit d'instruments réutilisables.....	57
Figure 35 : Kit d'instruments jetables.....	57
Figure 36 : Seringue air/eau en acier	57
Figure 37 : Pompe à salive en acier	57
Figure 38 : Canule d'irrigation stérilisable.....	58
Figure 39 : Exemples de gobelets réutilisables personnalisables	58
Figure 40 : Portes empreintes en acier	58
Figure 41 : Liste des résines composites ne contenant pas de bis-GMA, de dérivés de BPA (avec l'UDMA), ou sans aucunes dérives de BPA ou d'alternatives.....	63
Figure 42 : Courbe d'évolution du volume des données	68

INTRODUCTION

Au fil des millénaires, notre Terre a connu des changements climatiques parfois importants comme des périodes glacières. Aujourd'hui encore, elle doit faire face à un changement climatique global et à ses conséquences. Les scientifiques affirment que, cette fois-ci, les causes proviennent des activités humaines.

La combustion du pétrole, du gaz et du charbon (pour la production d'électricité, de chaleur ou d'usages industriels) est régulièrement pointée du doigt comme étant la cause du réchauffement climatique actuel. Cette combustion produit du CO₂ qui s'échappe vers l'atmosphère et accroît l'effet de serre, entraînant des augmentations de température.

La lutte contre le dérèglement climatique est ainsi devenue l'un des plus grands défis du 21^{ème} siècle, tant elle appelle des transformations profondes des sociétés, des territoires, des modèles énergétiques et de l'économie mondiale.

Les systèmes de santé sont les premiers intervenants face aux conséquences du changement climatique sur la santé. L'impact de l'activité même de soins, sur la santé des patients, des soignants, des prestataires, des riverains, n'est pas neutre. La priorité donnée à la **logique curative sur celle préventive** ne permet pas d'envisager un système durable. Les dentistes, de même que leurs homologues médicaux, peuvent toutefois tenir compte de la relation entre l'environnement et la santé. On observe une prise de conscience croissante des problèmes associés au réchauffement climatique. Ainsi, bon nombre de chirurgiens-dentistes, jeunes et moins jeunes, cherchent à réduire l'impact environnemental de leur pratique, mais ne savent comment y parvenir.

Cette thèse apporte des pistes sur les différents moyens de **réduire l'impact carbone et environnemental d'un service dentaire hospitalier**.

Il s'agira, tout d'abord, d'expliquer les causes et les conséquences du dérèglement climatique. Puis nous évoquerons l'empreinte carbone et la consommation énergétique des services de santé, hospitaliers et dentaires.

Enfin, nous proposerons des pistes quant à la conception d'un service hospitalier dentaire peu émetteur en gaz à effet de serre, associée à une pratique dentaire éco-responsable.

I. DEREGLEMENT CLIMATIQUE

Depuis l'ère industrielle, les émissions de gaz à effet de serre (GES) induites par les activités humaines ont augmenté de manière **exponentielle** et inédite.(1)

Ces concentrations élevées en GES dans l'atmosphère engendrent un dérèglement climatique à l'échelle de la planète.(2)

A. Gaz à effet de serre

1. Définition de l'effet de serre

L'effet de serre est un **phénomène naturel**, baptisé ainsi par analogie avec la serre du jardinier. Il provoque une élévation de la température à la surface de notre planète. Les activités humaines sont à l'origine d'émissions de GES dites « **anthropiques** » qui affectent la composition chimique de l'atmosphère et entraînent l'apparition d'un **effet de serre additionnel**, responsable en grande partie du changement climatique actuel.(2)

L'atmosphère, l'enveloppe gazeuse qui entoure notre planète, permet de filtrer les rayons du soleil. Un tiers du rayonnement solaire est directement réfléchi, les deux tiers restants sont absorbés par l'atmosphère, les sols et les océans qui émettent en retour un rayonnement infrarouge. Une partie de ce rayonnement est alors absorbée par l'atmosphère, qui se réchauffe. (1,3)



Figure 1 : Effet de Serre (4)

2. Qu'est-ce qu'un GES ?

Il existe un grand nombre de gaz à effet de serre **naturellement présents** dans l'atmosphère. (Dioxyde de carbone, vapeur d'eau, méthane). Leur impact sur le climat dépend de leur capacité à absorber et émettre du rayonnement infrarouge, de leur concentration dans l'atmosphère et de leur durée de vie. Ces gaz permettent de maintenir naturellement l'atmosphère à une température moyenne d'environ **15°C**. (1,2)

Parmi les GES actuellement présents dans l'atmosphère, on retrouve :

- **La vapeur d'eau**, responsable de la grande majorité de l'effet de serre naturel.

Cependant, les émissions directes de vapeur d'eau des hommes (déforestation, irrigation, centrales électriques...) ne représentent pas une part additionnelle significative. (4)

- **Le dioxyde de carbone** (CO₂), qui augmente du fait de processus naturels comme les éruptions volcaniques et les feux de forêts ou de brousse.

Néanmoins, ce sont les activités humaines avec la **combustion d'hydrocarbures fossiles** (pétrole, gaz naturel et charbon notamment pour l'industrie, le chauffage et les transports), ou encore la fabrication du ciment et les changements d'occupation des sols (déforestation par exemple), qui sont responsables de l'essentiel de l'augmentation de sa concentration depuis 1750. Il représente **environ 65 % de l'effet de serre additionnel dû à l'homme**. (2,4)

- **Le méthane**, gaz à effet de serre plus puissant que le CO₂, moins présent que ce dernier, est souvent lié aux processus de fermentation (marécages, décharges, digestion des ruminants, etc.)

L'agriculture intensive participe à l'augmentation des concentrations de méthane dans l'atmosphère. Elle engendre un peu plus de **15% de l'effet de serre anthropique**.(2,4)

- **Les halocarbures**, incluant les principaux gaz fluorés, à savoir les chlorofluorocarbures (CFC), le tétrafluorométhane (CF₄) et l'hexafluorure de soufre (SF₆)(5), sont **créés** exclusivement par l'**activité humaine** (présents dans les réfrigérateurs, les systèmes de refroidissement etc...). Ils engendrent moins de **10 % de l'effet de serre anthropique**. (4)

- **L'ozone** présent naturellement dans la stratosphère, vers 20 km d'altitude, nous protège du rayonnement solaire ultraviolet qu'il absorbe. Par contre, l'ozone produit dans les basses couches de l'atmosphère (troposphère) à partir de la combustion d'hydrocarbures fossiles et des feux de forêts, est à l'origine d'une augmentation des gaz à effet de serre.(2,4)

- **Le protoxyde d'azote**, émis naturellement par les sols et provenant notamment de l'utilisation d'engrais azotés.

B. Conséquences de l'augmentation des GES

L'augmentation des GES perturbe l'équilibre climatique naturel. Le climat se réajuste par un réchauffement de la surface terrestre. Ce dérèglement climatique a des conséquences multiples, notamment en santé publique ou en géopolitique. (6)

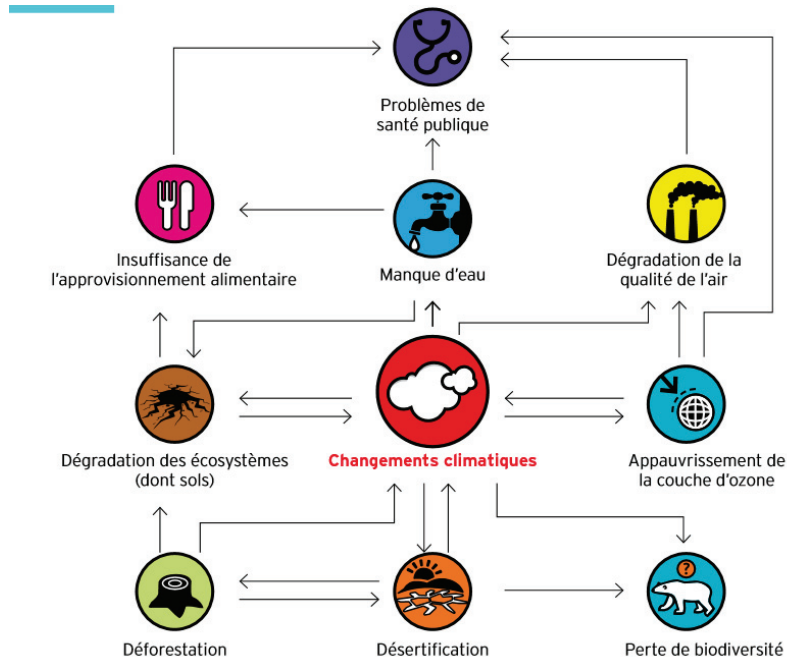


Figure 2 : Les changements climatiques, au centre des interactions avec de nombreux enjeux cruciaux (6)

1. Sur la santé publique

D'après le GIEC, le changement climatique entraîne une importante augmentation de la mortalité due aux événements climatiques extrêmes tels les sécheresses, grands froids ou inondations. De plus ces changements de température et de précipitations perturbent la répartition des maladies d'origine hydrique et des vecteurs de maladies. (7)

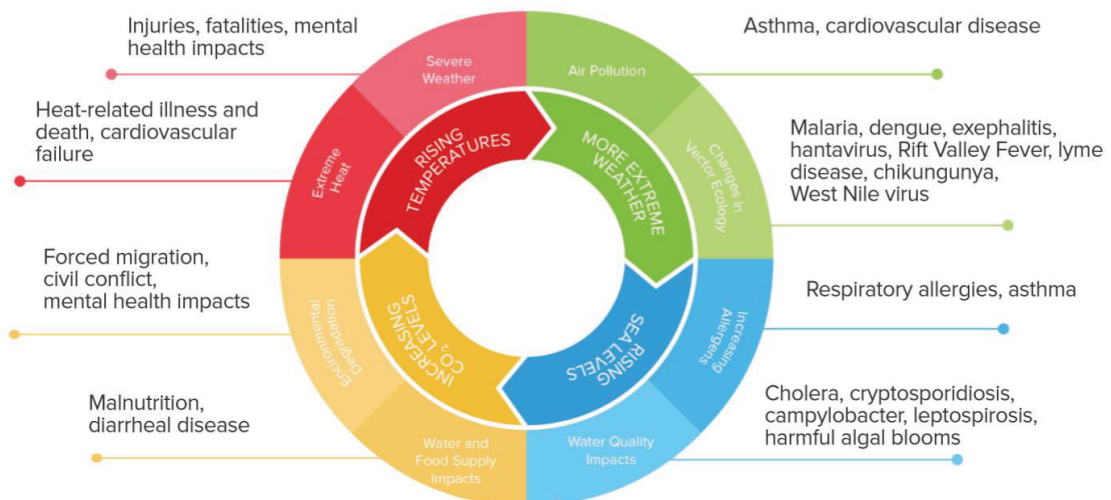


Figure 3 : Impact du changement climatique sur la santé (7)

a) Déforestation et agents pathogènes

Des modifications de l'habitat de certains vecteurs (chauve-souris, moustiques, pangolin ?), induits notamment par la déforestation, le réchauffement climatique ou la bétonisation provoqueraient la propagation de nouvelles transmissions de maladies chez les humains. Par exemple, le virus Ebola aurait été transmis à l'homme en partie à cause de la déforestation en Afrique. (8–10) En Amazonie, ces modifications environnementales sont susceptibles de provoquer des changements dans les profils épidémiologiques de maladies comme le **paludisme** ou la **leishmaniose cutanée**. (11)

b) Pollution atmosphérique

La pollution atmosphérique affecte la santé. Elle causerait jusqu'à **7 millions de décès annuels** prématurés dans le monde. (12) Elle engendre des maladies chroniques et augmente le nombre de traitements et d'hospitalisations, (13,14) concourant ainsi à une augmentation des dépenses et des émissions de GES du secteur sanitaire.

D'après un rapport du Sénat en France, la mauvaise qualité de l'air aurait un coût de **101,3 milliards d'euros** annuel.(15)

Des études chinoises et américaines estiment qu'une exposition à long terme aux particules de pollution atmosphérique, contribue à limiter l'espérance de vie, impactant ainsi la mortalité et morbidité des populations. (16–18)

On distingue généralement deux classes de polluants atmosphériques :

- Les polluants « primaires » : de sources **anthropiques** (usines, gaz d'échappement, cheminées, agriculture, etc.), composés de
 - o **Polluants non solides**, particulièrement néfastes pour la santé, principalement le dioxyde de soufre SO₂, les oxydes d'azote NO_x, le monoxyde de carbone CO et les composés organiques volatils.(19)
 - o **Polluants solides** : les particules, classées **PM10, PM2,5 ou PUF** selon leur taille (c'est-à-dire moins de 2,5 ou 10 micromètres ou particules ultra fines). Plus la particule est petite, plus la matière particulaire peut pénétrer dans les poumons et être nocive.(20)
- Les polluants « secondaires » : formés dans l'**atmosphère** par **réaction chimique**, principalement l'ozone O₃, les oxydes d'azote NO_x ainsi que des particules solides.

Les **véhicules** sont une **des sources** majeures de **particules et de polluants gazeux** qui proviennent à la fois des échappements (combustions de combustibles fossiles) mais aussi des émissions hors échappement (abrasion des freins, des pneus et de la route, resuspension des poussières de la chaussée dû au déplacement des véhicule).(21)

De nouvelles études (22–24) montreraient une **corrélation** entre la **pollution** de l'air et la transmission du **COVID-19**. Les particules en suspension dans l'air ou la poussière peuvent augmenter le risque de transmission des maladies infectieuses.(25) L'inhalation de fines particules chargées pourrait transporter le virus dans les alvéoles pulmonaires. Par ailleurs les niveaux de pollution élevés dans les villes compromettent déjà le système respiratoire des individus ce qui peut accroître la sensibilité à des symptômes plus graves de la maladie. (26,27)

c) Santé mentale

Les conséquences du changement climatique sur la santé mentale commencent à être reconnus. Les catastrophes climatiques ainsi que les migrations de population qu'elles engendrent entraînent des **psycho-traumatismes**, des troubles du sommeil et des troubles anxiodépressifs chez les victimes. (28–30)

D'autre part, selon le rapport " Santé mentale et changement climatique ", les températures élevées entraîneraient des comportements plus **violents**, des effets d'isolement et de dépression.(31)

Enfin, les messages alarmants concernant l'avenir de notre environnement sont à l'origine d'un nouveau phénomène nommé « **éco-anxiété** » ou **solastalgie**, c'est-à-dire le déclenchement de troubles dépressifs et anxieux en lien avec la peur de « la fin du monde ». C'est une forme de souffrance et **détresse psychique** ou existentielle causée par les changements environnementaux actuels et attendus (32–35)

2. En géopolitique

a) Manque d'eau potable

D'après le GIEC, les glaciers, la neige, la glace et le pergélisol sont en déclin et continueront de l'être. Certains glaciers devraient perdre **plus de 80 %** de leur masse actuelle d'ici 2100 selon les scénarios d'émissions élevées. (36)

Le recul des glaciers de montagne modifie la quantité et la qualité de l'eau en aval, avec des répercussions sur de nombreux secteurs comme l'agriculture et l'hydroélectricité. La diminution des réserves d'eau douce et la concurrence d'autres usages – comme la production énergétique et l'agriculture – pourraient **réduire de deux tiers la quantité d'eau disponible** dans les villes d'ici 2050, par rapport aux niveaux de 2015.(37)

Le cycle de l'eau est également impacté par l'augmentation des sécheresses dans de nombreuses régions du globe ce qui entraîne l'**épuisement** des ressources en **eau profonde**. (38)

A l'inverse, les précipitations accrues dans certaines régions du monde mettent à mal les installations de traitement de l'eau et augmentent le risque de dissémination des maladies véhiculées par l'eau comme le choléra. Ces précipitations entraînent également un ruissellement plus important, qui impacte les écosystèmes et génère inondations et glissements de terrains. Les polluants deviennent plus mobiles et peuvent atteindre les aquifères souterrains.(38)

Enfin, le réchauffement de la planète, qui se traduit par une fonte des glaces et une élévation du niveau des mers, augmente la **contamination de l'eau douce** par l'eau de mer. (38)

b) Insécurité alimentaire

L'**agriculture**, intimement liée aux conditions climatiques, est donc exposée à leurs évolutions. Les sécheresses, l'augmentation de l'intensité des cyclones, l'élévation du niveau des mers, la perturbation du cycle des moussons sont des phénomènes diminuant fortement le rendement des cultures, particulièrement dans les pays d'Afrique ou d'Asie du Sud-Est.(39)

L'impact des phénomènes météorologiques extrêmes sur la **biodiversité** contribue à l'insécurité alimentaire. Par exemple, récemment en Afrique (février-mars 2020) une invasion de criquet pèlerins(40) a détruit les cultures de dizaines de millions d'habitants. Selon les experts, les principales raisons de cette invasion seraient une météo exceptionnellement humide ainsi que divers cyclones qui se sont abattus sur l'Afrique de l'Est et la péninsule arabique ces 18 derniers mois.(41)

c) Conséquences économiques

Les changements climatiques pourraient par le biais d'impacts négatifs sur la santé, entraîner une **extrême pauvreté** d'ici 2030 chez plus de 100 millions de personnes. (42)

Tous les pays subiront des impacts importants et croissants du changement climatique sur la santé. Les pays les moins avancés et les pays en voies de développement sont les plus vulnérables aux changements climatiques du fait de la faiblesse de leur système de santé et infrastructures.

d) Risque de conflits

La **raréfaction des ressources vitales** telles que la nourriture et l'eau, corrélée à la montée en puissance des épisodes de sécheresse, accentuent le risque de conflits pour leur maîtrise. La multiplication prévisible d'événements climatiques extrêmes (stress hydrique, inondations, voire submersions de certains territoires) augmentera malheureusement cet autre facteur **d'insécurité** que constituent les **déplacements de population**.(43)

Selon une nouvelle étude de la Banque mondiale, l'aggravation des effets du changement climatique dans trois régions du monde densément peuplées pourrait pousser plus de **140 millions de personnes à migrer** à l'intérieur de leur propre pays d'ici 2050.(44)

3. Impact de l'activité humaine sur les écosystèmes

L'impact des activités humaines est fortement impliqué dans l'altération du sol via **l'aménagement des terres** (activités industrielles, urbaines ou touristiques), et la déforestation. L'artificialisation des territoires est la cause majeure de la destruction et de la fragmentation des écosystèmes.(45)

L'IBPES (plateforme intergouvernementale sur la biodiversité) estime qu'environ **1 million** d'espèces animales et végétales sont aujourd'hui **menacées d'extinction**, notamment au cours des prochaines décennies.

Certains auteurs estiment que les volumes extraits de matières minérales **dépassent** aujourd'hui **l'érosion naturelle**,(46) et que cette consommation dépasse la capacité de reconstitution du stock.(47)

L'estimation des réserves de métaux est incertaine, mais les ressources deviennent de plus en plus difficiles d'accès et **l'exploitation massive** de certains gisements entraîne une baisse rapide de leurs réserves et de leurs rendements. La dégradation de leur accessibilité entraîne en retour des **dépenses énergétiques croissantes** d'exploitation. (48)

En 1972 déjà, le « Club de Rome » publiait le livre « Limits to Growth » (Les limites de la croissance) avec comme constat qu'une **ponction croissante de ressources physiques dans un monde de ressources finies aboutissait nécessairement à une limite**. (47)

Cette dernière est appelée la **capacité de charge d'un écosystème**. Elle peut être décrite comme la capacité de la planète à absorber nos déchets, nos pollutions, et à nous fournir des ressources en suffisance. Au-delà de ce seuil, la détérioration causée aux écosystèmes (altération du sol, perte de la biodiversité, limites des ressources naturelles) empêchera certains groupes de populations et certaines générations à répondre à leurs besoins. (36,45–51)

C. Les scénarios du Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC)

L'augmentation des GES modifie donc l'équilibre climatique naturel. Le climat se réajuste par un réchauffement de la surface terrestre.

Le GIEC (Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), a produit en 2015, quatre scénarios de référence, qualifiés de profils représentatifs d'évolution des concentrations (Representative concentration pathways (RCP)) de GES pour le XXI^e siècle et au-delà. Ces scénarios correspondent à des efforts plus ou moins grands de réduction des émissions de GES au niveau mondial. (52)

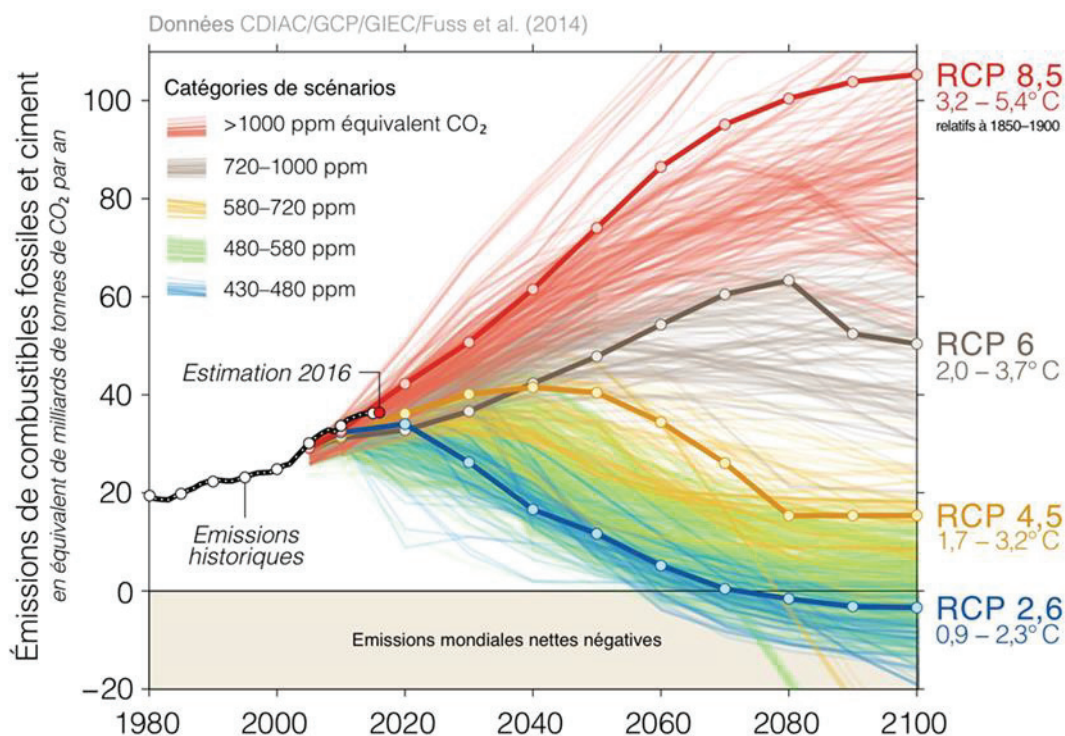


Figure 4 : Scénarios RCP

Les quatre scénarios sont nommés d'après la gamme de forçage radiatif ainsi obtenue pour l'année 2100. *Le forçage radiatif, appliqué au réchauffement climatique, mesure la proportion d'un facteur à perturber l'équilibre énergétique de la Terre. Le scénario RCP2.6 correspond par exemple, à un forçage de +2,6 W/m², le scénario RCP4.5 à +4,5 W/m². Plus cette valeur est élevée, plus le système terre-atmosphère gagne en énergie et se réchauffe.*

- Les scénarios ne prévoyant **aucun effort** destiné à limiter les émissions (scénarios de référence) conduisent à des trajectoires se situant entre le **RCP6,0** et le **RCP8,5**. Ce sont les scénarios « **pessimistes** » mais **probables** car ils correspondent à la prolongation de nos émissions actuelles. (53)
- Le **RCP2,6** représente un scénario visant un réchauffement planétaire qui demeurerait **inférieur à 2 °C** par rapport à la période préindustrielle. C'est le scénario le plus optimiste, qui nous **intéresse**.

Nous avons déjà gagné 1°C de moyenne par rapport à 1850. Nous en observons déjà les conséquences.(54) 2 degrés peuvent sembler insignifiants, mais les conséquences sont lourdes et deviennent de plus en plus graves à chaque demi-degré de plus. (55)

Lors de la COP21 à Paris, afin de limiter ces effets négatifs, la communauté internationale s'est fixée pour objectif commun de limiter le réchauffement global en dessous de 2°C et de poursuivre les efforts pour limiter l'augmentation à **1,5 °C** en 2100 par rapport à la période préindustrielle.(56,57)

D. Perspectives actuelles

En novembre 2019, l'ONU a publié son rapport annuel sur l'écart entre les besoins et les perspectives en matière de réduction des émissions. Il conclue qu'à moins que le monde entier ne commence à réduire rapidement les émissions de gaz à effet de serre (environ 7,6% par an.), **l'objectif de 1,5° de l'Accord de Paris (de la COP21) « échappera à toute possibilité ».** (58) (59)

En effet, les émissions annuelles sont en passe d'atteindre 56 Gt eq CO₂ à l'horizon 2030, soit plus du double du volume qu'elles devraient.

Il paraît donc urgent que pour atteindre cet objectif, **un changement sociétal incluant des transitions terrestres, énergétiques, industrielles, du bâtiment, des transports et des villes devrait être mis en œuvre pour atteindre une neutralité carbone.** (28)



E. Neutralité carbone

Pour respecter l'objectif de la COP 21, la France et d'autres pays se sont dotés de stratégies nationales visant **la neutralité carbone à l'horizon 2050.**(60) En effet, le scénario le plus optimiste du GIEC (RCP 2,6) implique une diminution immédiate des émissions de CO₂ pour atteindre la neutralité carbone à l'échelle de la planète.(61)

Cette neutralité implique un **équilibre** entre les **émissions** de GES anthropiques (émissions liées aux activités humaines) et les **absorptions** de carbone anthropiques. Ces dernières sont généralement les méthodes utilisées par l'homme pour restaurer, sauvegarder ou renforcer la capacité d'absorption des puits de carbone naturels (forêts, sols et océans).

Elle nécessite donc, dans tous les secteurs d'activités, une transition vers une économie bas-carbone, circulaire et durable.

1. Définition de l'empreinte carbone

L'empreinte carbone représente la quantité de gaz à effet de serre induite par la demande finale intérieure d'un pays (consommation des ménages, administrations publiques, organismes à but non lucratifs, investissement).

Elle est constituée : (62)

- Des émissions directes de GES des **ménages** (principalement liées à la combustion des carburants des véhicules particuliers et la combustion d'énergies fossiles pour le chauffage des logements) ;
- Des émissions de GES issues de la **production intérieure de biens et de services** destinée à la demande intérieure (c'est-à-dire hors exportations) ;
- Des émissions de GES associées aux **biens et services importés**, pour les consommations intermédiaires des entreprises ou pour usage final des ménages.

En tant qu'individus consommateurs de logement, de mobilité, de nourriture, de biens et de services, nous possédons tous une « empreinte carbone personnelle » exprimée en tonnes de CO2 équivalent (CO2e) par an, qui reflète notre impact annuel personnel sur le climat.

La France calcule chaque année « l'empreinte carbone moyenne des Français », c'est-à-dire l'empreinte carbone de la France divisé par le nombre d'habitants. En 2017, ce chiffre s'élevait à **10,8 tonnes de CO2 par an et par personne.**(60,63,64)

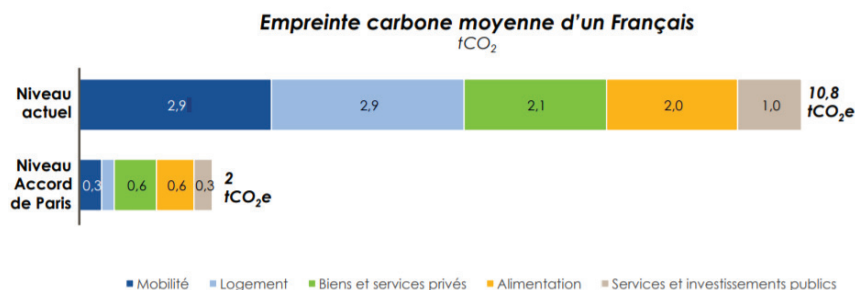


Figure 5: Empreinte carbone moyenne d'un français – source : Carbone 4- faire sa part ? (63)

Dans l'espoir de limiter ce réchauffement à 2°C à l'horizon de 2100, le GIEC, préconise de ramener au plus vite à **2 tonnes par an et par habitant** les émissions, ce qui revient à diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre pour la France.

L'impact de l'**action individuelle** n'est pas du tout négligeable à condition de ne pas se cantonner à des actions symboliques et marginales. Parmi les actions individuelles à plus fort impact, le passage d'un régime carné à un **régime végétarien** représente à lui seul une baisse d'environ 10% de l'empreinte carbone totale d'un individu. Cependant même un comportement « héroïque » généralisé ne peut permettre une baisse suffisante pour respecter l'objectif de l'Accord de Paris. (63)

Pour se faire, il faut transcender le seul maillon individuel et accéder à un niveau collectif d'action afin de déclencher un changement plus radical et profond que ce qui est entrepris aujourd'hui.

2. Stratégie Nationale Bas Carbone

La Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) est la feuille de route de la France pour réduire ses émissions de GES. Elle concerne tous les secteurs d'activité et doit être portée par tous : citoyens, collectivités et entreprises.

Elle a deux ambitions : atteindre cette neutralité carbone et réduire l'empreinte carbone de la consommation des Français. (60)

Elle estime que pour atteindre la neutralité carbone, il faut :

- **Décarboner totalement la production d'énergie à l'horizon 2050** et de se reposer uniquement sur les sources d'énergies suivantes : les ressources en biomasse, la chaleur issue de l'environnement (géothermie) et l'électricité décarbonée.
- Réduire **fortement les consommations d'énergie** dans tous les secteurs (réduction de plus de 40 % par rapport à 2015) en renforçant substantiellement l'efficacité énergétique et en développant la sobriété
- Diminuer au maximum les émissions non liées à la consommation d'énergie par exemple de l'agriculture ou des procédés industriels
- Augmenter les puits de carbone (naturels et technologiques) d'un facteur 2 par rapport à aujourd'hui.

II. IMPACT CARBONE ET ENVIRONNEMENTAL DES SERVICES DE SANTE

A. Empreinte carbone des services de santé

Les services de santé, principalement les hôpitaux, émettent des émissions de gaz à effet de serre. Paradoxalement, l'impact de l'activité de soins, sur la santé des patients, des soignants, des prestataires, des riverains, n'est pas neutre. (65,66)

D'après la banque mondiale les services de santé ont rejeté mondialement 2,6 milliards de tonnes d'émissions de CO2 en 2011 - soit **5% des émissions mondiales**, ce qui équivaut aux émissions annuelles de gaz à effet de serre de 514 centrales au charbon. (67)

Cette empreinte carbone des services de santé est constituée par (68):

- 17% provenant des établissements et véhicules
- 12 % provenant des sources d'énergie achetées (électricité – vapeur – climatisation - chauffage)
- 71% provenant de la chaîne d'approvisionnement (Production -transport – déchets - produits pharmaceutiques - produits chimiques, alimentaires, agricoles, hospitaliers, instruments etc...)

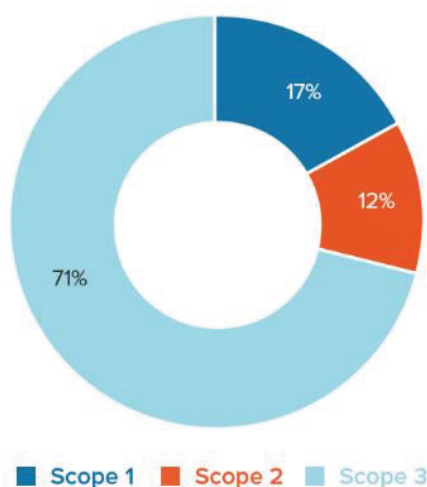


Figure 6 : Empreinte carbone des services de santé par scopes (7)

Si le secteur mondial de la santé était un pays, il serait **le cinquième** plus grand émetteur de la planète.(68)

Il n'existe actuellement pas d'étude sur les émissions de CO2 des services de santé en France. A titre de comparaison au Royaume-Uni, elles représentent environ **6,3%** de l'empreinte climatique du pays. Les résultats sont comparables en Australie (**7%**) et au Canada (**5%**). (69–71)

B. Empreinte carbone de la dentisterie

Les recherches sont encore rares sur l'impact carbone de la dentisterie. Duane et al.,(72) ont réalisé une étude pilote sur l'empreinte carbone des cliniques dentaires en Ecosse. L'extrapolation des données a suggéré que les services dentaires génèrent chaque année 4% de l'empreinte carbone totale du NHS écossais. (73)

Des organismes officiels s'intéressent de plus en plus à ce sujet. Par exemple, l'organisation Public Health England (PHE) a publié un rapport sur **la modélisation de l'empreinte carbone** en dentisterie en 2018.(74) Les chercheurs utilisent principalement ce marqueur pour cibler les actions prioritaires à mettre en place. (75) L'utilisation de cette mesure ne doit pas être considérée isolément. Pour exemple, les applications de vernis fluorés peuvent paraître inadaptés par leur composition chimique. Cependant leur utilisation à titre préventif, permettrait d'éviter l'utilisation dans un second temps de matériaux polluants.

Deux études portant sur l'empreinte carbone des services dentaires anglais ont estimé celle-ci à **675** kilotonnes d'équivalent en dioxyde de carbone (CO₂e), 2014-2015, dont : (73,76)

- **64,5%** étaient liés aux trajets,
- **19%** aux achats.
- **15,3%** à l'énergie

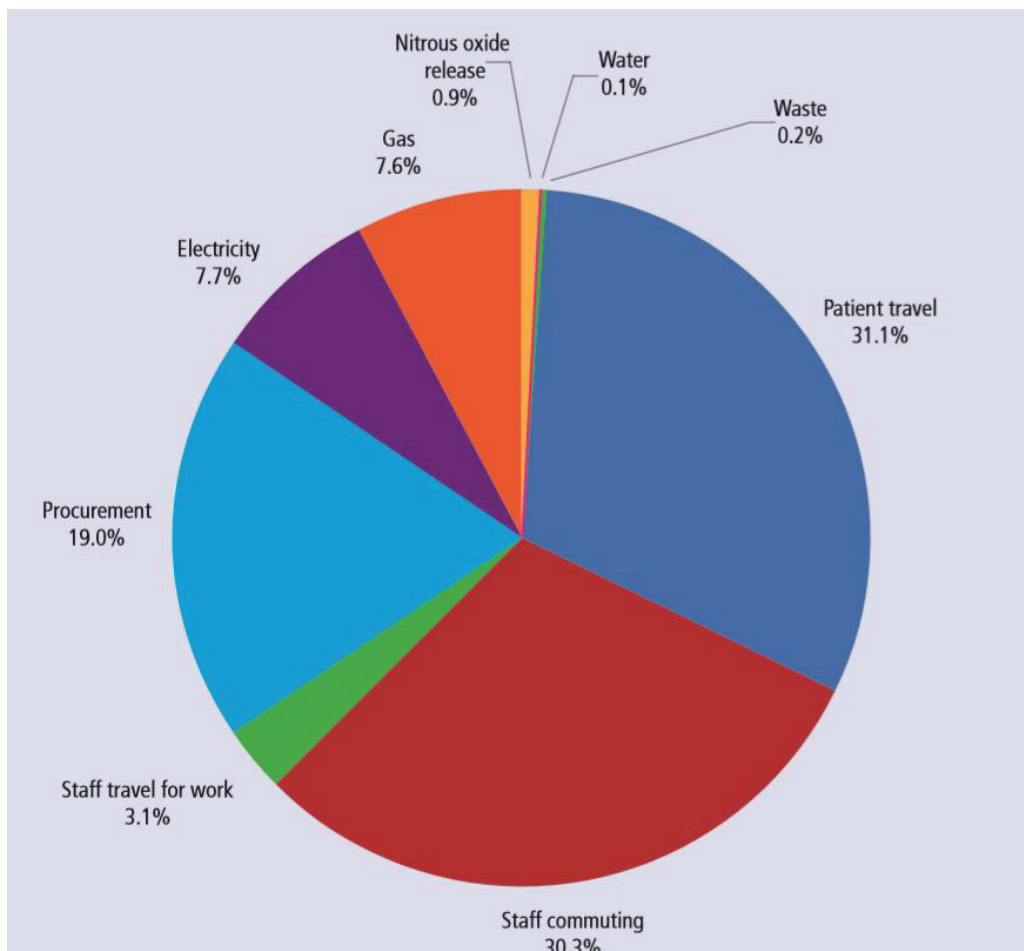


Figure 7 : Empreinte carbone des services dentaires de la NHS -2014/2015 (75)

C. Consommation énergétique des centres hospitaliers

Les hôpitaux consomment de l'énergie pour l'éclairage, l'alimentation électrique des équipements médicaux, l'eau chaude, le chauffage et la climatisation.

1. Consommation nationale

En France, le secteur de la santé compte environ 6 000 établissements sanitaires et 30 000 établissements médico-sociaux. Ces établissements sanitaires publics et privés représentent une surface de plus de 70 millions de m² et ont une consommation d'énergie annuelle de 21,5 TWh (térawatt-heure, 1 TWh = 1 milliard de kWh), soit 2 % de la consommation énergétique nationale. (77)

La **consommation hospitalière** représente **12 %** de la consommation énergétique du **secteur tertiaire** en France selon l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME). (78) Cette forte consommation est liée aux contraintes d'un secteur qui fonctionne en continu, et qui doit souvent composer avec un parc immobilier vétuste et énergivore.

2. Note énergétique des établissements

Selon un rapport des Hautes études en santé publique, ce sont le **chauffage** et la **climatisation** qui chargent la **note énergétique** des établissements de santé (65 %). Viennent ensuite les dépenses d'eau (11 %) et d'éclairage (10 %). (79)

D'après l'ADEME, la consommation d'énergie représente **1,5 à 5 % du budget** d'un établissement de santé, avec donc pour principaux postes la climatisation et le chauffage, la cuisine, la blanchisserie, la stérilisation, la radiologie, les laboratoires et les blocs opératoires.

D. Impact environnemental des produits utilisés dans un service dentaire

1. Le plastique

Les soins de santé modernes utilisent de nombreux dispositifs médicaux à base de plastique. Ils sont retrouvés partout, des gants d'examen aux seringues stériles et aux tubes IV ou aux valves cardiaques. (80) La polyvalence des matériaux, leur faible coût économique et leur fonction hygiénique ont fait croître le marché de produits de santé jetables à usage unique. L'industrie souligne même que la prestation de soins modernes serait impossible sans de nombreux produits médicaux à base de plastique.(81).

Un audit des déchets des cabinets dentaires australiens a indiqué que les poubelles étaient principalement constituées par des produits servant à **lutter contre les infections croisées** (gants, masques, sachets de protection) (91%).(82) Une étude anglaise a mesuré la nature et la quantité des produits au sein d'un cabinet dentaire et a trouvé que le **plastique et le nitrile** représentaient les matériaux **majoritaires**, et les gants et papiers les produits les plus retrouvés. (83)

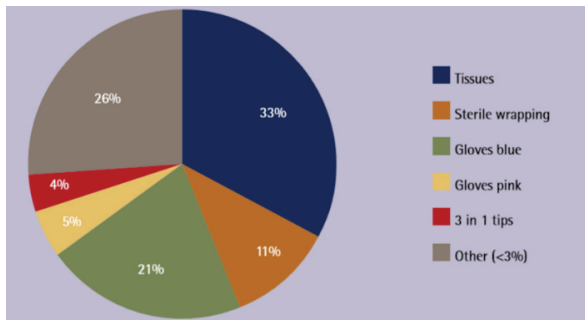


Figure 8 : Types de produits présents dans les déchets (83)

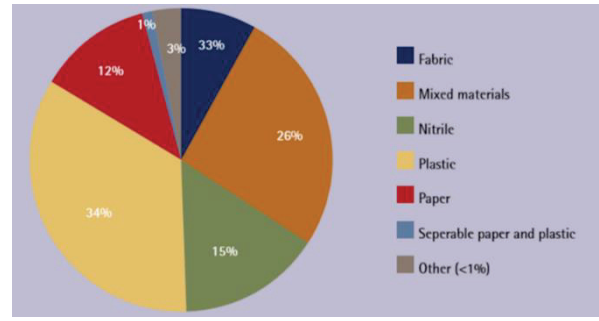


Figure 9 : Types de matériaux retrouvés dans les déchets (83)

a) Impact du plastique sur l'environnement et sur la santé

La pollution engendrée par les plastiques a récemment attiré l'attention des médias, du public et des scientifiques de divers domaines (toxicologie, écologie, science des matériaux...). (84) Bien que la contamination par le plastique date d'une cinquantaine d'années, la problématique publique de ces débris dans les océans n'émerge qu'en 2011.(85) Les environnements marins sont très touchés et chaque année, au moins 100 000 animaux marins et 1 000 000 d'oiseaux de mer sont tués par ces déchets, soit par enchevêtrement, soit par ingestion. (86,87) En 2014, au moins 5,25 millions de particules de plastiques sont estimées présentes dans les océans, soit 268 940 tonnes.

Ces microplastiques sont également retrouvés dans les environnements terrestres, l'eau potable, l'air les rivières, les lacs et le sol. Ils entrent ensuite dans la chaîne alimentaire et deviennent toxiques pour la santé humaine. (84,88–93)

Leur utilisation dans le monde est si vaste que de nombreux scientifiques l'utilisent comme un indicateur géologique clé de l'Anthropocène.(90)



Figure 8 : Apparition du dépôt et de la stratification de matières plastiques dans un canyon espagnol(94)

Les preuves concernant les risques pour la santé engendrés par les plastiques se multiplient.(92,95) Ils peuvent être dangereux tout au long de leur cycle de vie, à travers l'inhalation, l'ingestion et les contacts avec la peau.

L'exposition humaine lors de sa fabrication (extraction et transport des matières premières fossiles, raffinage), et de sa fin de vie (incinération, gazéification, pyrolyse) pourrait provoquer des **cancers**, dommages neurologiques et immunitaires, leucémies et une toxicité pour la reproduction et le développement.(96)

Pendant l'utilisation, les consommateurs peuvent ingérer et inhaler des microplastiques eux-mêmes liés à d'autres substances toxiques comme les **additifs**.(97) Ces derniers peuvent être libérés pendant toutes les étapes du cycle de vie des plastiques entraînant un transfert de produits chimiques des produits/emballages au consommateur, via la nourriture par exemple.

A l'intérieur du corps, les molécules peuvent s'accumuler et provoquer des changements dans la réponse immunitaire. Cette **exposition chronique**, toxique pour le corps, est devenu un sujet de préoccupation majeur. (95)

L'impact du plastique dans la **résistance antimicrobienne** est également une problématique émergente. (98–100)

En Europe, dans certains cas, les déchets liés aux soins de santé sont incinérés, parfois à ciel ouvert, et leur combustion peut entraîner l'émission de dioxines, de furanes et de particules. (101,102) Par exemple, la combustion de déchets médicaux contenant du chlore, comme le plastique chlorure de polyvinyle (PVC) présent dans les gants, génère des dioxines et des furanes, qui sont bioaccumulables et hautement toxiques. Il est ainsi recommandé d'acheter des dispositifs sans PVC.(102)

Les plastiques à **usage unique** et **les emballages** représentent une partie importante du problème car 95% de ces emballages sont considérés comme perdu (non recyclé).(103) **Cette utilisation à court terme entraîne ainsi des conséquences environnementales à long terme.**

b) Composition du plastique

Le plastique constitue une large famille de molécules chimiques, composé d'une grande variété de matériaux et cherchant à répondre à des milliers de besoins et applications. (97)

Les plastiques proviennent de chaînes de molécules (monomères) reliées ensemble en chaînes appelées polymères. Ils sont majoritairement composés de polymères de carbone et d'hydrogène, seuls ou avec de l'oxygène, de l'azote, du chlore, du fluor ou du soufre dans leur squelette. (104)

La majorité des polymères de carbone sont **artificiels** et proviennent de **l'industrie fossile** (pétrole). Après l'extraction du **pétrole**, son raffinage va permettre de produire plusieurs essences dont du naphta. Cette dernière va ensuite subir une étape de transformation (appelée craquage) qui va fragmenter les grosses molécules d'hydrocarbures. Les petites molécules produites seront les **monomères** ensuite utilisés dans les polymères plastiques(105).

(1) Les plastiques conventionnels

On retrouve dans les plastiques conventionnels, (103,104) :

- **Les plastiques oxo-dégradables.** Ils comprennent des additifs qui, par oxydation, entraînent une fragmentation en microfragments ou une décomposition chimique.

L'oxydation de ces plastiques conventionnels (**PE,PP,PET**) pose néanmoins des problèmes pour l'environnement. Il se fragmente rapidement en d'énormes quantités de microplastiques lorsqu'il est exposé à une combinaison de lumière solaire et d'oxygène. (106,107)

- **Les microplastiques** qui sont des particules solides en plastique inférieures à **5 mm**. Les nano-plastiques sont les particules <0,1 mm. Ils sont majoritairement retrouvés dans l'environnement : air, habitations, cours d'eau, terre et océans.(108) On trouve deux types de microplastiques :
 - **Primaires** = matériaux délibérément conçus et fabriqués pour être de petite taille (par ex. microbilles cosmétiques),
 - **Secondaires** = se forment involontairement avec par exemple, l'usure de plus gros morceaux de plastique, y compris les textiles synthétiques.

(2) Les additifs

Les additifs sont des produits chimiques ajoutés intentionnellement pendant la production pour donner des qualités (couleurs, transparence etc) et pour améliorer les résistances à la dégradation par l'ozone, la température, les moisissures, les bactéries, l'humidité etc.

Ce sont des plastifiants, antioxydants, stabilisants UV, lubrifiants, retardateurs de flammes, etc..

Ils améliorent les propriétés des polymères mais ils sont toxiques et contaminent facilement le sol, l'air ou l'eau. Nombre d'entre eux sont nocifs pour la santé et l'environnement, **le BPA** ou **les phtalates** en sont des exemples.

Depuis 2007, il existe une **interdiction** dans l'UE du phtalate dans tous les jouets et articles de puériculture à des concentrations supérieures à 0,1%, car il présente des risques importants sur la santé. (109,110) Cependant il est toujours **utilisé** dans les dispositifs médicaux (**DM**), par exemple dans ceux utilisés dans les unités de soins intensifs néonataux, entraînant des effets toxiques sur le fœtus et le nouveau-né.(111–113)

Les métaux lourds sont également présents en tant qu'additifs dans les polymères afin d'augmenter leurs propriétés. Selon l'Environmental Protection Agency des États-Unis (USEPA) et le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC), l'arsenic, le cadmium, le chrome, le plomb et le mercure (**appartenant à certains polymères de plastiques**) sont classés comme **cancérogènes** humains «connus» ou «probables».(114)

c) **Alternatives au plastique conventionnel**

De nombreux fournisseurs proposent des produits réalisés à partir de plastique bio sourcés, ou en plastique biodégradable, mais quel est l'impact de ces plastiques ?

(1) Polymères bio sourcés (ou Bioplastiques)

Pour réduire la charge pesant sur l'utilisation des ressources pétrolières et sur l'environnement, des matériaux communément appelés « bioplastiques » ont été proposés, bien que le terme préféré soit « polymères biosourcés », pour souligner qu'ils sont dérivés de ressources biologiques renouvelables/durables.

Idéalement, ce sont également des « polymères biodégradables », ce qui signifie qu'ils peuvent être décomposés dans l'environnement par des micro-organismes. Ils sont produits par des plantes, des animaux ou des micro-organismes, ou ils peuvent être produits par synthèse. (115)

Le plus couramment rencontré est le **PLA** (polylactide ou acide polylactique). Il est considéré comme le plus prometteur, car il est fabriqué à partir d'acide lactique, qui peut être dérivé de manière durable du maïs et d'autres cultures.(116) Ses propriétés mécaniques seraient similaires aux plastiques conventionnels. (115)

Cependant, d'après European Bioplastic, le rendement serait d'environ 2,6 tonnes par hectare.(117)

Pour remplacer l'actuelle production annuelle d'environ 400 millions de tonnes de plastiques à base de pétrole pour des polymères biosourcés, il faudrait environ 150 millions d'hectares de terres arables (environ 11% du total disponible sur Terre).

Pour répondre à la demande croissante de plastique d'ici 2050, près de 52 % des terres arables sur Terre devraient être réquisitionnées ce qui entraîne une concurrence sérieuse entre l'utilisation de terres pour l'alimentaire ou pour le plastique.(118)

Le PLA a néanmoins été utilisé avec succès pour des **applications biomédicales** et pour fabriquer des emballages en raison de sa résistance mécanique, de sa faible toxicité et de sa biocompatibilité. Par exemple, il peut être utilisé pour fabriquer des implants médicaux, tels que des ancrs, des vis, des plaques, des broches, des tiges, et mailles. Il se **décompose naturellement** dans le corps (dégradation par hydrolyse) sur une période de 6 mois à 2 ans, pour former de l'acide lactique, produit inoffensif, et permet d'enlever la nécessité de chirurgie supplémentaire.(119,120)

(2) Polymères biodégradables

La **biodégradabilité** (ou le compostage) d'un morceau de plastique dans l'environnement dépend de **l'endroit exact de sa fin de vie** car le processus de décomposition nécessite de la chaleur, de la lumière (principalement des ultraviolets (UV)) et de l'oxygène. Par conséquent, son efficacité est largement déterminée par la disponibilité de ces agents.

Le terme « biodégradable » signifie que les molécules de polymère devraient se décomposer à terme sous l'influence de l'action microbienne. **Aucune échelle de temps** n'est spécifiée pour ce processus, ce qui pourrait prendre de nombreuses années.

Cette action nécessite des installations de **compostage industriel** pour briser complètement les molécules et peuvent ne pas se décomposer efficacement dans un tas/bac de compostage de jardin.

Aux mauvais endroits, cette dégradation peut entraîner le **relargage secondaire** de nanoplastiques toxiques pour l'eau douce. Les études ne prouvent pas que ces polymères se dégradent correctement dans des conditions naturelles et dans tous les types d'écosystèmes, notamment dans les environnements marins.(121–125)

Cette dégradation du biopolymère est associée à la production de monomère de faible poids moléculaire, à la génération de dioxyde de carbone, de méthane et de molécules d'eau. En conséquent elle relargue également des gaz à effet de serre. (126)

Enfin, à moins que des systèmes de collecte et des installations de compostage ne soient disponibles pour les consommateurs, le plastique biodégradable est plus susceptible de se retrouver dans **les flux de déchets conventionnels** finissant par incinération ou dans la nature. Il est également considéré comme un **contaminant indésirable** dans les filières de recyclage des plastiques conventionnels et doit donc être séparé à la source par les consommateurs ou industriels. (107)

2. Les métaux

a) Le mercure

Le mercure est utilisé sous forme de matériau de restauration à travers l'amalgame dentaire depuis plus de 150 ans.(127,128) Ces dernières années, la **contamination par les métaux lourds** des systèmes aquatiques par les **dentistes**, via la production de résidus d'amalgames dentaires, est devenu une source de préoccupation majeure. (129)

L'amalgame dentaire est composé d'environ 50% de mercure et contient de l'argent, de l'étain, du plomb et d'autres minéraux susceptibles de contaminer l'environnement.(130) Une fois que le mercure pénètre l'eau ou le sol, les bactéries le convertissent en méthylmercure, une **neurotoxine** puissante pouvant causer des lésions du cerveau, des reins et des poumons chez l'homme. Celle-ci va s'accumuler biologiquement dans les poissons et crustacés et entre ainsi dans la chaîne alimentaire humaine. L'exposition au mercure à une certaine dose constitue un risque certain pour la santé humaine.(131)

Le mercure contenu dans l'amalgame est relâché dans l'environnement notamment par les **eaux usées** (par exemple en provenance des cabinets dentaires) et dans l'atmosphère en cas d'**incinération** d'un corps humain dans un crématoire, si les crématoires ne disposent pas des filtres adéquats.

b) L'argent dans les radiographies argentiques

L'argent est un autre métal lourd qui peut pénétrer dans notre système d'eau par une élimination incorrecte des déchets des cabinets dentaires. (130)

L'utilisation d'appareils de radiographie produit 2 types de déchets : les clichés et les bains de révélation fixation qui contiennent des sels d'argent.

Bien que l'argent soit un composant de l'amalgame dentaire, le thiosulfate d'argent dans le fixateur radiographique (une solution utilisée dans le traitement des radiographies dentaires) pose un problème environnemental plus important.(132)

Certaines formes d'argent sont plus toxiques que d'autres ; par exemple, les ions d'argent libres sont plus toxiques que le thiosulfate d'argent.

Si les radiographies sont jetées aux ordures ménagères, elles entraînent une pollution de la nappe phréatique lorsque les ordures seront enfouies et mettront 2 à 3 siècles pour se dégrader. Incinérées, elles engendreront une pollution de l'air. Et dans le milieu naturel où elles mettent 300 ans pour se dégrader, les sels d'argent risquent de s'accumuler dans les maillons de la chaîne alimentaire.

Les radiographies doivent donc être dirigées vers une filière appropriée de collecte et de traitement en vue de leur valorisation.

Tous les clichés radiologiques usés doivent être collectés pour être recyclés. La loi interdit de les jeter dans les circuits de traitement des ordures ménagères ou dans la nature. (133)

c) Le plomb

Un autre sous-produit de la radiographie traditionnelle est constitué par les blindages en plomb contenus dans chaque paquet de film.

Bien que les écrans en plomb eux-mêmes soient relativement petits, le cumul de déchets peut être considérable. La réduction de la production de déchets de plomb constitue un avantage supplémentaire de la radiographie numérique. (134,135)

En outre, le plomb, tout comme le mercure et l'argent, est toxique pour la santé humaine (136) et persiste dans l'environnement.(137)

d) Nanoparticules d'argent dans les matériaux dentaires

L'utilisation d'argent dans la santé orale est connue depuis des siècles et son intérêt s'est intensifié de nos jours. Ces particules sont de moins en moins utilisés dans les amalgames au profit des résines polymères.

La compréhension des **propriétés antibactériennes** de formules d'argent (Ag) en nanoparticules (NPs) a été démontrées contre les bactéries(138), virus et champignons(139). In vitro, des études révèlent une activité antimicrobienne excellente lorsque qu'AgNPs est associé aux **matériaux dentaires** comme les nano composites, les résines acryliques, les résines co-monomères, les adhésifs, les médications intracanalaires et les revêtements d'implants. (140) Cette molécule est aussi considérée comme un instrument intéressant dans le traitement de cancers oraux grâce à leur propriétés antitumorales. Pour améliorer les propriétés mécaniques et biologiques des résines dentaires tout en ayant une activité antimicrobienne, Barot et al., incorporent des nanotubes d'halloysite remplis de particules d'argent. (141)

Ainsi, l'ajout d'argent dans les matériaux et résines dentaires, ne paraît pas altérer leurs propriétés mécaniques tout en leur conférant des propriétés antimicrobiennes. (140)

Des inquiétudes subsistent sur **la toxicité** des particules d'AgNPs utilisées en grande quantité. Ces molécules peuvent altérer des processus chimiques ou physiques lors de la **polymérisation** des résines et adhésifs risquant de la rendre **incomplète**, et entraînant un **relargage d'ions Ag⁺** dans **le temps** des résines. (140)

Une autre préoccupation est la capacité d'AgNPs à **traverser la barrière hémato-encéphalique** à travers des transports synaptiques, pour s'accumuler ensuite dans le cerveau, ou dans les reins et le foie provoquant des altérations structurelles et biologiques des organes vitaux. (140,142,143)

Par ailleurs, l'expansion de la production et l'élargissement de son utilisation, a de grande chance de provoquer des risques pour **les organismes** et les **écosystèmes**. Comparée aux autres types d'oxydes de métaux NPs, les AgNPs possèdent une grande toxicité sur les bactéries, les mammifères, les cellules et les plantes. (139)

Ces particules peuvent pénétrer dans l'environnement par divers moyens durant leur fabrication, transport, utilisation et élimination. Certaines concentrations de AgNPs, ont ainsi été détectés dans les eaux de ruissellement des façades des bâtiments, les boues des stations d'épuration, les rivières et sédiments, et les sols. (144) Dans les milieux aquatiques, AgNPs se transforme et libère en quantité des ions Ag⁺, toxiques pour l'environnement et la santé.(139) Des transformations ont également lieu dans les environnements terrestres et aériens donnant de nouvelles particules aux propriétés encore plus toxiques. (144)

3. Le Bisphénol

a) Perturbateur endocrinien

La notion de perturbation endocrinienne émerge. Les définitions diffèrent mais il faut retenir que ce sont des **substances exogènes** qui **altèrent les fonctions du système endocrinien**. Celles-ci engendrent des effets néfastes sur la santé d'un organisme intact et/ou de sa descendance. (145)

Les effets s'observent parfois à de **très faibles doses**, avec une susceptibilité plus forte selon la période d'exposition et le sexe. Ils sont parfois transgénérationnels et peuvent être différés.

Aucune classification à ce jour ne répertorie la totalité de ces substances et les pouvoirs publics tâtonnent sur la manière de légiférer face à ce nouveau genre d'affection. Les études se multiplient, rapportant des effets délétères sur l'écosystème mais aussi sur l'homme, avec une grande variabilité quant aux sites et à la gravité des pathologies engendrées. Ainsi, la sphère orale est une cible potentielle à l'activité de ces agents pathogènes. (146)

Les PE peuvent être naturels ou synthétiques. Ils ont été classés en pesticides, fongicides, herbicides, produits chimiques industriels, produits fluidifiant les résines et plastiques (comme les phtalates, ou le **bisphénol**). L'exposition à ces substances induit un certain nombre **d'altérations du système reproducteur**.(147)

b) Le bisphénol A

La grande famille des bisphénols comprend de nombreux protagonistes dont son plus célèbre, le BPA. Le Bisphénol A, ou BPA, est un composant **synthétique** utilisé dans la fabrication des plastiques depuis les années 50. Grâce à ses propriétés, il est utilisé dans une multitude d'autres produits et domaines.

Le bisphénol est devenu omniprésent dans notre environnement et la quasi-totalité des humains en possèderaient une quantité plus ou moins grande dans l'organisme. Ce composant est notamment très utilisé dans la pratique dentaire : en effet, le BPA et ses dérivés sont présents dans près de **80% des composites** utilisés en odontologie.(148)

c) Impact sur la santé et l'environnement

La toxicité du BPA sur la santé humaine est reconnue. Ses effets sont nombreux et en voici quelques exemples : (146,149)

- Diminution de la fertilité masculine et féminine (150)
- Tératogène sur les organes sexuels primaires et secondaires
- Perturbation du neurodéveloppement et troubles cognitifs
- Troubles comportementaux
- Cancérogène
- Interaction avec l'axe thyroïdien (non compris pour le moment)
- Obésité et diabète de type 2
- Augmentation du risque cardiovasculaire
- Hépatotoxicité

Depuis près d'une cinquantaine d'années des rapports sont publiés sur l'impact du bisphénol sur le comportement et le développement de multiples espèces animales dans le monde. La pensée actuelle s'oriente vers la possibilité **qu'aucune espèce ne serait épargnée**.

Il se trouve dans l'environnement notamment sous forme de **micro-plastiques** par les **eaux usées** et les **polluants** déversés par les usines. Les risques de contamination de l'eau potable pour les humains(151) et écotoxicologiques pour les organismes marins sont croissants. (152)

L'**alimentation** serait sa principale source d'exposition chez l'homme car il est présent dans beaucoup de contenants alimentaires et dans les sols agricoles. (153,154) Avec un rejet de près 100 000 kg dans l'atmosphère chaque année, ce BPA est devenu un polluant atmosphérique omniprésent.(155) Il est retrouvé dans toutes les différentes parties du monde (avec les niveaux les plus élevés en Inde urbaine) et même détectable dans les régions polaires.(156)

Au niveau dentaire, une exposition à faible dose de BPA est actuellement l'option la plus probable et la plus étudiée pour expliquer la **recrudescence de l'hypominéralisation** molaire et incisive (MIH). (146,157,158)

d) **Le bisphénol en dentisterie**

(1) Dérivés du BPA

Le Bisphénol A pure n'est pas un composant des composites, cependant ses dérivés en font partie.(159)

En effet, les résines composites sont composées d'un mélange complexe de matrice de résine organique, de charges inorganiques et d'un silane en tant qu'agent de couplage reliant les deux. On peut retrouver dans la matrice organique différents types de monomères :

- Certains contenant du BPA tel que le méthacrylate de bisphénol A-glycidyle (**BisGMA**), ou ses dérivés comme le bisphénol A éthoxylate diméthacrylate (**Bis-EMA**)
- D'autres qui n'en contiennent pas mais qui n'en sont pas moins toxiques tels que le diméthacrylate d'uréthane (**UDMA**) ou le diméthacrylate de triéthylène glycol (**TEGDMA**)(160).

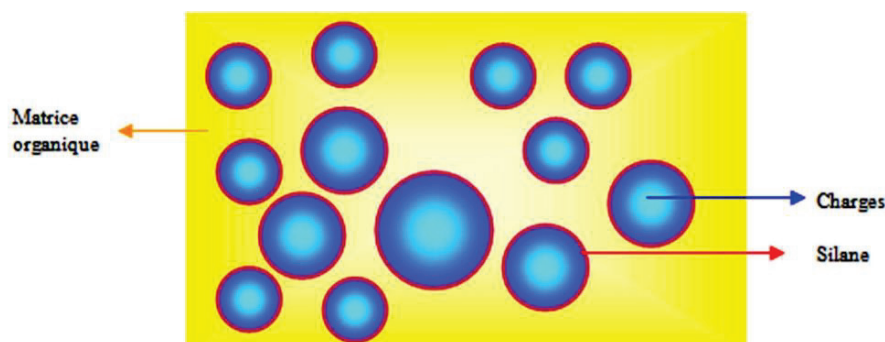


Figure 9 : représentation schématique d'une résine composite(161)

Le bis-GMA est le premier liant résineux utilisé dans les composites. Les composites à base de bis-GMA restent aujourd'hui encore les plus répandus par leurs bonnes propriétés mécaniques, viscosité et retrait de polymérisation acceptable.

Malgré que les composites soient considérés comme des structures hautement stables, une **polymérisation incomplète** ou une **influence de l'environnement aqueux oral** peuvent provoquer des dégradations des structures et ainsi un **relâchement de Bisphénol A**. (162)

Les monomères peuvent se libérer dans la salive, être en contact avec les tissus muqueux et même atteindre la pulpe avec les tubulis dentinaires. (163–165) Ils peuvent abîmer les fibroblastes gingivaux humains (HGFs) et leur ADN. (166)

Les poumons et le système gastro-intestinal sont également exposés à travers la salive et l'inhalation. Les particules atteindraient la circulation systémique où elles sont ensuite métabolisées. (167)

(2) Cytotoxicité des monomères

Des études montrent que le potentiel cytotoxique des monomères basiques suivrait l'ordre suivant : BisGMA > UDMA > TEGDMA >>> HEMA.(160)

Le BisGMA, toxique sur le système de reproduction et la fertilité(168), diffère du TEGDMA, qui, de nature lipophile, peut pénétrer le cytosol et la membrane lipidique des cellules des mammifères. (169) L'UDMA serait quant à lui un composé neurotoxique. (170)

Certains auteurs estiment que le TEGDMA relâchent plus rapidement de monomères que le BisGMA,(164,171) cependant dans le temps, l'éluion de monomères de BisGMA est significativement plus élevée, quel que soit la durée de durcissement.(172)

(3) Toxicité des autres résines

Les CVImar, sont des CVI modifiés par **adjonction de résine composite**. Ils sont ainsi également toxiques.

Les composites fluides et micro-chargés ont une solubilité augmentée par un pourcentage de charge faible. Ils ont donc une matrice organique plus importante, ce qui influe sur leur toxicité et leur potentiel relargage de BPA.(173)

Les principaux constituants de l'adhésif sont des monomères semblables aux résines composites comme le bis-GMA ou l'UDMA. Les **adhésifs** sont donc une source supplémentaire de contamination au Bisphénol A.

Les **résines auto-adhésives** relarguent de l'UDMA et du TEGDMA qui provoque de la toxicité et génotoxicité dans les cellules. (174)

Les résines de laboratoires(173) (utilisées pour la réalisation de duplicatas), contiennent des monomères synthétisés à partir de Bisphénol A ou F. Certains fabricants ont changé leurs formules en remplaçant le BPA par du BPF, avec l'appellation « Bisphénol-A-Free », cependant le BPF possède également de nombreux effets néfastes pour la santé et l'environnement, ils sont **très toxiques** et ont une **action oestrogénique** reconnue. (175,176)

4. Les produits de nettoyage

Les désinfectants sont largement utilisés dans les services de santé. Ils sont essentiels dans la prévention de contaminations croisées, de l'apparition de maladies et dans les infections nosocomiales. Cependant ces substances biocides actives qui sont très efficaces dans la désinfection de produits, surfaces et peau peuvent également poser une variété de dangers pour la santé humaine et l'environnement et contribuer à la **propagation de bactéries multi-résistantes**.

Les principaux dangers reportés des désinfectants sont des **maladies aiguës**, des problèmes respiratoires (les désinfectants peuvent être sensibilisants ou irritants) et maladie chroniques pulmonaire obstructives, des problèmes de peau, irritations oculaires, migraines ou d'autres symptômes neurologiques. (177,178) Certains de leurs **ingrédients** sont aussi allergènes et ont été identifiés comme étant **CMR (carcinogène, mutagènes et repro-toxiques)** (179) ou comme des **perturbateurs endocriniens**(180,181).

Certains désinfectants ont des effets néfastes sur le **système aquatique** en raison de leur toxicité élevée sur les milieux aqueux et de leur faible biodégradabilité. (182,183) La substitution de ces polluants par des produits plus écoresponsables réduit l'impact environnemental des services hospitaliers et est bénéfique sur la qualité des eaux usées et le travail des stations d'épurations. (184,185)

De nouvelles études ont également observés une augmentation croissante de la **résistance de bactéries** (comme le *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* ou le *salmonella*(186)) aux **désinfectants antimicrobiens** couramment utilisés pour empêcher leur propagation.(187,188)

L'absence d'écolabels sur les désinfectants engendre une difficulté à choisir ceux étant les moins nocifs.

5. Les gaz médicaux

a) MEOPA

Le protoxyde d'azote (**N₂O**) est un gaz incolore considéré comme une **substance toxique** dont le potentiel de réchauffement planétaire est **298** fois supérieur à celui de CO₂ et qui possède une longue durée de vie atmosphérique d'environ **150 ans**. (189–191)

En moyenne, 163 litres de N₂O sont utilisés par patient lors d'une intervention sous MEOPA (protoxyde d'azote + oxygène), soit environ 90 kg de CO₂e. Ceci n'inclut pas les émissions de carbone incorporées dans la production de N₂O ni celles de son équipement, généralement loué. (101,192,193)

A certaines concentrations ce gaz peut présenter un **risque pour la santé** du personnel médical exposé de façon chronique. La littérature rapporte plusieurs études qui associent l'exposition chronique au protoxyde d'azote à l'apparition d'effets indésirables sur le personnel dentaire (augmentation du taux d'avortements spontanés, d'infertilité ainsi que d'autres risques sur les organes).(194–196)

b) Anesthésie générale

L'anesthésie générale par voie inhalée est fréquente. Les données ne sont pas récentes, cependant en 1996, la majorité des anesthésies utilisait des agents anesthésiques halogénés (ou volatiles), avec au moins un agent inhalé.(197)

Les gaz anesthésiques modernes sont des GES. Ils comprennent les hydrofluorocarbures **sévoflurane** et **desflurane**, chlorofluorocarbure, isoflurane et **protoxyde d'azote**. Le protocole de Montréal vise à éliminer progressivement l'utilisation mondiale de chlorofluorocarbures et des hydrofluorocarbures. Néanmoins, la nécessité médicale des gaz anesthésiques les exclus souvent de ces discussions. (198)

Les émissions incontrôlées de gaz résiduels, lors des anesthésies par inhalation, contribuent au changement climatique anthropique. (199,200) Le patient métabolise **moins de 5%** des gaz administrés, la grande majorité est donc **évacuée vers l'atmosphère** via le système de nettoyage de la salle d'opération.(201,202)

En 2014, ces rejets représentaient l'équivalent de 3 millions de tonnes de CO₂. Le **desflurane**, agent le plus nocif avec une durée de vie de 10 ans dans l'atmosphère, représente 80 % de ces émissions.(202) En comparaison, l'utilisation pendant 1h du desflurane ou du sévoflurane équivaut à environ 48 km en voiture.(203) S'ils sont mélangés avec du protoxyde d'azote (N₂O), leurs impacts se multiplient considérablement. (197,199)

E. Un intérêt croissant pour une dentisterie éco-responsable

En tant que praticiens dentaires, il nous faut reconnaître que certains des matériaux et des procédures utilisés pour réaliser des soins dentaires présentent des problèmes pour l'environnement. La profession de chirurgien-dentiste, consommatrice de grandes quantités d'eau, d'électricité et de plastiques contribue à l'émission de gaz à effet de serre et à la pollution de l'environnement au fil des ans. (204)

Ainsi, la profession doit commencer à prendre des mesures visant à minimiser la production de ces déchets et leurs effets environnementaux potentiels. Les pratiques responsables vis-à-vis de l'environnement existent et nous tâcherons de les étudier dans cette partie.

De nombreuses organisations se créent dans le monde encourageant ces pratiques respectueuses de l'environnement.

a) La « Green Dentistry »

L'intérêt pour une dentisterie « verte » (Green Dentistry) grandit lentement, au rythme des publications. De plus en plus de dentistes cherchent à prendre des mesures qui permettent de préserver l'environnement en changeant leur mode de travail.

Cette « green dentistry » est plus respectueuse de l'environnement. Elle implique une politique de réduction des déchets et d'économie d'énergie. En plus de contribuer à la protection de l'environnement, « passer au vert » peut permettre d'économiser du temps et de l'argent.(127,134,205,206)



b) **Un nombre croissant de collectifs**

(1) [Dentistes zéro déchets](#)

On peut trouver en France sur Facebook un groupe appelé « dentiste zéro déchet » qui témoigne de l'intérêt actuel d'une partie de la profession quant à l'impact environnemental de notre travail. On y trouve de nombreuses astuces sur la réduction des déchets (principalement plastiques) au cabinet.

(2) [Eco-Dentistry Association](#)

Aux Etats Unis, on retrouve une Eco-Dentistry Association qui promeut la « Green-dentistry ». Celle-ci aide les praticiens à réduire leur impact tout en respectant les réglementations et les normes des industries dentaires par des conseils.

Ainsi aux Etats-Unis, les cabinets dentaires peuvent être reconnus comme des cabinets écologiques en suivant un programme de certification de l'Eco Dentistry Association. Mais aucune agence gouvernementale officielle ne certifie actuellement qu'un cabinet respecte les normes écologiques.

(3) [Health Care Without Harm](#)

Health Care Without Harm (HCWH) est une organisation mondiale à but non lucratif composée d'hôpitaux, de systèmes de santé, de professionnels de la santé, d'autorités locales, d'établissements de recherche/universitaires et d'organisations environnementales et sanitaires(207).

HCWH travaille dans le but d'uniformiser les transformations des systèmes de soins. Elle cherche à devenir une référence et un leader dans le mouvement mondial pour la santé et la justice environnementale.

Elle a plusieurs grands projets, notamment le Global Green and Healthy Hospital (GGHH) qui est un réseau international d'hôpitaux, d'établissements de soins de santé, de systèmes de santé et d'organisations de santé, engagés dans la réduction de leur empreinte environnementale et à la promotion de la santé publique et environnementale.(208)



III. CONCEVOIR UN SERVICE DENTAIRE HOSPITALIER NEUTRE EN CARBONE ET A FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTAL

A. Concevoir un bâtiment écologique

Pour atteindre la neutralité carbone à l'échelle nationale, un levier principal est la rénovation de masse du parc immobilier français. La construction ou rénovation des services de santé hospitaliers en constituent donc un premier pas.

Pour diminuer l'impact écologique des bâtiments, il est possible d'intervenir sur différents aspects :

- **La construction**
- **La conception** : le bâtiment doit être en harmonie avec son environnement
- **Les matériaux de construction** : l'utilisation de matériaux d'origine naturelle, recyclables ou de matériaux ne produisant pas d'énergie polluante, sera privilégiée
- **L'énergie des équipements** : Utiliser une énergie décarbonée et introduire des politiques de réduction de la consommation énergétique des équipements.

1. La construction d'un bâtiment

En France, le secteur du bâtiment est celui qui consomme le plus d'énergie parmi tous les secteurs économiques. Il représente donc un vrai enjeu pour la France au regard de ses ambitions climatiques. (60,209)

L'énergie du **cycle de vie** d'un bâtiment correspond à l'énergie utilisée pendant la durée de vie du bâtiment additionnée à l'énergie intrinsèque (également appelée **énergie grise**). Cette dernière est l'énergie employée pour l'extraction, le traitement, la fabrication et le transport des matériaux de construction, ainsi que l'énergie consommée lors de la construction et destruction du bâtiment.

Cette forte consommation énergétique, en partie liée aux énergies fossiles (transport des matériaux, chauffage au gaz...) et aux émissions de GES de la production de ciment, rendent le **secteur du bâtiment** responsable d'environ **un tiers des émissions mondiales** de GES. (210)

Actuellement, le chauffage représente 60% des émissions (scopes 1+2) du bâtiment français. La SNBC recommande de recourir à de la **géothermie** ou du **solaire thermique** pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire des bâtiments, tout en utilisant de **l'énergie décarbonée** pour les équipements.

Pour augmenter les puits de carbone, le secteur du bâtiment peut contribuer à sanctuariser le stock capté par la forêt en utilisant massivement les **produits bois** dans la construction. (210)

Au-delà du volet énergétique, le secteur du bâtiment générerait près des $\frac{3}{4}$ des déchets produits en France.(211) Un chantier demande une gestion d'une grande quantité de matériaux et est donc un grand producteur de déchets, gravats et résidus en tout genre. À titre d'exemple, le chantier de construction du nouvel hôpital de Cannes de 845 lits, inauguré en avril 2011, a demandé la gestion de 180 000 m³ de roches extraites, l'utilisation de 87 500 tonnes de béton coulé, et de 900 tonnes d'acier.(66)

La mise en place d'une **politique de gestion des déchets de chantier** permet de réduire les comportements non respectueux de l'environnement, tels que le stockage des déchets dans des décharges sauvages, les brûlages intempestifs ou les enfouissements directement sur le chantier.

Parallèlement, une bonne gestion de ces résidus permet la valorisation et/ou le recyclage d'une grande partie d'entre eux : bois pour fabriquer des panneaux de particules, concassage des déchets inertes, ...etc.

Enfin, assurer un **tri** des déchets sur le site même de l'opération permet de réaliser des gains tout à fait substantiels. En moyenne, une gestion efficace des déchets de chantier permet une **réduction des coûts du chantier** de l'ordre de 30 à 40 %. (212)

2. La conception bioclimatique

La conception d'un bâtiment qui exploite les ressources de son environnement est connue sous l'appellation d'**architecture bioclimatique**, qui n'a malheureusement jamais réussi à s'imposer comme une réponse incontournable aux enjeux d'efficacité énergétique dans le bâtiment. En effet, il est assez difficile de définir des principes de construction systématiquement applicables, alors que cette approche est, par nature, intimement liée au contexte local, à la forme du bâtiment et à son environnement. (213)

Un bâtiment bioclimatique doit tenir compte du relief sur lequel il est bâti, de la végétation qui l'entoure, de la course du soleil tout au long de la journée. Ces stratégies et techniques architecturales cherchent à profiter au maximum du soleil en hiver et de s'en protéger durant l'été.

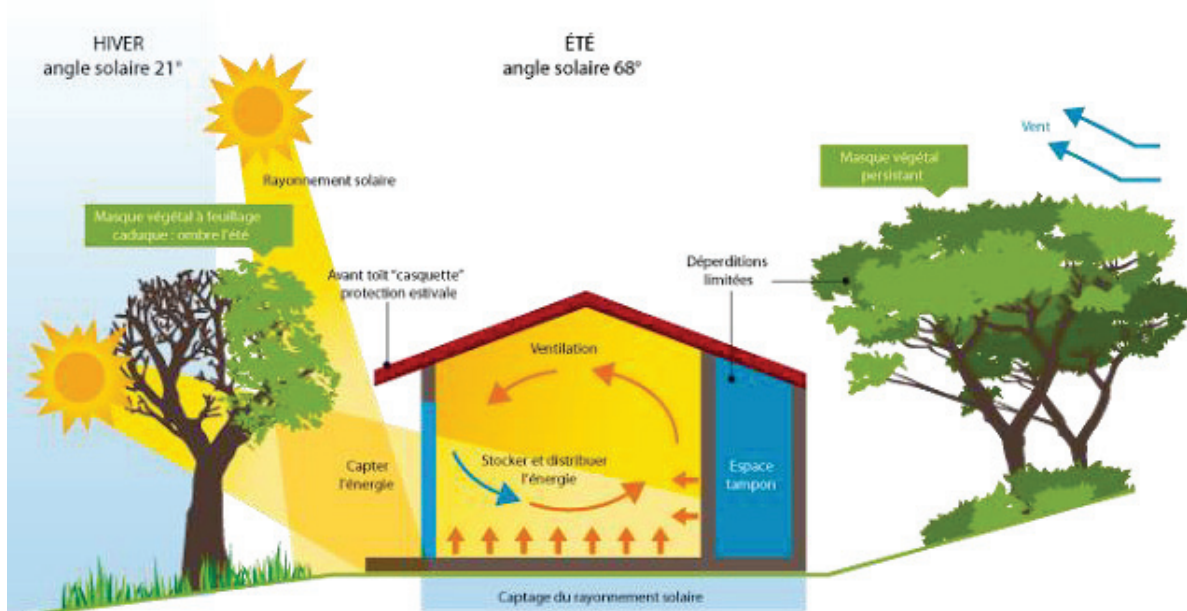


Figure 10 : Principes de bases d'une conception bioclimatique (214)

Cette démarche inclue les concepts de **sobriété**, **efficacité** et privilégie **les énergies renouvelables**. En limitant tout d'abord l'utilisation de ressources, en utilisant le moins possible de moyens techniques mécanisés et d'énergies extérieures au site, en réduisant ensuite la consommation de ressources puis en compensant par l'utilisation de ressources renouvelables.(214–216)

3. Des matériaux sains

Un hôpital est un **lieu de vie**. Si les durées de séjour tendent à se réduire dans les établissements, notamment par l'accroissement de la chirurgie ambulatoire, le personnel et certains patients y passent une partie importante de leur vie. Il est donc essentiel d'utiliser des matériaux sains.

En effet, les isolants peuvent contenir des substances toxiques irritantes, allergisantes ou cancérigènes comme les composés organiques volatils (**COV**) contenus dans les mousses isolantes, les pesticides de certains isolants biosourcés, les particules et fibres provenant des laines (minérales, végétales ou animales). (217). Il existe une étiquette qui signale le niveau d'émission de COV de façon simple et lisible sur les produits de construction et de décoration (isolants, revêtements des murs, sols ou plafonds, vernis, colles, adhésifs...).(218)



Figure 11 : Emissions de COV (217)

On trouve également des normes relatives aux mesures des émissions, notamment pour les COV, et au comportement des produits. Elles permettent d'évaluer la contribution des isolants à la qualité sanitaire des bâtiments. Cependant, il n'existe **pas de référentiel** permettant d'affirmer qu'un produit est sain ou non. (217)

Enfin si les isolants sont mal mis en œuvre, inadaptés ou si la ventilation est mal conçue, des problèmes de pollution peuvent apparaître ou s'aggraver, contribuant à la dégradation de la qualité de l'air du logement (des moisissures peuvent se développer sur des isolants sensibles à l'humidité). (217)

Certains œuvrent déjà dans ce sens.(66) Par exemple :

- Aux Etats-Unis, l'Hôpital d'Hackensack (New Jersey) a choisi de l'acier recyclé pour la structure métallique de son établissement en supprimant le plus possible le PVC (plastique toxique pour la santé(96)).
- De même le groupe d'hôpitaux publics de Steiermark en Autriche s'est lancé dans un grand programme d'assainissement en retirant des tonnes de PVC, plastifiants et kilos de plomb. Les sols ont été revêtus de caoutchouc naturel et les peintures ne contiennent pas de composés volatils organiques. Le mobilier provient de forêts certifiées contenant des espèces renouvelables facilement.
- Au Japon, le bois est devenu un matériau de construction du secteur hospitalier.

En France, d'ici à 2022, il est prévu que tous les nouveaux bâtiments publics devront être construits à plus de 50% en bois ou avec des matériaux biosourcés, d'origine animale ou végétale comme la paille ou le chanvre, d'ici à 2022.(219)

Certains matériaux biosourcés sont **disponibles** en grande quantité sur le **territoire français** pour le secteur du bâtiment. Ce sont des isolants issus de matières premières renouvelables d'origine végétale ou animale : bois, paille, liège, chanvre, lin, plume, laine... Il est plus exact de les qualifier de produits biosourcés plutôt que de produits naturels, car ils font l'objet de transformations et contiennent souvent une part de matériaux non biosourcés ou des additifs nécessaires à leur conservation.(217)

Citons notamment :

- **La paille** :

La paille présente de bonnes performances thermique et acoustique. De plus les bottes ne nécessitent aucune transformation, aucun traitement chimique et sont faciles à mettre en œuvre. Elle présente également un coût modéré. (220)

- **Le chanvre** : la France est le premier producteur en Europe(221) .

Le chanvre est une plante à croissance rapide nécessitant pas ou peu d'engrais. La fibre et la chènevotte sont les parties de la plante les plus utilisées pour le secteur du bâtiment. Elles permettent la création de produits de construction comme le mortier, l'enduit, le béton et la laine de chanvre, ou peuvent être directement utilisées en vrac.(222)

Le béton de chanvre est un matériau biosourcé performant pour l'isolation des bâtiments. Il améliore aussi le confort au sein de l'habitat grâce à ses propriétés hygrothermiques et acoustiques.(223)

- La **terre crue**, matière première la plus répandue au monde(224).

La terre est un matériau naturel, abondant et localement disponible, à faible énergie grise (énergie consommée tout au long du cycle de vie d'un matériau) et recyclable. Elle assure un confort naturel hygrothermique, acoustique et un climat intérieur sain. Elle ne dégage aucun COV (composés organiques volatils) et absorbe les odeurs. (225–227)

- **Le bois**, est historiquement un matériau structurel et écologique largement utilisé. (228)

Matériau renouvelable, à faible coût énergétique, il permet également de stocker du carbone. Il présente une très forte résistance à la rupture pour une densité parmi les plus faibles.(229)

- Le **recyclage du textile** en tant que matériau isolant commence également à apparaître.

Environ 600 000 tonnes de textiles, linge de maison, chaussures sont mis sur le marché en France chaque année, soit près de 10 kilos par an et par habitant. De nombreux déchets textiles sont encore abandonnés ou jetés avec les ordures ménagères résiduelles alors qu'ils pourraient être soit réemployés ou réutilisés s'ils sont en bon état, soit recyclés s'ils sont abîmés.(230)

Les isolants en textiles recyclés présentent de nombreux atouts qui peuvent varier selon la nature des composants utilisés et les conditions de mises en œuvre. Ce sont des matériaux légers, de bons isolants phoniques, avec une durée de vie élevée et un faible coût. (231,232) L'Hôpital de Hackensack, New Jersey, est isolé avec des jeans recyclés.(66)

4. Utiliser de l'énergie décarbonée

(1) L'énergie électrique

Tous les types d'énergie n'ont pas le même impact en termes d'émissions de GES. L'énergie électrique est réputée peu émettrice de GES, mais tout dépend de son mode de production.

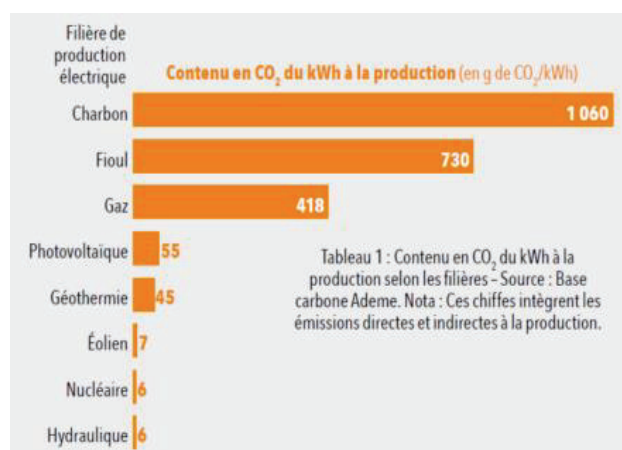


Figure 12: Contenu en CO₂ du kWh à la production électrique(233)

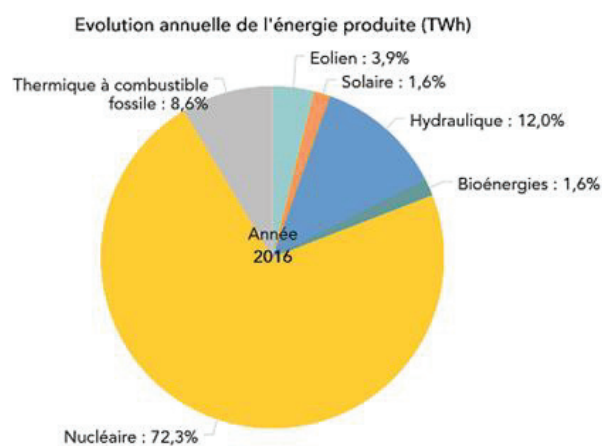


Figure 13: Evolution annuelle de l'énergie produite en France(234)

La mesure des émissions de GES des moyens de production d'énergie consiste à calculer le Potentiel de Réchauffement Global (PRG) de chaque source d'énergie électrique en étudiant **son cycle de vie** (de l'extraction minière des matériaux et du carburant en passant par la construction et l'exploitation des centrales de production jusqu'à la gestion des déchets). Les échelles utilisées sont l'unité de potentiel de réchauffement climatique, l'équivalent en dioxyde de carbone (quantité d'émissions de CO₂ engendrée), et l'unité de l'énergie électrique, le kilowatt-heure (kWh)

Si l'électricité est produite à partir d'énergie **nucléaire** ou **hydraulique**, on peut considérer que l'électricité est effectivement **faiblement émettrice** de GES. En revanche, si l'électricité est fabriquée dans une centrale à **charbon**, l'impact est tout autre.

En France, la production d'électricité est assurée par les centrales nucléaires en grande majorité, ainsi que par les énergies fossiles (charbon, gaz, fioul) et, de plus en plus, par les énergies renouvelables (solaire, éolien, bioénergies).(234)

Les émissions de GES liées à la production d'énergie renouvelable sont bien moindres que les énergies fossiles mais la fabrication des infrastructures permettant cette production d'énergie demande l'utilisation de minerais rares. Les matières premières, suivent ensuite des étapes de sidérurgie, de chimie de base et de fabrication qui sont émettrices de GES. (235)

(2) Utilisation de l'énergie solaire

Il existe des panneaux solaires et des panneaux photovoltaïques, les uns produisent de la chaleur, les autres produisent de l'électricité.

- **Panneaux photovoltaïques**

En France, de plus en plus d'établissements de santé optent pour l'énergie électrique d'origine solaire grâce à l'installation de panneaux photovoltaïques. L'efficacité de ce système dépend de la localisation du bâtiment puisque l'ensoleillement en détermine le rendement. On estime que ce type d'énergie peut couvrir de 20 à 40 % des besoins annuels. Un autre point fort de l'électricité solaire est de revendre à EDF le surplus de production. (66)

- **Panneaux solaires**

L'ADEME a produit un guide concernant la production d'eau chaude sanitaire à l'aide de panneaux solaires dans les établissements de santé, et estime que : (236)

- En France, la productivité des systèmes correctement dimensionnés atteint en moyenne 500 kWh par m² de capteur solaire par an.
- Dans le Sud, elle atteint facilement 600kWh par m² par an.

La performance énergétique d'une installation solaire dépend particulièrement de la juste estimation des besoins en eau chaude sanitaire au cours de l'année. La **connaissance des besoins réels en eau chaude sanitaire** est donc indispensable pour établir le bon dimensionnement de l'installation solaire et atteindre un fonctionnement optimal. (236)

Cependant la mise en place du solaire thermique dans des établissements de santé et médico-sociaux nécessite de recourir à des schémas hydrauliques adaptés et de garantir une excellente **maîtrise du risque de prolifération des légionelles**.(236)

En Grèce une étude sur l'efficacité des panneaux solaires dans la production d'eau chaude hospitalière a montré des gains environnementaux et des économies annuelles.(237)

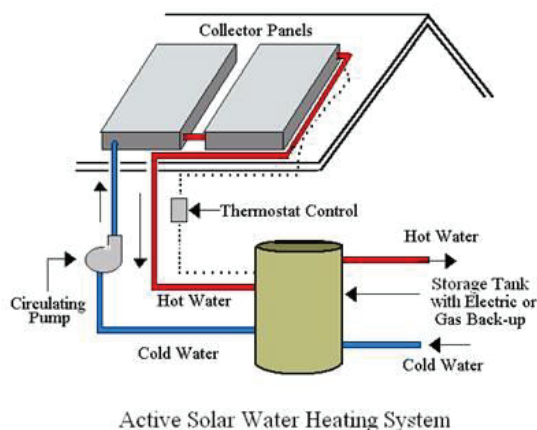


Figure 14 : Exemple de système de chauffe-eau solaire (237)

(3) Utilisation de la Géothermie

La géothermie, désigne à la fois la **chaleur terrestre et son exploitation** par l'homme. La chaleur terrestre provient, pour l'essentiel (80-90%) de la désintégration radioactive des atomes fissiles (uranium, thorium, potassium) contenu dans les roches de la Terre. Le reste (10%) est le reliquat de la chaleur de formation initiale, il y a 4,5 milliards d'années. (238)

La géothermie exploite le différentiel thermique de l'écorce terrestre pour en extraire de la chaleur utilisable par l'homme. La géothermie à très basse énergie (<30°C) extrait la chaleur terrestre et solaire présente à faible profondeur dans le sol (10 à 100 m) par **pompe à chaleur**, afin de produire du chauffage ainsi que de l'eau chaude pour un établissement à l'aide de ressources naturelles.

Malgré un investissement assez important, la géothermie est une ressource renouvelable qui peut fonctionner de manière continue et la rentabilité de cet investissement se fait environ 5 ans après.(239)

(4) Energie issue de la biomasse

La biomasse désigne l'ensemble des matières organiques pouvant se transformer en énergie. Il existe trois formes de biomasse présentant des caractéristiques physiques très variées : (240)

- Les solides (ex : paille, copeaux, bûches) ;
- Les liquides (ex : huiles végétales, bioalcools) ;
- Les gaz (ex : biogaz).

La biomasse est la **première source d'énergie** à avoir été exploitée par les hommes. Ce n'est qu'avec la révolution industrielle et les hydrocarbures (charbon, pétrole) qu'elle a perdu de son importance dans les pays industrialisés. Cependant, en tant que source d'énergie renouvelable et neutre en carbone, elle est l'objet d'un regain d'intérêt.(241)

La première forme d'exploitation de la biomasse est tout simplement l'activité physique (par la transformation des aliments en énergie musculaire), puis **la combustion**. Cette transformation du bois et des déchets d'origine végétale produit de la chaleur (et de la lumière). La chaleur est utilisée pour la cuisson, le chauffage, la production d'eau chaude et la production d'électricité. (241)

Elle est considérée comme une réserve d'énergie considérable née de l'action du soleil grâce à la photosynthèse. Cependant il faut la considérer comme une source d'énergie renouvelable que si **sa régénération** est au moins **égale à sa consommation**. Ainsi, par exemple, l'utilisation du bois ne doit pas conduire à une diminution du nombre d'arbres. (240)

De plus en plus d'établissements hospitaliers optent pour des chaufferies biomasse au bois. Les Hôpitaux Universitaires Paris Seine-Saint Denis – l'hôpital Avicenne – (AP-HP) ont inauguré en août 2014 leur toute nouvelle chaufferie biomasse qui permet de couvrir près de 80 % des besoins thermiques de l'hôpital. (66)

5. Optimiser et réduire les consommations des services hospitaliers

a) Evaluer sa consommation énergétique

Bilan Carbone®, BEGES, Audit Énergétique : comment choisir ? (66)

Le BEGES (Bilan des gaz à effet de serre), malgré son caractère obligatoire pour certains établissements, est une version **a minima** du Bilan Carbone® car il ne concerne **que 25 % des émissions** générées par l'activité d'une entreprise en intégrant seulement la scope 1 (émissions directes des activités) et la scope 2 (émissions indirectes liées à l'énergie de réseau).

Alors que 75 % des émissions proviennent de la scope 3, qui comprend toutes les émissions indirectes (notamment celles de des prestataires et fournisseurs).

Le Bilan Carbone® est une méthode de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre développée par l'ADEME.

Il vise à fournir un **état exhaustif** des émissions de gaz à effet de serre d'une entité (entreprise, administration, territoire). Il prend en compte toutes les émissions générées par l'ensemble des activités dont dépend l'entité, qu'elle soit ou non responsable de ces émissions (scope 1, 2 et 3).

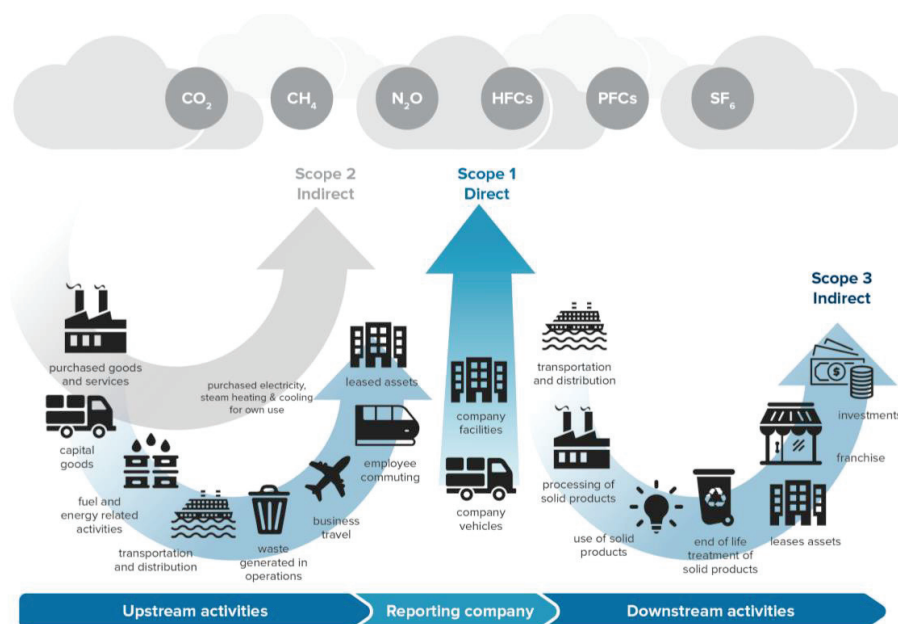


Figure 15 : Scope 1 -2 -3 et GES(66)

L'Audit énergétique va au-delà du simple diagnostic de performance énergétique (DPE).

Il permet une analyse chiffrée très précise des points faibles d'une installation pour permettre une amélioration des performances énergétiques de cette dernière.

b) Une politique d'économie d'énergie

Le manuel de certification des établissements de santé, v2010, de la Haute autorité de santé (HAS), oblige dorénavant les établissements de santé à mettre en place une vraie politique d'économie d'énergie, articulée autour de trois principes : (242)

- **Prévoir** : réaliser un diagnostic énergétique et définir une politique de maîtrise des consommations et des dépenses d'énergie
- **Mettre en œuvre** : un plan de maintenance des installations et un programme d'actions hiérarchisées de maîtrise de l'énergie ;
- **Evaluer et améliorer** : réaliser un suivi périodique, engager une réflexion sur l'utilisation des sources d'énergie renouvelables.

La première étape est claire : rien n'est possible sans une véritable **évaluation de sa consommation énergétique**. Ce bilan est le premier pas indispensable à la mise en œuvre d'une politique d'économie d'énergie.

c) Optimiser la consommation d'énergie

(1) Produire plusieurs énergies à la fois

• Cogénération

La cogénération consiste à produire, simultanément, deux énergies différentes à partir d'une même ressource. Celle-ci peut être un combustible fossile (mazout ou gaz naturel) ou un combustible renouvelable (biomasse). (243)

La cogénération dite « **chaude** », produisant conjointement de l'électricité et de la chaleur, est **la plus courante** : la chaleur émise lors de la production d'électricité est récupérée à l'aide d'un échangeur de chaleur et peut ensuite être utilisée pour produire de l'eau chaude ou de l'air chaud. De même, on parle de cogénération « froide » lorsque du froid est produit en même temps que de l'électricité à partir de la chaleur récupérée. (243)

Dans le but de privilégier la production de chaleur, la cogénération peut consister en la production dans un premier temps de chaleur dont une partie est ensuite réutilisée pour produire de l'électricité.

Le Centre Hospitalier de Cannes a installé un système de cogénération. L'électricité en surplus est revendue à EDF. Ce système a permis un approvisionnement en électricité 40% moins cher que le gaz. Couplée à une diminution de la température d'eau chaude sanitaire de 2 % avec l'accord du CLIN (Comité de Lutte contre les Infections Nosocomiales), le CH a fait baisser sa facture énergétique tout en adoptant des réflexes environnementaux. (66)

• Trigénération

La trigénération est une extension de la cogénération qui associe **la production de froid avec celle d'électricité et de chaleur**. Cette technique est utilisée lorsqu'un besoin en froid vient s'ajouter aux besoins en électricité et en chaleur : l'excès de chaleur récupérée est converti en froid à l'aide d'un système frigorifique.(243)

En général, dans les bâtiments, la demande en chaleur est plus forte l'hiver que l'été et inversement pour le froid, sauf pour les régions tropicales où la demande en froid est présente toute l'année. Par conséquent, un système de trigénération peut privilégier la production de froid ou de chaleur selon la demande et les saisons. Le Centre Hospitalier Sud Francilien a choisi ce système pour son nouvel hôpital. (66)

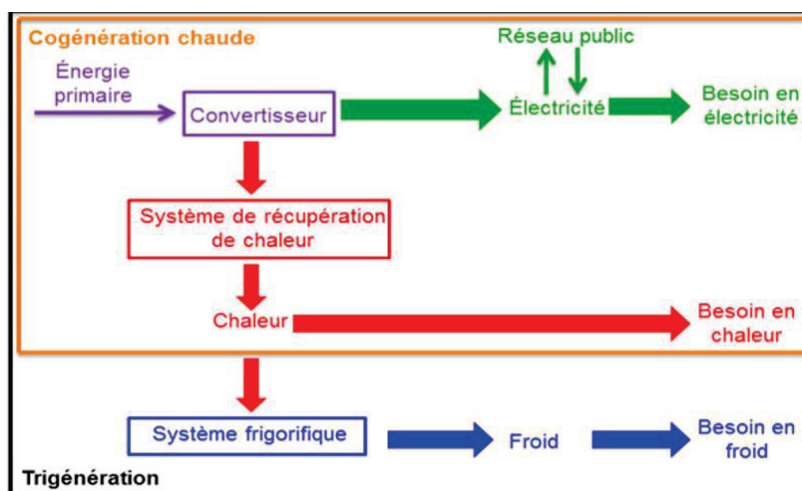


Figure 16 : Système de Trigénération (243)

(2) Système de ventilation

- VMC

A la différence de la VMC simple flux qui ne fait qu'extraire l'air vicié d'une habitation (humidité salle de bain, cuisine, ...), la VMC double flux permet d'en renouveler l'air ambiant intérieur en récupérant chaleur ou fraîcheur.

Un échangeur thermique permet de réduire la déperdition de chaleur et renouveler l'air dans le bâti.

Le principe est de récupérer la chaleur de l'air vicié et de réchauffer l'air neuf venant de l'extérieur pour le redistribuer dans les pièces à vivre du bâtiment. En été (de jour comme de nuit), le système peut également rafraîchir l'air neuf entrant dans la maison en inversant le processus de fonctionnement. (244,245)

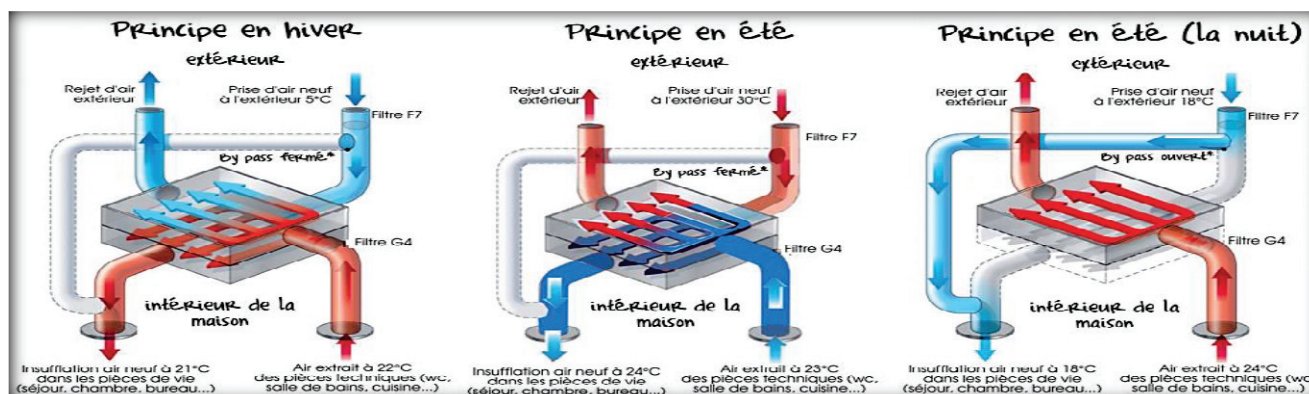


Figure 17 : Schéma de principe d'une VMC double flux (244)

- Système ZEPHYR

Le projet Zephyr, porté par Sustain'Air, entreprise niçoise, propose de mettre en place au sein des hôpitaux un système bioclimatique de Chauffage Ventilation Climatisation (CVC) alimenté en **énergie renouvelable**.(246) Sa technologie est présentée dans le schéma ci-dessous.

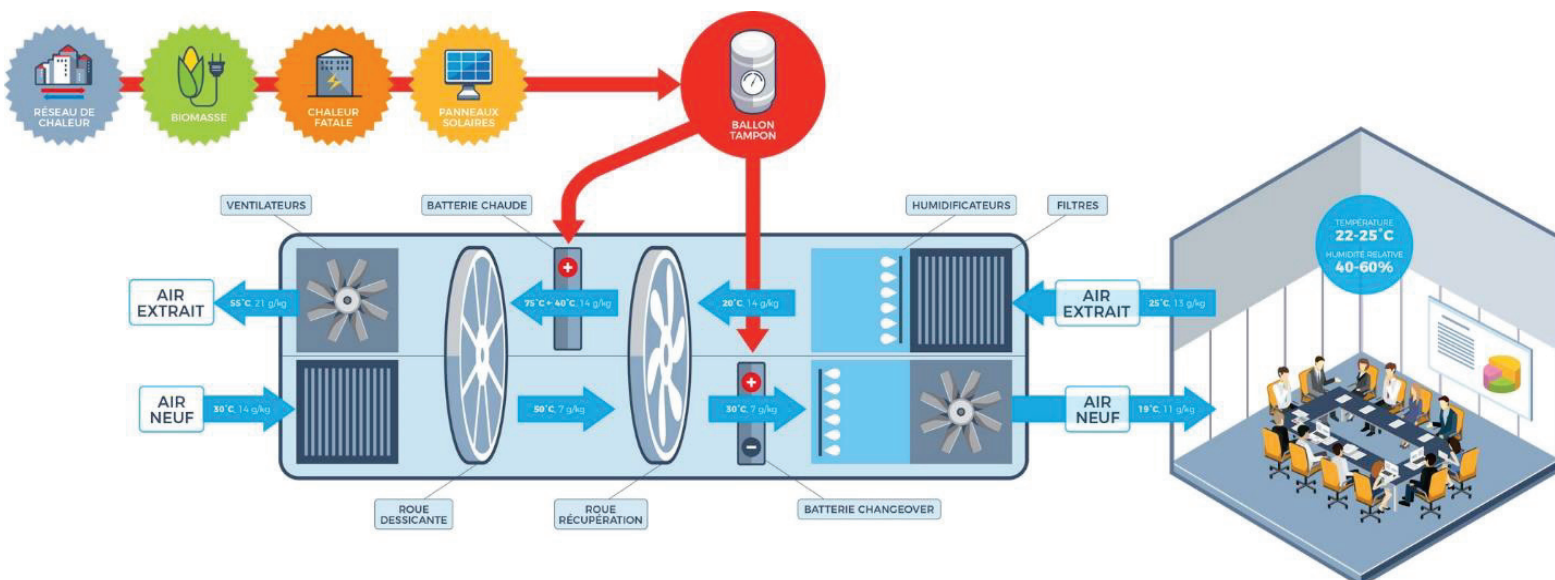


Figure 18 : Technologie Sustain-Air « Centrale éco-responsable » (247)

(3) Les éclairages

- Utilisation de l'éclairage naturel

Les puits de lumières permettent d'éclairer les couloirs et salles d'attentes naturellement. La Clinique Juge à Marseille et le CH de Vierzon en ont installé avec certains dotés de réflecteurs. (66)

Ce système utilise la lumière du jour comme source lumineuse qu'il restitue, sans apport de chaleur, par un système de loupe et de miroir, pour éclairer des pièces aveugles ou sombres.

Pour atteindre une performance maximum, le puit de lumière doit remplir 4 fonctions principales : (248)

- **Capter** la lumière naturelle extérieure,
- La **concentrer** à l'intérieur d'un conduit comme le fait un entonnoir,
- La **transporter** à travers des tubes et des coudes de forte réflectivité pour pouvoir s'adapter à toutes les configurations,
- Et **diffuser** cette lumière naturelle le plus largement possible pour obtenir une homogénéité d'éclairage.

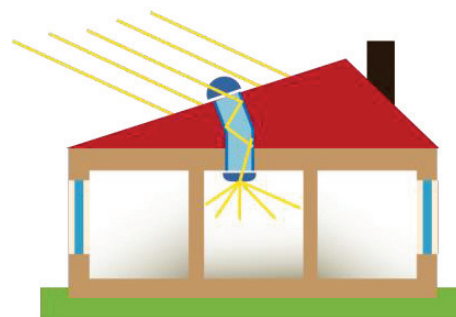


Figure 19 : Principe du puit de lumière (248)

L'utilisation de la lumière du jour, procure de plus **un bien-être**. L'intégration de la lumière naturelle est l'une des premières réflexions lors de la conception ou la rénovation de bâtiment. (249)

Au Centre Hospitalier de Cannes, chaque pièce a été conçue pour recevoir de la lumière naturelle. De plus les fenêtres sont équipées de ventelles réglables pour régler la lumière des pièces et se protéger de la chaleur en été. (66)

- Choisir la meilleure technologie d'éclairage

Afin de réduire les consommations d'énergie, le choix de la technologie d'éclairage pour les services et particulièrement les salles de chirurgie ou fauteuils dentaires, est important.

Il existe principalement trois grandes familles de lampes commercialisées en France :

- Les lampes à incandescence halogène
- Les lampes fluorescentes compactes (LFC) ou lampes fluocompactes
- Les lampes à diodes électroluminescentes (LED)

Actuellement les lampes à incandescence sont considérées comme les plus polluantes. L'impact environnemental des LED et des LFC leur est bien inférieur (75% moins) d'après L'Agence Internationale de l'Energie. (250)

De plus en plus d'hôpitaux passent à des éclairages par des LED (66).

La durée de vie des lampes à LED est largement supérieure à celle des autres technologies. Ainsi, l'achat et le remplacement d'une lampe LED sont moins fréquents, ce qui améliore la rentabilité de l'investissement. (251)

Au-delà de la consommation d'énergie en fonctionnement, la lampe à LED génère, lors de sa fabrication et en fin de vie, des impacts environnementaux. Les progrès à venir sur l'efficacité lumineuse et la durée de vie des LED devraient leur permettre, à terme, d'afficher le meilleur bilan environnemental de toutes les lampes. Il pourra être amélioré par des progrès sur sa fabrication et son recyclage car certains matériaux utilisés sont considérés comme critiques (du fait de l'épuisement des ressources) et ne se recyclent pas. (250)

- Des mesures responsables

D'autres mesures permettent également de diminuer l'apport en énergie nécessaire, en voici quelques exemples :

- Basse consommation de type fluorescent,
- Graduation manuelle de l'éclairage dans les chambres et automatique dans les autres locaux en fonction de l'éclairage naturel,
- Détection de présence dans les locaux aveugles, les locaux administratifs, les consultations, les sanitaires et locaux de service
- Gestion de l'éclairage dans les circulations suivant un programmeur horaire
- Sensibilisation du personnel

d) Améliorer la performance énergétique des bâtiments

(1) Un système d'autorégulation thermique

Afin d'améliorer la performance énergétique des bâtiments, des systèmes d'autorégulation thermique permettent de mieux contrôler les dépenses énergétiques.

Ces systèmes ont pour but de : (252)

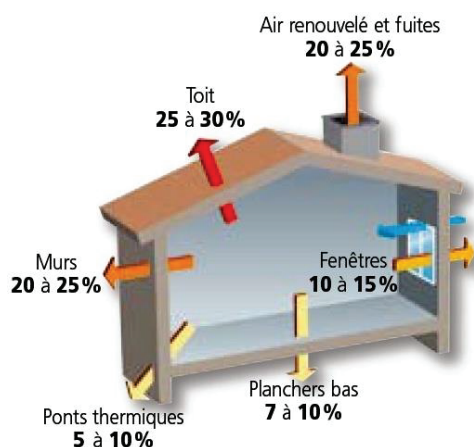
- Analyser la consommation énergétique et permettre de l'ajuster en continu ;
- Situer l'efficacité énergétique du bâtiment par rapport à des valeurs de référence, détecter les pertes d'efficacité des systèmes techniques du bâtiment et d'informer la gérance technique des possibilités d'amélioration.
- Permettre une communication avec les systèmes techniques du bâtiment.
-

Des services de santé commencent à appliquer ces mesures comme la Clinique de l'Anjou à Angers qui a mis en place une autorégulation thermique. A partir de 20h en semaine et tout au long du week-end, la température des locaux dédiés à l'ambulatorio est automatiquement baissée. De même, au CHRU de Lille, l'analyse et le suivi des consommations se déroulent d'heure en heure et une alerte sms est aussitôt envoyé lorsque la consommation dépasse les moyennes établies. (66)

(2) Bien isoler le bâtiment

• Déperditions thermiques

Plus un bâtiment est mal isolé, plus les déperditions thermiques seront élevées. Nous pouvons voir sur la figure ci-dessous la quantification des principales déperditions énergétiques : (253,254)



Quantification des principales déperditions énergétiques- ADEME (254)

Il convient alors d'isoler convenablement le patrimoine bâti.

L'air chaud monte, les principales déperditions se situent ainsi en toiture puis vers les parois verticales qui représentent un quart des déperditions. Les murs exposés vers le Nord sont prioritaires au niveau isolation car leur exposition solaire est moindre.

L'isolation des vitrages (des menuiseries extérieures en général) est primordiale puisqu'il s'agit de très grands ponts thermiques. Il faudra les équiper de rupteur de pont thermique et bien faire la distinction entre un double ou triple vitrage.

Enfin, le renouvellement de l'air doit être suffisant du point de vue de l'hygiène, mais il doit être le plus réduit possible pour éviter les déperditions énergétiques dues à l'air chaud. Pour ce on privilégiera les ventilations à double flux d'air qui sont munies d'un échangeur thermique. (254)

- **Toitures végétalisées**

Les **toitures végétalisées** sont des écosystèmes urbains en essor constant en France et dans le monde. Elles sont associées à plusieurs services écosystémiques tels que la limitation du ruissellement des eaux de pluie vers les canalisations, la réduction des effets d'îlots de chaleur urbains ou l'augmentation de la biodiversité en ville. (255,256)

Ces toitures possèdent également un fort pouvoir d'isolation thermique et phonique, offrent une régulation de l'humidité et de la température, et permettent le stockage du carbone. Situé sur le toit de l'immeuble, un toit végétalisé rafraîchit l'atmosphère en été et garantit une chaleur assez douce l'hiver. Il demande peu d'entretien et vit de la pluie.(255)

Le nouveau Centre Hospitalier Sud Francilien possède environ plus de 15 000 m² de terrasse végétalisée tandis que le CH d'Alès a près de 4 000 m² de toit végétalisé sur 35 000 m² de bâtiments administratifs. (66)

Catégorie de services	Services attendus des toitures végétalisées
Régulation (échelle de la ville)	Lutte contre les effets d'îlot de chaleur urbain Réduction du ruissellement des eaux de pluie Amélioration de la qualité de l'eau et de l'air Stockage du carbone
Régulation (échelle du bâtiment)	Protection thermique du bâtiment Protection des membranes d'étanchéité Protection sonore
Support	Biodiversité Pollinisation
Production	Agriculture urbaine
Culturel	Esthétique

Figure 20 : Services écosystémiques généralement associés aux toitures végétalisées (255)

B. Réduire l’empreinte carbone des services dentaires

D’après Duane et al.,(76) la plus grande partie des émissions de CO2 émane des trajets des professionnels et des patients (64,5%). Viennent ensuite les achats (19%) et enfin la dépense énergétique (15,3 %).

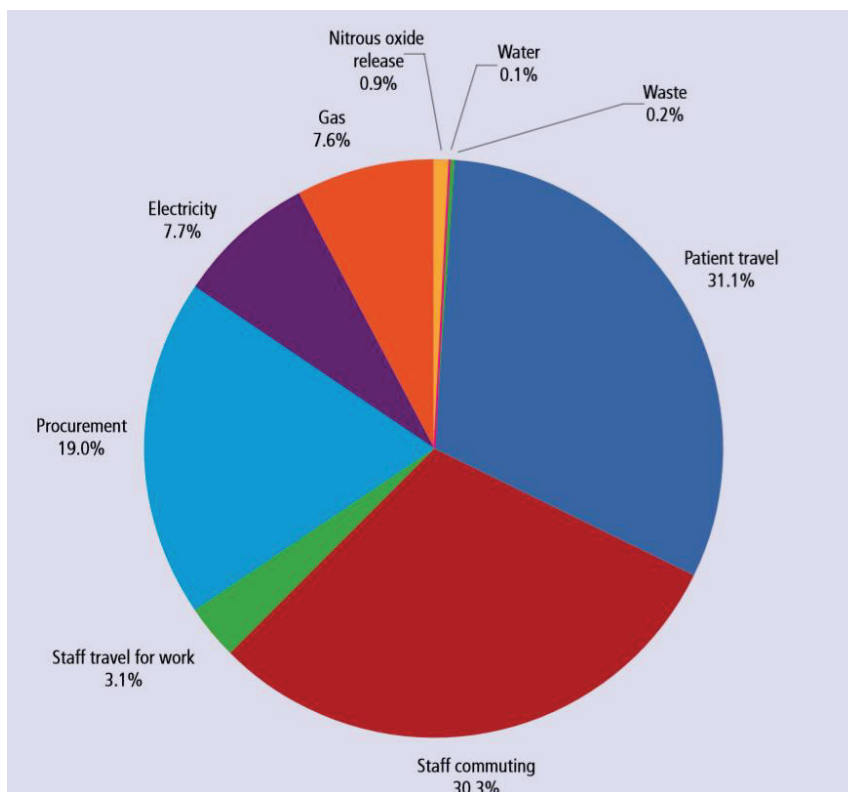


Figure 21 : Empreinte carbone des cabinets dentaires en Angleterre (76)

1. Réduire les émissions liées à la mobilité :

a) Emissions de GES

Selon une étude anglaise sur 8422 cabinets dentaires, la distance moyenne entre le logement du **personnel soignant** et leur cabinet est de 43 km ce qui correspond à environ **30 %** des émissions de CO2 dues aux trajets, la **voiture** étant le moyen de transport privilégié.(76) Dans de nombreux centres urbains, les résultats sont probablement différents car une proportion de praticiens peut se déplacer en transport en commun, à pied, en vélo ou covoiturage.

Les déplacements des **patients** contribuent à **31%** des émissions, et les **3%** restants sont attribués au déplacement du **personnel** dans le **cadre du travail**.

On notera que la plupart des traitements dentaires réalisés au cabinet en routine sont rapides mais impliquent des émissions de carbone élevées du fait des trajets effectués par les patients. (257)

Il existe plusieurs façons de réduire l’impact des transports liés aux services dentaires.

b) Solutions

(1) Mobilité douce

La quantité d'émissions de carbone et de pollution atmosphérique générée par chaque transport varie considérablement. Il est donc important de s'intéresser au mode de transport du personnel et des soignants : (258–260)

- Le trajet **voiture/taxi** privé serait le trajet le plus polluant (variant avec le type de véhicule, le carburant utilisé et, surtout, du nombre de personnes transportées)
- Les transports en communs sont moins polluants que le transport privé, comme **le bus** et surtout **le train**.
- Les déplacements **actifs** génèrent des émissions de carbone négligeables. Ils désignent des méthodes non motorisées pour se déplacer, les plus courants étant **le vélo et la marche**.

La réduction du trafic motorisé par la promotion des **transports actifs et publics** (tels que le vélo, la marche à pied et les transports en commun) la construction d'espaces verts, le développement d'infrastructures pour les piétons et cyclistes permettrait de diminuer la pollution atmosphérique. (261,262) D'autant plus que la plus grande partie des décès évitables (près de 20 % de diminution de la mortalité) est attribuable à l'augmentation de l'activité physique, à la réduction de l'exposition à la pollution atmosphérique, au bruit de la circulation et à la chaleur. (263)

Ainsi, un cabinet proche des transports en communs (bus, tram, trains), des pistes cyclables et équipé d'un parking à vélo, pourrait inciter les patients à se déplacer de façon plus « propre ».

(2) Déplacements liés aux laboratoires

Plus les laboratoires dentaires sont proches du cabinet ou du service, plus les émissions émises par les transports aux laboratoires seront faibles.

Intégrer un prothésiste dans les grandes structures peut également paraître comme une solution pertinente.

Enfin, les praticiens peuvent influencer les laboratoires en promulguant les pratiques écologiques qu'ils appliquent.

(3) Réorganiser sa pratique

Tout en offrant la meilleure qualité et sécurité aux patients, les praticiens peuvent envisager de modifier la façon dont ils dispensent les soins. Par exemple en organisant leur plan de traitement de façon à **réduire le nombre de visite**, en associant les visites des membres d'une même famille le même jour ou en faisant moins de petits rendez-vous fréquents, mais plus de long rendez-vous (ce qui permettrait en outre de réduire la quantité de déchets.)

Les programmes communautaires de santé bucco-dentaire et les programmes de prévention réduisent également sur le long terme les émissions liées aux trajets et à la dentisterie en générale.

(4) Télé médecine

La télé médecine est définie comme l'utilisation de technologies de l'information et de la communication dans le but de fournir des services de soins à distance. Elle serait un outil aidant à la réduction des émissions de GES liés à la mobilité.(264–266)

Les services de télé médecine permettent de réduire les besoins de transport. Cependant, l'impact environnemental de ces technologies est complexe. Il dépend en effet de la téléconférence, de la durée du rendez-vous, de sa pertinence, de la qualité de la connexion internet et de la quantité d'utilisation des technologies. (267)

La télémédecine présente de nombreux avantages pour les courtes réunions qui utilisent de faibles bandes passantes. A des bandes passantes plus élevées, le transfert de données est le principal contributeur aux émissions de la télémédecine. (264)

En dehors des émissions dues aux trajets, l'utilisation continue de la télémédecine, comparée à des heures de consultations conventionnelles, émet plus de GES en raison de la quantité d'énergie nécessaire à son fonctionnement et à l'acquisition de matériel. (264)

La télémédecine est considérée comme une stratégie efficace de lutte contre le réchauffement climatique, si utilisée à **bon escient** et de **manière réfléchie**. En plus des zones rurales, les environnements urbains peuvent également y trouver une pertinence si cela **réduit l'utilisation de transports passifs**. De plus une étude comparative montre une satisfaction globale de la part des patients. (268) Enfin elle est une solution lors d'événements extrêmes tel qu'une pandémie.

La **télédentisterie** est une forme de télémédecine dédiée à la dentisterie utilisant des dossiers médicaux électroniques pour fournir des consultations à distance. Elle permet de faciliter l'échange d'informations entre praticiens et d'orienter les patients nécessitant des traitements spécialisés. Elle permet un accès aux soins plus tôt et mieux organisés pour les populations mal desservies, tout en diminuant le nombre de déplacements inutiles. (269–271)

Lors de la crise du COVID-19, la télémédecine a été d'une précieuse aide. La plupart des cabinets et services dentaires en France étaient fermés car la production importante d'aérosols en dentisterie entraînait un risque de transmission du virus aux patients et cliniciens important.(272–274) La mise en place de la téléconsultation a permis de réduire ce risque tout en assurant la permanence des soins d'urgence. (275)

La télédentisterie est apparue comme un **outil prometteur** dans la prise en charge à distance des patients chirurgicaux et non chirurgicaux, notamment en réduisant les coûts, les temps d'attente, les trajets, et les risques de transmission de virus.(276)

2. Réduire les émissions liées aux achats

Au sein des services dentaires de la NHS anglaise, la chaîne d'approvisionnement représentait 19% de l'empreinte carbone de la dentisterie. Analyser la qualité et quantité de nos achats, fait partie intégrante de toute stratégie de réduction des émissions.

a) Achats durables

Des achats éco-responsables (matériel médicale, nourriture, énergie etc) permettent de choisir des produits ayant un impact environnemental faible tout au long de leur cycle de vie. Ils ne sont pas nécessairement les plus coûteux. Un **approvisionnement local** permet également de favoriser l'économie locale tout en réduisant les émissions de GES. (277)

Cependant, réfléchir au cycle de vie global d'un produit, revient à s'interroger sur son empreinte carbone globale c'est-à-dire sur sa conception, sa main d'œuvre, son acheminement, son emballage et son recyclage. Cette réflexion nécessite un travail des différents services hospitaliers (économiques, financiers, pharmaciens etc) et des fournisseurs.

Des **obstacles** majeurs peuvent altérer la mise en place d'une telle politique d'achat, notamment le code de marchés publics, l'ouverture à la concurrence, la qualité de l'offre ou encore les contraintes décisionnelles des directions hospitalières. (66,278)

b) Achats éthiques

Outre l'aspect écologique de nos achats, il faut également prendre en compte l'aspect éthique. La chaîne d'approvisionnement mondiale peut ne pas toujours être éthique et certains des produits achetés portent ainsi atteinte aux **droits fondamentaux** du travail, à la sécurité et aux droits humains des travailleurs, notamment dans les pays en développement. (279,280)

En dentisterie, la BDA (British Dental Association) a publié un guide utile sur les achats durables et éthiques. Il existe également des conseils pratiques pour que les grandes organisations de santé et de protection sociale tiennent compte des normes du travail dans la chaîne des fournisseurs. (277)

c) Gestion du stock

Une gestion appropriée des stocks permet de ne pas jeter de produits périmés et de commander uniquement la quantité nécessaire. Une bonne rotation des stocks aide à ce que les articles proches de leur date de péremption sont utilisés de préférence.(281)
Enfin, des commandes bien calibrées réduisent la quantité d'emballages et les trajets.

d) La règle des 3 « R »

(1) Réduire

De nombreux professionnels de la santé choisissent ou sont contraints d'utiliser des dispositifs à usage unique. Certains de ces produits à usage unique, tels que les gants ou certaines limes endodontiques, sont obligatoires, tandis que d'autres, sont choisis pour plus de **commodité**. Bien que certains soient nécessaires pour réduire les risques d'infection, d'autres ne le sont pas. Il semble ainsi logique que les instruments à usage unique soient moins respectueux de l'environnement du fait de leur production, emballage, transport et élimination. Nous verrons par la suite des solutions pour réduire la quantité de plastiques à usage unique utilisés dans notre profession.

Au niveau du bureau, l'impression en recto-verso, l'optimisation des mises en page et la réutilisation de feuilles en brouillons sont des mesures simples qui réduisent l'utilisation de papier. Le papier certifié porteur d'un label tel que FSC ou PEFC minimise l'impact de sa fabrication.

(2) Réutiliser

Réutiliser et prolonger la durée de vie des équipements permet de limiter l'achat du neuf car tout objet neuf est consommateur en matières premières et énergie.

Pour les équipements électriques il est possible de choisir des équipements « reconditionnés » ou écolabellisés (indiquant un engagement dans un matériel performant et économes en énergie.)

(3) Recycler

Le **recyclage** permet ensuite de s'affranchir du reste. Cette gestion des déchets est moins coûteuse que la mise en décharge ou l'incinération. Elle générerait des économies pour les cabinets dentaires.(101)

Idéalement, les fabricants devraient fournir des informations sur le recyclage des équipements médicaux dans des manuels d'utilisation et/ou proposer de les recycler eux-mêmes. Demander de telles informations pourrait inciter les fabricants à fabriquer des produits facilement recyclables.

- Le tri sélectif

De nombreux déchets n'ayant **pas été en contact** avec le patient sont **recyclables**. Citons par exemple les cartons, les emballages des produits, certains papiers et publicités. Il est ainsi intéressant d'introduire le tri sélectif dans les services et cabinets dentaires.

Cependant, introduire le recyclage impose une **réflexion** dans la gestion du service et une **motivation** de l'ensemble **du personnel**.

En effet les campagnes basées uniquement sur l'information sont un début utile, mais n'entraînent pas un changement de comportement sur le long terme. Faciliter la gestion des déchets, et améliorer l'accessibilité au tri aideront plus durablement. (282)

Par exemple, dans les zones où l'utilisation de produits recyclables est plus grande (comme le bureau ou les lieux de stockage), il est intéressant de rendre **plus accessible** les conteneurs de tri que les poubelles d'ordures ménagères. **Augmenter la taille et largeur** de ces contenants importe également car les déchets recyclables sont généralement plus gros et cela améliore leur visibilité.

Enfin, il faut réfléchir à l'espace disponible dans les services, au lieu de stockage, et à la fréquence de récupération des déchets par les services extérieurs. Des conteneurs de recyclage empilables aident à résoudre certaines de ces problématiques.

- Les dispositifs médicaux

Tous les dispositifs médicaux hors service, du pousse-seringue au cône beam en passant par le mobilier électrique, sont considérés comme des déchets d'équipements électriques et électroniques professionnels (DEEE pro).(283)

Ces déchets relèvent d'une réglementation spécifique : afin d'être correctement dépollués avant d'être recyclés, ils ne doivent pas être jetés avec les déchets banals ou dans les bennes à ferraille. En effet les DEEE pro sont des déchets dangereux. Certains dispositifs médicaux contiennent des fluides frigorigènes, de matériaux précieux, mais également toxiques, tels que le verre, les plastiques, les métaux ferreux et non ferreux ou les métaux rares.

Ils sont recyclés à 84% de leur poids, permettant d'économiser les ressources naturelles et d'éviter les nuisances environnementales qu'engendrent leur extraction et leur transformation.(284)

Les DEEE collectés par la filière agréée sont traités en France et en Europe avec un haut niveau de protection de l'environnement. Il existe des **filières de recyclage des DEEE du monde dentaire** avec des éco-organismes tels que Recydent et Récyllum(285), même si pour les DEEE issus de l'activité professionnelle, il incombe au producteur de l'équipement de permettre une voie de prise en charge de ces déchets.

3. Réduire la consommation d'énergie

La gestion de l'énergie repose à la fois sur des moyens matériels et humains. Il s'agit tout d'abord d'un **changement de comportement** visant à diminuer **la consommation** ce qui ne nécessite aucun investissement matériel mais une **participation humaine**. Cette gestion dépend donc de l'implication du personnel, et donne des résultats variables en fonction de la motivation du personnel. Elle présente l'avantage de faire des économies financières et énergétiques très significatives.(286)

a) Chauffage et Climatisation

Le chauffage et la climatisation sont tous deux des grands postes de consommation. L'utilisation d'appareils à **haut rendement** énergétique est plus économe car plus l'appareil est performant, moins il consomme. Lorsque le cabinet est fermé, des **thermostats réglables** permettent de diminuer la température du chauffage et donc la consommation.

Quelques éco-gestes réduisent la consommation de la climatisation : (287)

- Ne pas dépasser 8 °C d'écart entre l'intérieur et l'extérieur
- Eteindre la climatisation en partant le soir et bien fermer les fenêtres et portes des pièces à climatiser
- Ne pas régler trop bas le thermostat lors de la mise en marche de l'appareil, car la température de la pièce ne baissera pas plus vite
- Bien nettoyer les filtres

L'entretien annuel des appareils est fortement conseillé afin de leur assurer un bon fonctionnement, une meilleure efficacité et augmenter leur durée de vie.

b) Equipements de stérilisation

La stérilisation permet de garantir un dispositif médical exempt de tout microorganisme. Le seul procédé de stérilisation recommandé pour les cabinets dentaires est la stérilisation par chaleur humide avec des autoclaves.

La stérilisation par la chaleur sèche, communément connus sous le nom de «Poupinel», est à proscrire car elle est inactive sur certains agents. (288)

Il est nécessaire de s'assurer, lors de l'achat, que le modèle est **approprié** aux fins prévues. Un produit trop petit entraînera des cycles de machine supplémentaires et une machine trop grande entraînera une faible utilisation de la machine.

Les autoclaves médicaux nécessitent de l'énergie thermique pour obtenir un fluide à haute pression et température. L'énergie solaire peut être utilisée à cette fin. (289) En effet dans certains pays, de nombreux problèmes de santé public sont directement liés au manque d'accès à une électricité fiable (environ 1,4 milliard de personnes n'ont pas accès à l'électricité.(290)) Sans électricité, la stérilisation des instruments médicaux à l'aide d'autoclaves est compromise.

Pour pallier cette problématique, une équipe a conçu un autoclave solaire d'une capacité de 40 litres. (290) L'utilisation de l'énergie solaire au lieu du GNL (Gaz Naturel Liquéfié) ou de l'électricité de réseau pour chauffer l'autoclave a conduit à une économie annuelle d'environ 350 euros par an pour un petit laboratoire. (291)

Dans une autre étude, Neumann et al. (292) ont étudié les performances d'un autoclave solaire compact. Dans cet autoclave, l'énergie thermique du soleil a été appliquée pour la production de vapeur.



Figure 22 : Schéma et photographie d'un autoclave solaire étudié (292)

c) Consommation au bureau

Les appareils électroniques présents au secrétariat ont une consommation d'énergie qui peut être diminuée par des mesures simples : (293)

- S'équiper léger, privilégier le réemploi et la réparation
- Un appareil multifonction (imprimante + photocopieur + scanner) consomme moins que trois appareils indépendants.
- Privilégier les imprimantes qui permettent le remplacement indépendant de chaque couleur.
- Brancher les équipements (ordinateur, imprimante, box...) sur une **multiprise à interrupteur et l'éteindre**. Sinon, même éteints, les équipements continuent de consommer.
- Fermer le plus souvent possible l'interrupteur **d'alimentation de la box** et du **récepteur TV**, car une box TV peut consommer autant qu'un réfrigérateur.
- Diminuer un maximum le nombre de programmes ou d'onglets ouverts et inutilisés.
- Désactiver le wifi de la box s'il n'est pas utilisé.
- Utiliser les modes « économies d'énergie » sur les ordinateurs et téléphones.
- Stocker uniquement le nécessaire sur le Cloud : cela permet de se protéger contre des utilisations indésirables en plus d'alléger les data centers (pour garantir leur accessibilité en permanence, les données sont stockées simultanément sur plusieurs serveurs).

4. Diminuer la consommation en eau

De nombreuses mesures permettent une limitation de la consommation en eau telles que l'utilisation de **réducteurs de pression**, de **limiteurs de débit** ou d'**économiseurs** à installer sur les robinets. D'après Izquierdo, directrice des technologies et services du groupe hospitalier Mer en Espagne, la seule installation de ces économiseurs à tous les robinets avait réduit de **40%** la consommation d'eau sur tout son réseau hospitalier. (66)

L'autoclave, et la blanchisserie sont des postes utilisant une quantité importante d'eau. Néanmoins des solutions existent pour diminuer cette consommation.

a) **Autoclaves**

Le CH de Chambéry a réussi à amoindrir la consommation d'eau dans le service de stérilisation, en utilisant des autoclaves qui utilisent 120 litres d'eau par phase (un autoclave consommant entre 200 à 250 litres par cycle). À la Clinique Sarrus teinturiers à Toulouse, les autoclaves fonctionnent en circuit fermé depuis 2006 : l'eau d'osmose est récupérée, grâce à un circuit supplémentaire. (66)

b) **Blanchisserie**

À Tours, le CHRU est parvenu à diviser sa consommation d'eau par litre de linge : 5,5 litres au lieu de 12 litres, grâce au recyclage de l'eau. Les eaux usées sont également utilisées pour réchauffer l'eau de réseau par échange thermique, et permettre des économies de consommation électrique. Le CH rejette ainsi deux fois moins d'effluents. (66)

À la Clinique Saint-Gatien, l'équipe a organisé une sensibilisation du personnel pour éviter de faire tourner des demi-charges d'auto-laveur. Le personnel connaît aussi la dangerosité des effluents et saura donner l'alerte rapidement en cas de fuites. (66)

c) **Système d'aspiration**

Dans une salle de soins dentaires, le fauteuil possède un système d'aspiration. Ce système d'aspiration fait appel à une pompe à vide.

Les types de pompe sont classés en système humides et systèmes secs (294):

- **Humide** : ces pompes utilisent de l'eau pour créer une pression d'aspiration. C'est un système d'aspiration fiable, mais qui requiert beaucoup d'eau potable : environ 1360L par jour. La puissance d'aspiration va jusqu'à 2 MPa. Certaines pompes de ce type utilisent de l'eau recyclée.
- **Sec** : ces pompes créent une pression d'aspiration en pompant l'air en dehors de la chambre d'aspiration. La puissance d'aspiration va jusqu'à 3 MPa selon les différents systèmes. C'est un système qui n'utilise pas d'eau, et nécessite moins de maintenance. Il est néanmoins plus cher à l'achat, plus bruyant et nécessite plus de place.

Les systèmes d'aspirations « secs » permettent de réaliser de fortes économies en eau et seraient plus écologiques. (295,296)

5. Diminuer la quantité de déchets

Les services dentaires produisent des quantités importantes de déchets variés (recyclables, ménagers, alimentaires, cliniques, dangereux etc...), ayant un impact sur les émissions de GES, l'environnement et la biodiversité.

L'utilisation de produits **réutilisables**, associée à des procédures de **stérilisation plus efficaces**, pourrait réduire les coûts sur le long terme, diminuer la quantité d'emballages et réduire les risques sur les patients. (297). Cependant les connaissances de la durée de vie de ces produits et des coûts engendrés sont insuffisantes.(103)

En Europe, environ un quart de tous les déchets sont incinérés. Une incinération imparfaite ou des matériaux inadaptés (plomb, mercure, chlore) à ce mode d'élimination entraînent le rejet de polluants atmosphériques et de résidus de cendres toxiques. (101,102) Par exemple, la combustion de déchets médicaux contenant du chlore, comme le plastique chlorure de polyvinyle (PVC) présent dans les gants, génère des dioxines et des furanes, qui sont bioaccumulables et hautement toxiques. Il est ainsi recommandé d'acheter des dispositifs sans PVC.(102)

L'équipe dentaire a donc des responsabilités légales et professionnelles de bonnes gestions des déchets.

a) LES DASRI

Avec une production de 700 000 tonnes de déchets par an, les hôpitaux français représentent à eux seuls près de 3,5 % de la production nationale. Aujourd'hui, on estime la quantité de déchets à 1050 kg par lit et par place produits chaque année sur le territoire, contre une moyenne nationale de 360 kg par an et par habitant. (298)Ceci montre clairement l'ampleur de la problématique qui reste propre à l'activité hospitalière.

En tant que producteur de déchets, les établissements doivent ainsi organiser les processus d'élimination conformément à la réglementation et au code de l'environnement, en assurant le respect des règles d'hygiène, de sécurité pour les personnes, les biens et l'environnement, ainsi que leur coût financier. Il est essentiel de concourir à de nouveaux enjeux en matière de gestion des déchets : **réduction, réutilisation et recyclage.**

(1) Réglementation DASRI

Le Décret 6 nov 1997 (299) décrit les Déchets d'activités de soins à risque infectieux (**DASRI**) comme des déchets qui « présentent un risque du fait qu'ils contiennent ou peuvent contenir des microorganismes viables ou leurs toxines dont on sait ou dont on a de bonnes raisons de croire qu'en raison de leur nature, de leur quantité ou de leur métabolisme, ils causent la maladie chez l'homme ou chez d'autres organismes vivants. »

Soit même en l'absence de risque infectieux, les déchets suivants sont considérés comme DASRI :

- Les matériels et matériaux piquants ou coupants destinés à l'abandon, qu'ils aient été ou non en contact avec un produit biologique ;
- Les produits sanguins à usage thérapeutique incomplètement utilisés ou arrivés à péremption ;
- Les déchets anatomiques humains, correspondant à des fragments humains non identifiables.

La généralisation de **produits à usage unique** a **accru** considérablement la **quantité** de DASRI. Environ 165 000 tonnes de DASRI sont produites chaque année, quantité non négligeable dans un établissement de soins (environ 17 % de la totalité des déchets). Ils présentent un **coût de traitement élevé** (4 à 8 fois plus élevé que celui des ordures ménagères), car ils nécessitent des collecteurs sécurisés, un lieu de stockage dédié, une date limite de stockage restreinte (72h) et une stricte traçabilité. (298).

Les déchets DASRI doivent être soit assimilés en tant que DASRI, soit prétraités de telle manière qu'ils puissent ensuite être collectés et traités dans les communes comme déchets ménagers. Ils ne peuvent pas être compostés.

Le prétraitement peut se faire dans l'établissement producteur de DASRI ou par un prestataire extérieur. Cette opération consiste en une désinfection thermique ou chimique, associée à une modification de l'apparence des DASRI. Ils sont ensuite soit considérés comme des déchets ménagers et sont stockés en centre de classe 2, soit incinérés dans les Usines d'incinération d'Ordures Ménagères (UIOM). (300)

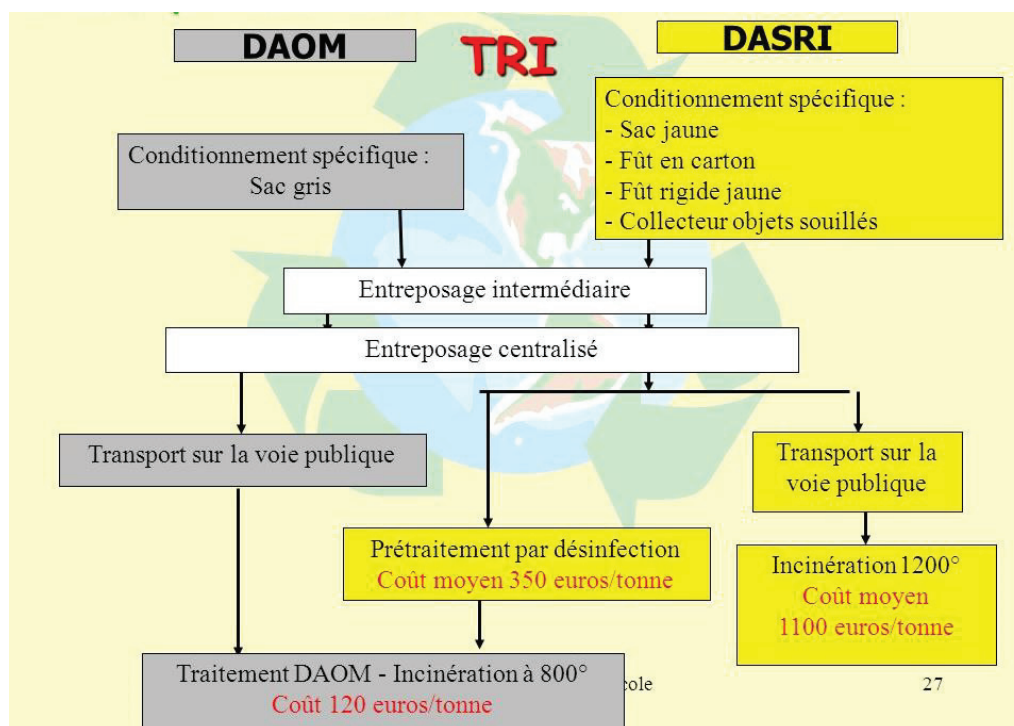


Figure 23 : Circuit quotidien des déchets (301)

(2) Réduire la quantité de DASRI

Afin de réduire la quantité de DASRI d'un point de vue budgétaire et durable, un groupe de travail régional en 2015 à l'hôpital de Cholet (301) s'est centré sur une **analyse du risque** de la gestion de certains **DASRI mous** en **filière déchets ménagers**, après 18 mois de mise en place au sein de leur hôpital.

D'après la définition du décret, le risque infectieux existe si :

- Présence d'un micro-organisme pathogène en quantité suffisante (dose infectante)
- Durée de vie du micro-organisme suffisamment longue en milieu extérieur
- Existence d'une voie de pénétration du germe chez l'homme

Il a été ainsi conclu que « Pour un grand nombre de déchets issus de soins, le risque de contamination était suffisamment **négligeable** pour qu'il soit évacué dans la filière des **DADM** (Déchets Assimilés aux Déchets Ménagers) ». (301)

Ainsi en plus des déchets clairement définis dans la réglementation :

- Produits sanguins à usage thérapeutique incomplètement utilisés ou arrivés à péremption
- Le matériel piquant, coupant ou tranchant
- Les déchets anatomiques humains non aisément identifiables par un non-spécialiste

Le groupe propose également de rajouter les déchets avec **une grosse quantité** de liquides biologiques (écoulement possible), **redons**, poches de liquide biologique **non vidangée**.

Dans les DADM, les déchets biologiques **sans risques d'écoulement** (hors piquants, coupants, tranchants, perforants, verres, déchets anatomiques, déchets anticancéreux et radioactifs), ont été rajoutés. (301)

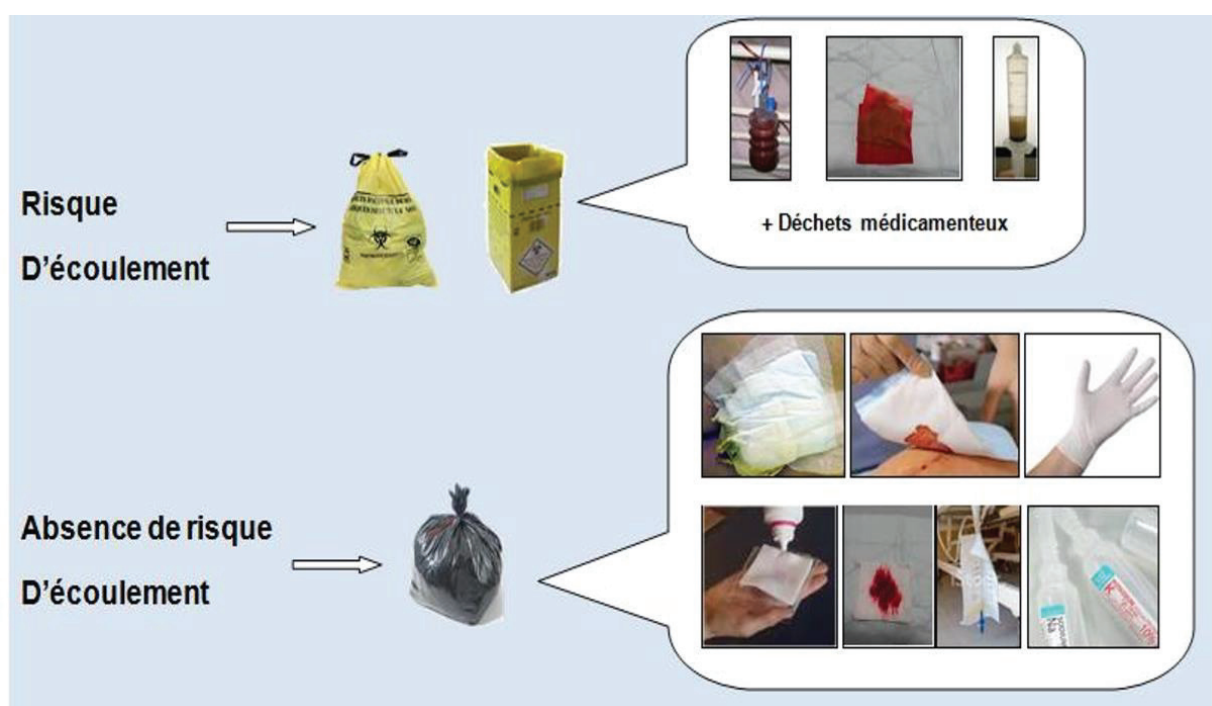


Figure 24 : Nouvelle gestion des DASRI(301)

C'est au regard de ces définitions qu'il a pu être décidé au sein du service dentaire du CHU de Nice de réserver **l'usage des sacs jaunes DASRI au bloc**. Ainsi une différence a été faite entre contaminé et souillé, et « très souillé ».

Le « très souillé » reste à évacuer en DASRI, voire en carton ou fût pour le mou et le liquide.
















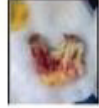















Exemples de déchets allant vers la filière DADM 	Exemples de déchets allant vers la filière DASRI 
   	   
 	  
   	<p>Déchets médicamenteux</p>  
  	 
  	

Figure 25 : Nouvelle classification des déchets(301)

(3) Des conteneurs DASRI moins polluants

D'après une étude, (302) la **conversion** de conteneurs DASRI **jetables** en conteneurs DASRI **réutilisables** réduirait les GES du flux de déchets tranchants de **84%**, auprès d'un hôpital situé à distance de ses lieux de traitement des déchets.

Ainsi l'utilisation de récipients réutilisables lors du traitement des DASRI permettrait de diminuer les émissions de gaz à effet de serre d'un hôpital. Pour un calcul précis, il faut cependant rajouter les distances entre l'hôpital et la déchetterie et instaurer une réflexion sur le nombre de trajets par jour nécessaires.

A ce jour, l'émission de noir de carbone (Black Carbon -BC), ou suie, est l'émission la plus importante après le dioxyde de carbone (CO₂). C'est une forme amorphe et élémentaire du carbone. Le noir de carbone est massivement produit par l'industrie de la pétrochimie, par combustion incomplète d'hydrocarbures ou d'huile végétale.

De manière surprenante, les preuves scientifiques sur la réduction des émissions de noir de carbone dans les établissements de santé sont rares. A Haïti des auteurs trouvent que les émissions de noir de carbone sont nettement **moins importantes** lors de l'**incinération** de conteneurs DASRI en **cartons** que de conteneurs DASRI en plastique, avec une nette augmentation statistiquement significative de 10,96% de fumée pour ceux en plastiques. (303)

Par ailleurs, des températures inférieures de combustions ont été observées lors de l'incinération de contenants en carton que ceux en plastiques.

L'utilisation de conteneurs en cartons ou réutilisables réduisent ainsi les émissions de GES de gestion des DASRI.

b) **Les plastiques**

(1) Instruments à usage unique ou stérilisable

En dentisterie de nombreux objets, instruments, sachets de stérilisations, sont à usage unique et/ou en plastique, et la plupart du temps emballés dans des sachets en plastiques à usage unique eux aussi.

Les preuves de la supériorité des instruments réutilisables ou jetables sont très limitées en dentisterie, bien qu'elles se développent dans d'autres domaines médicaux. (101)

Une récente revue d'instruments laparoscopiques(304), a comparé les différences de qualité, de sécurité, de stérilité, de facilité d'utilisation et de résultats pour les patients entre les instruments à usage unique et les instruments réutilisables à l'aide d'articles datant de 2000 à 2015. Les résultats ont suggéré que les instruments réutilisables présentaient un avantage en termes de **coût économique et environnemental**.(305)

En 2012, une étude s'est intéressée aux masques laryngés réutilisables et a conclu que le masque à usage unique avait un impact environnemental bien plus important. (305) La plus grande source d'émissions de GES pour les masques jetables est la production et la polymérisation du PVC, principal constituant du matériau. La majorité des émissions de CO₂e du masque réutilisable provient de l'utilisation de l'autoclave.

D'autres études ont montré que les coûts environnementaux étaient bien plus importants lors de l'utilisation de blouses chirurgicales jetables que des blouses chirurgicales réutilisables.(306,307)

Enfin, une récente thèse a comparé les **coûts d'utilisation** de produits à usage unique ou stérilisables en dentisterie. Pour certains instruments tels que les kits d'examen (composés d'une sonde, d'un miroir et d'une précelle) l'utilisation de kits jetables est plus coûteuse. Pour d'autres, (comme les aspirations jetables ou réutilisables) les résultats diffèrent, en raison des frais des processus de stérilisation. (308)

(2) Pochettes de stérilisations

- Pochettes à usage unique

Ce sont des sachets thermo-soudés, constitué d'une feuille de papier et d'une feuille de polyéthylène (plastique), liées par thermo-soudure, utilisées à usage unique.

Ces pochettes de stérilisations sont fréquemment utilisées par les cabinets et services dentaires.

Ces 2 matériaux sont recyclables (si les pochettes ne sont pas souillées) mais pas selon la même voie (papier et plastique). Il faudrait donc veiller à ouvrir le sachet en séparant les 2 feuilles (plutôt qu'en perforant l'une des 2) afin de procéder au tri selon les consignes du collecteur de déchets.

La partie plastique n'est pas biodégradable, mais la partie en papier pourrait être recyclé dans les déchets papiers. Pour donner un ordre de grandeur de la quantité d'ordures produite, selon l'Eco-Dentistry Association, 1.7 milliards de pochettes de stérilisation sont jetées aux États Unis chaque année par les cabinets dentaires. (309)



Figure 26 : Pochettes de stérilisation à usage unique

- Une réutilisation possible ?

Une récente étude, montre qu'à condition que certains facteurs soient rigoureusement appliqués et contrôlés, la réutilisation de pochettes de stérilisations papier/plastique est sûre. En effet, malgré une recommandation à usage unique, la réutilisation de ces sachets est une pratique générale en Thaïlande, ou celle-ci est réalisée dans les cabinets et même hôpitaux. (310,311)

En pratique, seule une pochette intacte assez grande pour pouvoir être rescellée peut être restérilisée. L'étape de l'ouverture est donc très importante, et une inspection minutieuse est nécessaire avant le réemballage. L'opérateur doit comprendre très clairement la procédure. Par exemple l'ouverture des poches doit impérativement être effectuée sur la base d'une technique aseptique avec des mains non contaminées. Elle doit être minimale, dans le bon sens, juste suffisante pour libérer l'instrument et éviter une trop grande déchirure.

Les auteurs estiment également que les sachets en papier/plastique restérilisés pourraient maintenir leur stérilité jusqu'à 6 cycles de stérilisation à la vapeur et jusqu'à 6 mois de stockage dans un environnement fermé.(311)

- Essai d'un tri des pochettes de stérilisations

Nous avons réalisé, au sein du service dentaire du CHU de Nice un essai en 2019 sur l'instauration du tri sélectif, notamment le tri de ces pochettes. Chaque partie (plastique et papier) était correctement séparée et mise dans 2 cartons différents. Après quelques jours, la majorité du personnel du service y participait et à la fin des 2 semaines, les résultats étaient très satisfaisants.

Les principaux freins à une mise en place durable étaient, tout d'abord, l'absence de grands conteneurs de tri au sein de notre centre, engendrant une discussion avec les responsables des déchets du Centre Hospitalier qui étaient très favorables à la mise en place du tri sélectif. Ensuite nous pouvons citer le manque de place au sein des box, le manque de conteneurs adaptés, et le travail rajouté aux aides-soignants.

Nous en avons conclu qu'une réflexion globale avec tout le personnel hospitalier (soignants-administratifs- personnel ménager etc...) est primordiale pour mettre en place un tri, accepté et réalisable par le personnel. La gestion des déchets et le service doivent être réorganisé, ceci encouragé par une politique tournée vers le vert. Enfin d'un point de vue économique, au sein de notre CHU, la gestion des déchets à recycler est moins couteuse que celle des ordures ménagères.



Figure 27 : Photo de nos conteneurs de récupération des plastiques (bas) et papiers (haut) lors de l'essai

- **Recyclage des emballages plastiques**

Différents pays mettent en place des filières de recyclage des emballages de stérilisations

- Halyard Health a développé un programme de recyclage des enveloppes de stérilisation « BLUE RENEW ». Le programme a débuté en 2010 dans le but d'aider les établissements de santé à recycler le film de stérilisation HALYARD utilisé dans les salles d'opération.

L'enveloppe est constituée de tissu en polypropylène, qui est recyclable. En Amérique du Nord, près de 300 établissements de santé, utilisent ce programme.(312)

- En Australie et en Nouvelle-Zélande, Kimberley-Clark a lancé un programme de recyclage des emballages stériles KIMGUARD * avec SITA-MediCollect. (313)

Les emballages stériles KIMGUARD * utilisés, propres et non contaminés sont collectés par SITA MediCollect, qui les recycle en pastilles de polypropylène. Ces pastilles sont ensuite utilisées pour fabriquer des seaux, des siphons et des emballages en carton ondulé.

- PVCMed Alliance (The European Council of Vinyl Manufacturers) a financé un programme RecoMed200, cherchant à recycler les plastiques PVC d'une dizaine d'hôpitaux britanniques. (314)

(3) Alternatives aux pochettes à usage unique

- **Pochettes de stérilisation réutilisables**

Actuellement, dans le marché, ils existent des pochettes de stérilisation réutilisables, fabriquées et commercialisées aux États-Unis. Par exemple la marque EnviroPouch®, (315) enregistrée et accréditée par la FDA (Food and Drug Administration), en propose en tissus, réutilisables environ 200 fois.

Malheureusement les recommandations françaises ne s’y prêtent pas encore.



Figure 28 : Pochettes de stérilisation réutilisables (314)

- **Conteneur réutilisable**

Un autre dispositif de stérilisation réutilisable est le conteneur de stérilisation. Ce sont des conditionnements rigides soumis à la norme NF 868-8 et réutilisables, par lesquels les produits stérilisables à la vapeur peuvent être transportés, stérilisés et conservés dans cet état. Ils doivent permettre l'extraction et l'utilisation aseptique du matériel.

Il s'agit d'une boîte perforée en aluminium anodisé munie d'un filtre qui peut être en papier (donc jetable à chaque utilisation), soit réutilisable (environ 1000 cycles de stérilisations). (316)



Figure 29 : Conteneurs de stérilisation

- **Papier crépon**

Le papier crépon en double épaisseur est utilisé en tant qu'emballage d'instruments ou de cassettes et que **champ opératoire**. Il peut être recyclé à condition de ne pas être souillé. Il doit : (317)

- Être utilisé en double épaisseur ;
- Posséder une bonne drapabilité (facilité de pliage et absence de mémoire) ;
- Faciliter l'extraction aseptique de l'objet ;
- Être plié par pliage enveloppe, pliage Pasteur ou par pliage carré ;
- Fermer par un ruban adhésif indicateur de passage.



Figure 30 : Papier crépon

L'emballage requiert davantage de manipulation et de temps mais il est quand même très utilisé en stérilisation hospitalière et sert plus généralement à emballer des cassettes de matériel assez volumineuses.

(4) Alternatives aux autres produits jetables

- Les plateaux

L'utilisation de **plateaux jetables en plastique à usage unique** est très commune au sein des services dentaires.

Des **plateaux « biodégradables »** ont été récemment commercialisés. Cependant, ils ont également un impact environnemental et sont la plupart du temps jetés dans la poubelle d'ordure ménagère ou dans les DASRI, ce qui ne leur permet pas de réaliser une bonne dégradation.



Figure 32 : Plateaux jetables en plastique



Figure 31 : Plateau métallique

Ils peuvent être remplacés par des **plateaux métalliques**, stérilisables à l'autoclave qui ont une durée de vie longue.



Figure 33 : Plateau métallique avec une feuille de papier jetable

Une feuille de papier y est fréquemment ajoutée. Elles sont changées entre chaque patient, et le plateau nettoyé. Cette utilisation rajoutera des déchets mais l'impact total sera quand même moindre que celui d'un plateau jetable.

D'après la **classification de Spaulding**, ces plateaux peuvent être considérés **comme semi-critique**. En effet, ils peuvent être en contact avec la peau ou les muqueuses incisés mais ne vont pas à être introduit dans le système vasculaire, dans une cavité ou tissu stérile. Une stérilisation ne serait donc pas spécifiquement nécessaire si une **désinfection de haut niveau** est réalisée. (318)

- Kits d'instruments jetables

Les kits d'instruments à usage unique (sonde/miroir/précelle par exemple), peuvent être remplacés par des instruments métalliques stérilisables.



Figure 35 : Kit d'instruments jetables



Figure 34 : Kit d'instruments réutilisables

Une récente étude, montre qu'à condition que certains facteurs soient rigoureusement appliqués et contrôlés, la réutilisation de pochettes de stérilisations papier/plastique est sûre. En effet, malgré une recommandation à usage unique, la réutilisation de ces sachets est une pratique générale en Thaïlande, ou celle-ci est réalisée dans les cabinets et même hôpitaux. (310,311)

En pratique, seule une pochette intacte assez grande pour pouvoir être rescellée peut être restérilisée. L'étape de l'ouverture est donc très importante, et une inspection minutieuse est nécessaire avant le réemballage. L'opérateur doit comprendre très clairement la procédure. Par exemple l'ouverture des poches doit impérativement être effectuée sur la base d'une technique aseptique avec des mains non contaminées. Elle doit être minimale, dans le bon sens, juste suffisante pour libérer l'instrument et éviter une trop grande déchirure.

Les auteurs estiment également que les sachets en papier/plastique restérilisés pourraient maintenir leur stérilité jusqu'à 6 cycles de stérilisation à la vapeur et jusqu'à 6 mois de stockage dans un environnement fermé.(311)

- Autres produits

Des **seringues air/eau** en acier autoclavable existent chez de nombreux fabricants.



Figure 36 : Seringue air/eau en acier

Les **embouts d'aspirations** chirurgicales à usage uniques peuvent être remplacés par des aspirations chirurgicales en plastique stérilisables.

Des **pompes à salive en acier inoxydable** peuvent remplacer celles en plastique. Elles perdront cependant leur flexibilité.



Figure 37 : Pompe à salive en acier (284)

La **tête** peut s'avérer inutile si une bonne désinfection entre chaque patient est réalisée.

Au niveau des **champs de protection** pour le patient, il est préférable d'utiliser du **tissu** réutilisable. Les textiles à base de coton biologique, de lin ou de chanvre ou de fibres recyclées sont à privilégier car beaucoup moins consommateurs en eau et énergie (avec lave-linge bien classé énergétiquement).(319)

Si l'on opte quand même pour des serviettes et bavettes en papier, il faudra les choisir en papier recyclé, et veiller à ce qu'elles ne contiennent **pas de chlore** dans leur composition

Des **seringues d'irrigation endodontiques** en acier inoxydable réutilisables à haute et petite capacité existent également. (320)



Figure 38 : Canule d'irrigation stérilisable

Bien que le crachoir ne fasse plus partie des normes françaises d'hygiène, de nombreux dentistes en possèdent encore. Ainsi des **gobelets réutilisables en inox ou plastique**, peuvent remplacer les gobelets plastiques ou cartons à usage unique.



Figure 39 : Exemples de gobelets réutilisables personnalisables

Enfin, des **portes empreintes** en acier inoxydable existent, bien que le nettoyage reste assez contraignant.



Figure 40 : Portes empreintes en acier

(5) Réorganisation des instruments

Une autre piste est de **grouper les instruments par actes**, ce qui améliore l'ergonomie tout en diminuant la quantité d'emballages. Par exemple, au service dentaire niçois, il existe dorénavant des « cassettes chirurgicales » pour les actes d'avulsions, comprenant un syndesmoteur, un élévateur, une pince gouge, une curette chirurgicale, des ciseaux et une pince à suturer. Les daviers sont à l'écart afin de choisir le plus approprié à la dent. Ainsi au cours d'une chirurgie d'avulsion, 2 sachets sont utilisés pour les instruments chirurgicaux, au lieu d'un sachet par instrument.

Cette réflexion est particulièrement importante pour les services dentaires cliniques ou hospitaliers, du fait de la quantité de personnes travaillant sur le même lieu (praticiens, étudiants etc.). De plus elle permet au service niçois de diminuer les coûts de stérilisation car ils sont calculés en fonction du nombre de sachets utilisés et non pas par la quantité d'instruments à l'intérieur.

c) **Les déchets médicamenteux**

(1) Améliorer le traitement des eaux usées hospitalières

Les micropolluants sont des molécules minérales ou organiques issues des industries chimiques, pharmaceutiques ou de l'agriculture, qui peuvent, même à des concentrations très faibles, avoir des impacts négatifs sur les écosystèmes.

Les effluents hospitaliers se différencient des eaux usées urbaines par leurs importantes concentrations en produits pharmaceutiques et produits d'entretien, ainsi que la présence élevée de bactéries multirésistantes. Ces substances se retrouvent dans les eaux usées, résistent aux traitements d'épuration, puis terminent leur course dans les eaux de surface. (321) Ces traitements ne sont pas conçus pour les molécules chimiques complexes rejetées. Certaines d'entre elles sont suspectées ou connues comme des **perturbateurs endocriniens**. Leur présence dans les eaux de surface entraîne des conséquences néfastes pour les organismes vivants et très probablement chez l'être humain. (322,323)

Peu de connaissance existent sur le traitement de certains composés non réglementés. Par exemple, le transfert vers les sols ou les nappes souterraines des résidus de médicaments est susceptible d'engendrer des problèmes de santé publique (dissémination de l'antibiorésistance), ou de production d'eau potable. (324)

Comprendre et maîtriser le devenir des micropolluants organiques et métalliques constitue un véritable enjeu de **santé publique** et de **préservation de l'environnement**. Les solutions techniques de traitement des micropolluants dans l'eau existent mais ces solutions ne peuvent pas seules nous prévenir des risques de pollution des milieux aquatiques et de nos ressources en eau. Il est essentiel de rechercher des solutions de **réduction à la source**, multiples et diversifiées. Pour ce faire, chacun, dans ses pratiques professionnelles et domestiques, doit être **acteur de la préservation** de la qualité de notre environnement. (325,326)

De nombreuses pistes existent : un meilleur usage et dosage des médicaments en lien avec la pharmacocinétique, la conception de molécules rendant le même niveau de service médical mais ayant des effets et impacts réduits sur l'environnement, la séparation éventuelle des urines et excréta des patients qui suivent des traitements avec des molécules au fort impact environnemental, une meilleure formation et information des professionnels de l'eau et de la santé, la sensibilisation des citoyens etc. (326,327)

(2) Les déchets médicaments liés à la dentisterie

Des études en Australie et à l'étranger ont montré une augmentation des prescriptions d'antibiotiques. Les auteurs estiment que les dentistes ont tendance à en prescrire inutilement et pour des indications cliniques incorrectes, par une négligence des recommandations. (328–332)

Outre **la résistance aux antibiotiques**, la quantité de résidus de produits pharmaceutiques pénétrant dans l'environnement est croissante.

Tout d'abord les patients, excrètent les sous-produits des médicaments qui passent ensuite dans les systèmes d'assainissement individuel et collectif. (333) Des concentrations plus importantes sont cependant retrouvées dans les eaux de rejets hospitaliers en lien avec une plus forte consommation médicamenteuse.

Il existe également les médicaments non utilisés (MNU) qui sont dispensés en officine et incomplètement utilisés. Plusieurs facteurs semblent en cause tels que le non-respect des traitements prescrits, le format "grand modèle" des boîtes de médicaments pour des traitements de courte durée et des prescriptions médicales qui excèdent les normes de 30 à 70%. (334)

Les MNU peuvent contaminer l'environnement de diverses façons :(333)

- **Le réseau d'eaux usées** (WC, lavabo, ...) Si ces MNU sont jetés dans les toilettes ou dans les lavabos, ils se retrouveront dans le circuit des eaux usées (individuel ou STEP).
- **La poubelle.** Si les MNU sont jetés parmi les déchets, ils seront soit incinérés, soit mis en décharge. Or 38% des déchets ménagers sont enfouis ce qui contamine donc les sols et les eaux souterraines et peuvent ainsi réintégrer la chaîne alimentaire.

Des résidus médicamenteux peuvent donc être retrouvés à tous les niveaux des environnements aqueux engendrant de nombreux effets secondaires sur les êtres humains (antibiorésistance, perturbation endocrinienne, apparition de cancer secondaire) et sur la biodiversité (écotoxicité, bioaccumulation, génotoxicité). (335)

Ainsi, la prescription d'antibiotiques doit être administrée **avec soin**, en respectant les **recommandations** et bien **expliquée** au patient. Ce dernier se doit d'être **conscient et responsable** dans sa consommation de médicaments.

Le prescripteur doit également faire savoir que les pharmacies d'officines sont légalement obligées de réaliser la collecte gratuite des médicaments non utilisés qui, périmés ou non, sont ensuite détruits et font l'objet d'une revalorisation énergétique. Les boîtes de médicaments sont également récupérées par les officines en partenariat avec Cyclamed®.(130,333)

6. Réduire les émissions des gaz anesthésiques

a) MEOPA

Malgré ses émissions de gaz toxiques élevés, le MEOPA est une forme de **traitement simple et efficace** qui peut **réduire** le besoin d'autres **soins plus invasifs** et potentiellement plus risqués, tels que l'anesthésie générale. (336,337)

L'équipe dentaire doit toutefois être **consciente** de son impact sur l'environnement. Un moyen de réduire les niveaux d'oxyde nitreux consiste à capturer et à neutraliser le gaz lors de son utilisation, technologie souvent utilisée dans les hôpitaux mais peu courante en dentisterie, peut-être en raison d'un manque de connaissance ou des frais d'équipement. (191,338,339)

b) Anesthésie Générale

En Suède, une étude estime qu'en remplaçant le desflurane par du sévoflurane, l'empreinte carbone des anesthésies générales peut être réduite de 73%. En substituant le sévoflurane par du **propofol par voie intraveineuse**, elle pourrait être diminué encore par deux. (340,341)

Le desflurane et le protoxyde d'azote, agents les plus néfastes, doivent ainsi être utilisés avec parcimonie. Des techniques autres que l'anesthésie inhalée (par exemple, l'anesthésie IV, les blocs nerveux neuraxiaux et périphériques) fournissent une approche plus respectueuse de l'environnement.(342) En tant que chirurgiens-dentistes ou orthodontiste, une vraie réflexion doit donc motiver le choix d'une anesthésie générale sur les patients.

C. Utiliser des matériaux sains

1. Réduire l'utilisation de métaux toxiques

a) Amalgame

Les praticiens sont légalement responsables de **la collecte**, du **stockage** et de la **mise au rebut** des débris bruts et des fines particules d'amalgame éliminés par aspiration à haut débit. La pollution à l'amalgame est présente lors de tout son cycle de vie, de sa conception, sa pose, à ses déchets et à l'élimination de ses déchets. (204)

Malheureusement peu de données existent sur la contamination au mercure dans les facultés et cliniques dentaires (dues essentiellement à la pose et dépose de ces amalgames).(129,132)

La loi du 16 mai 2019(343), parfois appelée « loi mercure », vise un abandon progressif de l'utilisation du mercure à long terme, de préférence d'ici 2030. D'après le législateur, l'utilisation dentaire serait la principale source d'utilisation du mercure en Europe. Ainsi :

- L'amalgame dentaire ne doit être utilisé que sous sa forme **de capsule pré-dosée**.
- Depuis 1 juillet 2018, l'amalgame dentaire **ne doit pas être utilisé** pour **traitements dans la dentition primaire, moins de 15 ans, femmes enceintes ou nourrissons**, sauf si le professionnel dentaire le juge strictement nécessaire.
- Les praticiens doivent s'assurer que leurs cabinets sont équipés **de séparateurs d'amalgame**.
- Les professionnels dentaires doivent s'assurer que les résidus d'amalgames, les particules et les obturations, et les dents ou parties de dents contaminées par l'amalgame dentaire sont **traités et collectés par un établissement agréé ou une entreprise de gestion des déchets**.
- Les dents **retirées** présentant des amalgames doivent également être **éliminées conformément** à une gestion rationnelle des déchets et ne sont en aucun cas rejetés dans l'environnement.

Les séparateurs d'amalgame sont des éléments du matériel dentaire destinés à retenir les fines particules d'amalgame (générées lors des opérations de finition, de polissage et d'élimination des restaurations) en les séparant des eaux usées. Ceux certifiés ISO 11143 pourraient limiter de plus de 95% les quantités envoyées aux installations de gestion des eaux usées ou à l'environnement.(344)

Cette séparation peut s'effectuer par différents moyens, à l'aide d'une centrifugeuse, par sédimentation, par filtration ou par une combinaison de ces méthodes.(345)

b) Filière de traitement des déchets argentiques

Les produits de traitement utilisés pour les bains radiographiques (révélateur, fixateur et rinçage) des clichés radiologiques sont des déchets chimiques dangereux. Leur élimination doit se faire selon la fiche de sécurité fournie par le fabricant. Ils ne doivent pas être déversés dans les eaux usées. Il existe des filières valorisant les sels d'argent qu'ils contiennent. (346)

Les clichés argentiques peuvent être traités par des filières spécialisées : (133)

- En **déchèterie** où on peut trouver des conteneurs spécifiques pour collecter ces déchets
- Par un **prestataire agréé** qui garantit la confidentialité des radiographies et leur traçabilité. Ces prestataires proposent une filière complète de **collecte, transport, tri, stockage et valorisation** des films argentiques. On retrouve par exemple : - VALOREMA - REMONDIS FRANCE - SAGEDRS en Ile-de-France - SNM en Midi-Pyrénées - RHONE-ALPES ARGENT

- A une **association** comme Pharmaciens Sans Frontières ou Pharmacie Humanitaire Internationale. Ces dernières vont les vendre à des prestataires spécialisés qui vont récupérer l'argent contenu dans ces radios. Cela permet aux associations de dégager des fonds pour financer des projets à caractère humanitaire.

L'argent contenu dans les radiographies argentiques est récupéré après broyage dans une solution active. Elles subissent ensuite un lavage chimique par électrolyse afin d'être récupéré sous forme ionique et acheminé vers un fondeur affineur. L'argent récupéré est ensuite coulé en lingot.

La radiographie argentique se fait cependant de plus en plus rare au profit de la radiographie numérique.

c) Améliorer la production d'AGNPs

La production mondiale actuelle d'AgNPs est estimée à environ 500 tonnes par an, et ne cesse d'augmenter chaque année. (139) Cependant, les méthodes chimiques et physiques de sa production sont peu respectueuses de l'environnement.

Pour y remédier, une branche de la nanotechnologie appelée « synthèse verte » (347,348) émerge progressivement. Les nanoparticules y sont produites à l'aide d'entités biologiques, comme des micro-organismes, des extraits de plante ou de la biomasse végétale.

Cette synthèse a de nombreux avantages. En effet celle-ci est respectueuse de l'environnement, peu coûteuse, facilement extensible à grande échelle, sans besoin d'utilisation de produits chimiques, de températures élevées ou de produits chimiques toxiques.

Enfin, les mécanismes d'action des AgNP ne sont pas encore bien compris. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour mieux évaluer la toxicité de ces molécules sur la santé humaine et l'environnement. (349)

2. Le Bisphénol A

a) Diminuer la toxicité des résines

L'adhésion est primordiale pour la bonne intégration de la restauration, pour sa pérennité et pour réduire les risques de contamination au Bisphénol A.

Lors de la polymérisation des composites et adhésifs, ces derniers peuvent relarguer leurs monomères au niveau de la couche superficielle car l'**oxygène** est un puissant inhibiteur de prise. Ainsi, l'apport de **glycérine** par-dessus la dernière couche de composite permet de protéger la résine de l'oxygène lors de la polymérisation et donc diminuer ce relargage.

Il est également recommandé de **polir** et nettoyer la surface du composite pour éliminer cette dernière couche non polymérisée tout en aspirant les fluides et débris.

De plus, dans un milieu aqueux les composites absorbent l'eau et relarguent des monomères non polymérisés, il est donc important de réaliser un collage **au sec**, à l'abri de la salive et de choisir le système adhésif approprié.

Enfin, une bonne **polymérisation** est très importante. Incomplète, le réseau sera moins réticulé et des monomères résiduels vont subsister au sein de la matrice. Ces derniers peuvent se propager dans le milieu buccal, diminuer les propriétés mécaniques, et être plus sensibles aux phénomènes d'hydrolyse et de dégradation enzymatique. Il faut donc **respecter le temps de polymérisation** conseillé par le fabricant et bien vérifier que la **lampe** utilisée soit **adaptée** au composite. (173,350)

b) Des matériaux sans BPA

Les **colles 4-Méta** (comme le Superbond®) ou les **MDP** (monomères 10 methacryloyloxydecyl ®dihydrogen phosphate) (commercialisée sous le nom de Panavia®) ont fait toutes deux leurs preuves et ne contiennent pas de BPA. (173)

Une récente étude a identifié 130 composites et analysés leur composition. Seulement 17 (13,1 %) sur les 130 ne contenaient pas de monomères dérivés du BPA, 6 (4,6%) avec seulement du UDMA et seulement 1 (0,8%) ne contenait pas de dérivé de BPA, UDMA ou TEGDMA. (351)

Composite resins	Manufacturers		
Aelite Flo	Bisco		
Aelite Flo LV	Bisco		
Alert*	Jeneric Pentron		
Quixfil TM	Dentsply		
SDR	Dentsply		
Venus Bulk Fill	Heraeus Kulzer		
Venus Diamond flow	Heraeus Kulzer		
Estelite Flow Quick	Tokuyama		
G-Aenial Anterior	GC		
G-Aenial Flow	GC		
G-Aenial posterior	GC		
G-Aenial Universal Flo	GC		
Kalore	GC		
Aelite LS Packable	Bisco	Without bis-GMA	
Clearfil Majesty ES Flow*	Kuraray	Without bis-GMA or BPA-derivative: resin composite with UDMA * with also TEGDMA	
Clearfil Majesty Flow*	Kuraray		
Fantasia*	Sun Medical		
Fusio*	Jeneric Pentron		
Gradia Direct (X)	GC		
Gradia Direct Flo*	GC		
Gradia Direct LoFlo*	GC		
Metafil CX*	Sun Medical		
Perfect Feel	Itena		
Perfect Feel Flow*	Itena		
Renamel Microfill (+ superBrite)	Cosmedent		
Tetric*	Ivoclar Vivadent		
Venus Diamond	Heraeus Kulzer		
Venus Pearl	Heraeus Kulzer		
Wave (3 viscosités)	Southern Dental		
Xtrem nano	Apol		
Filtek Silorane	3M		Without BPA-derivative or UDMA

Figure 41 : Liste des résines composites ne contenant pas de bis-GMA, de dérivés de BPA (avec l'UDMA), ou sans aucunes dérives de BPA ou d'alternatives.(351)

D'après cette étude, le Filtek Silorane commercialisé par 3M paraît être la meilleure option.

(1) Composites à base de Silorane

Les composites à base de Silorane sont des monomères nés de la combinaison des oxiranes et des siloxanes.

Les siloxanes sont hydrophobes et diminuent ainsi l'absorption d'eau, ce qui augmente la stabilité du composite dans la cavité buccale. Mais le Silorane est encore récent et très peu de composites à base de Silorane ont vu le jour. Jusqu'à récemment, le seul sur le marché était le Filtek Silorane de 3M, et la plupart des études sur le Silorane se basent donc sur ce dernier ou ses prédécesseurs. Il a été récemment arrêté par 3M et il n'existe donc pour l'instant plus aucun composite à base de Silorane sur le marché. (173)

(2) [Composites à base d'Ormocer®:](#)

Le nom Ormocer® vient de Organically modified ceramics.

Alors que les composites conventionnels sont formés d'une matrice purement organique, les Ormocer® sont constitués d'une **matrice organo-inorganique**. Ils sont constitués d'un squelette inorganique à base de dioxyde de silicium sur lequel viennent se fixer des motifs organiques polymérisables.

Les Ormocer® seraient plus **biocompatibles** que leurs homologues à base de Bis-GMA ou de méthacrylates. Ils rejetteraient une très faible quantité de monomères comparés aux matériaux. (352) Les composites à base d'Ormocer® sont pour le moment très prometteurs, mais ils sont très jeunes, avec encore peu de retour clinique. Il est donc nécessaire de les suivre de près, et de continuer à les étudier.

(3) [CT-AL / CT-ACR](#)

Une étude récente(353) a cherché à préparer un composite dentaire photopolymérisable remplaçant totalement le TEGDMA. Deux monomères liquides (CT-AL et CT-ACR) ont été synthétisés à partir de l'acylation du tert-butyl catéchol avec différents chlorures d'acide. Les valeurs de retrait et de contrainte de polymérisation étaient plus faibles que les composites comprenant du BisGMA/TEGDMA. Les propriétés mécaniques étaient comparables. De plus, aucune cytotoxicité n'a été montrée envers les fibroblastes. Les auteurs suggèrent ainsi que ces deux monomères pourraient potentiellement remplacer le BPA. Cependant de nouvelles études sont nécessaires pour confirmer ces hypothèses.

(4) [ENA HRi® Bio Function](#)

Le nouveau composite Enamel Plus HRi Bio (Micerium) a récemment été développé. (354)

Ce dernier ne contient pas de bis-GMA dans sa matrice organique et est rempli de silicate de baryum, une charge de verre ultra-fine. Ce silice pyrogénée crée des agglomérations plus grandes que la nano gamme. Les particules non agglomérées sont incorporées dans des blocs plus grands pour être réintégré dans la matrice composite, ainsi la taille des agglomérations est de plus de 30 nm afin qu'ils ne puissent pas pénétrer dans les membranes nucléaires des cellules. La formulation permet un polissage longue durée.

3. Utiliser des produits de nettoyage sains

a) **WIDES Database**

Health Care Without Harm Europe tente de combattre ces dangers non intentionnels en promouvant des désinfectants moins dangereux, et plus respectueux de l'environnement sans compromettre l'hygiène et les normes de santé.(188,277)

Ils ont créé une liste utilisée mondialement avec un code couleur servant à connaître la dangerosité des ingrédients. Elle est ouverte au public sur le WIDES Database, et contient 228 ingrédients. L'efficacité des produits y est également publiée. (179)

En utilisant cette Database, les hôpitaux de Vienne évitent dorénavant d'utiliser des produits classés comme des potentiels CMRs, leurs fournisseurs industriels y ont répondu en changeant la composition de leurs produits. (188)

b) SAICM 2.0

HCWH travaille sur un autre projet nommé the SAICM 2.0.(188) L'objectif est de réduire les rejets de substances dangereuses dans l'environnement et de participer à l'élaboration d'un guide des produits chimiques en travaillant conjointement avec l'OMS et l'ONU.

Le projet souhaite encourager la transparence des rapports sur les désinfectants et augmenter la quantité de données relatives à la santé au travail et à la protection de l'environnement. Il permettra aux hôpitaux et fournisseurs de recevoir des indications sur la qualité des produits qu'ils utilisent ou produisent.

c) Perturbateurs endocriniens

L'utilisation de produits ménagers contenant de multiples PE bien connus tels que les alkylphénols et le triclosan peut être proscrite. Ces derniers dégagent de nombreux composés volatils surchargeant l'air des services en activité PE. Les produits sans rinçage semblent encore plus nocifs.(173)

d) Probiotiques

Jusqu'à présent, la diminution du risque infectieux des surfaces hospitalières était faite par des désinfectants conventionnels.

Une nouvelle approche est basée sur des détergents plus écologiques avec l'utilisation de micro-organismes non pathogènes, les probiotiques (Probiotic Cleaning Hygiene System, **PCHS**). (355)

Il existe encore peu d'études à leur propos mais l'efficacité des probiotiques crée un réel intérêt, notamment dans les cabinets dentaires.(356)

Ils sont définis comme des **micro-organismes vivants** capable de donner un bénéfice sanitaire à l'hôte et de coloniser les surfaces dures pour contrer la prolifération des autres espèces bactériennes.(357) Ce système n'est **pas dangereux** pour les patients hospitalisés. (358) Il peut diminuer de manière **stable** et sur le **long terme**, les agents pathogènes de surface, jusqu'à 90% de plus que les désinfectants conventionnels (357).

L'utilisation de PCHS était associée à une diminution allant jusqu'à 99% des gènes AMR (Résistants Anti-Microbiens) hébergés par le microbiote de surface des centres hospitaliers. (359)

Cependant elle ne sélectionne pas les souches résistantes, mais plutôt les réduit.(360) Tout ceci **sans** augmenter les coûts d'assainissement.(359,361) Pour le moment, son usage est limité par le **temps nécessaire** pour obtenir un équilibre microbien stable sur les surfaces (2 à 4 semaines), ce qui le rend idéal pour une **utilisation prophylactique** plutôt que pour une décontamination instantanée.(361)

Pour y remédier, la manipulation de bactériophages lytiques (technologie peu dangereuse pour l'environnement et l'homme car spécifique à des souches bactériennes individuelles(362)), **associée à la PCHS** pourrait être appliquée dans des protocoles de nettoyage de routine. Les phages ont une action qui diminue rapidement la quantité d'agents pathogènes sur un site,(363) et combinés ensemble (PCHS et phages), ils entraîneraient une **réduction forte et stable** dans le temps des espèces ciblées. (364)

4. Concevoir un espace de vie sain

a) Qualité de l'air

Parler d'écoconstruction signifie très vite parler de la qualité de l'air intérieur. Aujourd'hui, entre 20 et 30 % des Français souffrent d'allergies. Ce pourcentage pourrait même atteindre 50 % en 2030. Les matériaux utilisés impactent la qualité de l'air dans l'établissement.

Le coût, en termes de santé publique, généré par la mauvaise qualité de l'air intérieur est évalué à **19 milliards d'euros par an** selon l'ANSES.(365)

Les établissements hospitaliers et médico-sociaux sont des espaces de vie et de travail **confinés**, et directement exposés à la pollution intérieure. Les polluants proviennent de trois sources principales :

- Les constituants du bâtiment incluant équipements et mobiliers (composés organiques volatils notamment le formaldéhyde, fibres),
- L'hygrométrie (moisissures)
- **L'activité professionnelle de soins** (produits de soins, détergents et désinfectants). (66)

Un projet nommé QAIHOSP (Qualité de l'Air Intérieur dans les établissements HOSPitaliers), soutenu par l'ADEME propose des recommandations pour les établissements de santé : (366,367)

- L'implantation de distributeurs de solutions hydroalcooliques (SHA) dans des endroits bien **ventilés** (éviter les angles des pièces) et facilement accessibles au personnel pour diminuer la présence dans l'air de l'éthanol tout en maintenant la prise en compte du risque des infections nosocomiales.
- Une politique de remplacement des composés potentiellement dangereux par des substances alternatives moins dangereuses.
- Une réduction à la source des produits toxiques, réalisée au moment de **l'élaboration du cahier des charges** de l'entretien des locaux et la réalisation des politiques d'achats du matériel, du mobilier, des équipements et des revêtements.

b) L'environnement sonore

Le confort sonore des établissements de soin est primordial pour préserver la qualité de vie du personnel soignant et des patients. Par exemple, la polyclinique de Blois a choisi dans le hall et dans les lieux de circulation, une moquette rase. En effet c'est un revêtement textile qui permet de corriger fortement la nuisance sonore. Celle-ci est nettoyée à la vapeur, ce qui élimine aussi les détergents. (66)

Dans un service dentaire, les nuisances sonores sont multiples, d'une part extérieure (hall d'entrée, salle d'attente, chaussée) et d'autre part intérieure (compresseur, détartreur à ultra-sons, turbines, aspirations, etc), entraînant une gêne, potentiellement anxiogène.

Il est ainsi recommandé d'utiliser des matériaux insonorisants lors de la construction des cliniques et laboratoires dentaires.(127,134,205,206,368)

IV. PERSPECTIVES D'AVENIR

A. Introduire les conséquences du changement climatique dans les études de santé

Plusieurs organisations, associations de santé, professionnels de la santé ont reconnu l'importance particulière de préparer les médecins aux impacts du changements climatique sur la santé, en ajoutant dans les cursus médicaux les notions liées au dérèglement du climat. (369,370)

Les étudiants doivent être correctement avertis de ses conséquences sur la santé et l'environnement(371) car elles vont influencer leur pratique médical mais aussi leur futur en tant que citoyen.

B. Impact humain

Le facteur humain a un impact important lorsque des mesures écologiques sont prises dans les établissements. Le personnel doit être motivé car ces mesures peuvent être considérées comme contraignantes. La mise en place d'objectifs bien définis peut encourager le personnel à discuter et concevoir des projets communs tout en analysant les freins.

Plus les personnes se sentent concernées par les changements climatiques, en ayant par exemple déjà chez elles des attitudes responsables, plus elles acceptent facilement les mesures à mettre en place(372).

C. Améliorer la prévention

Une bonne santé dentaire est essentielle pour pouvoir s'alimenter et parler correctement. Elle permet également de pouvoir sourire, ce qui a des retombées sociales et psychologiques prouvées. Néanmoins, la santé dentaire a des conséquences importantes et pourtant méconnues sur la santé générale.(373,374)

En mettant en place une politique de prévention de la santé bucco-dentaire, l'ensemble de la population peut bénéficier d'une meilleure santé orale, générale, et diminuer in fine, l'impact de la profession sur l'environnement. (375)

« Mieux vaut prévenir, que guérir ».

D. Vers une ère du « tout numérique » ?

1. Evolution de la dentisterie

La dentisterie a beaucoup évolué ces dernières années, le numérique y a fait son apparition, et pas des moindres.

Si la digitalisation des cabinets a commencé avec la technologie CAD/CAM, elle englobe désormais la radiographie, les caméras et scanners intra-oraux, l'alignement orthodontique, les logiciels de gestion des cabinets, les systèmes de rendez-vous, les réseaux sociaux etc. (376)

Il est vrai que nombreuses de ces technologies ou applications, ont sincèrement facilité la prise de rendez-vous avec les patients, diminuer les pertes de temps au bureau, les rendez-vous manqués, simplifié la prise d'empreinte, diminué le nombre de trajets chez le prothésiste etc...

Néanmoins, toutes ces technologies sont-elles moins émettrices en GES que la dentisterie « conventionnelle » ?

2. Impact carbone du numérique

Il existe une idée assez répandue estimant que le numérique est une technologie qui nécessite relativement peu de ressources et qu'elle peut même promouvoir un mode de vie écologique.

Cependant, en 2019, près **de 4 %** (377) des émissions carbonées mondiales sont dues à la production et à l'utilisation du système numérique (sachant que le transport aérien civil représente environ 2%). Le numérique mondial représenterait un **7ème** continent et qui ne cesserait de grossir, avec une augmentation qui s'élève de 8% par an. (378)

Dans un monde fini, où les ressources ne sont pas illimitées, il est important de se souvenir que chaque transformation physique et donc chaque action réclame de l'énergie et des ressources. Y compris celle d'envoyer une information.

Les technologies numériques ne sont ainsi pas des outils virtuels (tel que le Cloud), mais bien des **supports matériels d'échanges** même si cette matérialité n'est pas directement perçue.

Par leur nombre (**34 milliards d'équipements informatiques**) qui ne cesse d'augmenter, les **équipements** des utilisateurs sont la principale source d'impacts du numérique mondial. (377)

La fabrication nécessite des phases complexes qui demandent de l'**énergie** et des **métaux rares**. Elle entraîne de plus des tensions sur l'**eau douce** et diverses formes d'agressions des **éco-systèmes** (eutrophisation, acidification, pollutions diverses) tout en **rejetant** des gaz à effet de serre.(378) Citons que :

- La demande en ressources non renouvelables tels que les minerais, terres arables et autres énergies fossiles) est tellement forte que les stocks diminuent à une vitesse importante.(379)
- La plupart des composants sont ensuite fabriqués en Chine (380) ou en Corée, dont l'électricité provient essentiellement du charbon et du pétrole.(381)
- L'obsolescence programmée entraîne une diminution de la durée de vie de nos équipements (par 2 ou 3 celle d'un ordinateur, par 30 d'un téléphone).(379)

L'ensemble de nos données collectées sur le numérique (les dossiers patients, empreintes optiques etc) peuvent être stockées dans le « **BIG DATA** ». Cependant ce volume de données (DATAS) est en évolution exponentielle. (377)

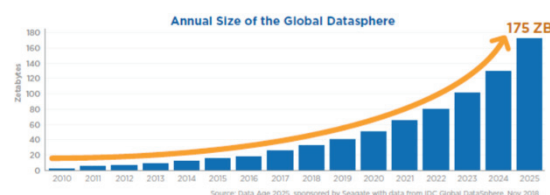


Figure 42 : Courbe d'évolution du volume des données (382)

Cette augmentation entraîne le développement des infrastructures qui les transportent, les traitent et les conservent, à travers des salles machines, terminaux, réseaux(377), tout ceci gourmand en matière première, espace et matières énergie, sans oublier la climatisation utilisée pour éviter la surchauffe des serveurs.(377,382,383) Puisqu'il faut aujourd'hui stabiliser et réduire les émissions de CO2, on comprend qu'il faut parvenir à stabiliser cette courbe en dédiant nos capacités de stockage aux données les plus utiles.

Enfin, la quantité de déchets électroniques est en croissance perpétuelle. Ces déchets sont dangereux et difficiles à recycler. Le plomb, le mercure, les retardateurs de flamme ne sont que quelques-uns des composants chimiques que contiennent les appareils électroniques.

Une technologie peut-elle être écologique si elle est dangereuse dans sa fabrication, sujet à l'obsolescence, difficile à s'en débarrasser et si sa fabrication et son utilisation sont alimentées par les énergies fossiles (charbon, pétrole...) ?(382)

Si le numérique n'est pas vital à court terme, il est en revanche indispensable au mode de vie et à l'organisation de la société d'aujourd'hui. Il est donc important de la considérer comme **une ressource critique**(384) mais également de penser à ses alternatives.

Les technologies numériques les plus pérennes dans le temps seront à la fois celles que l'on maîtrise le mieux, mais aussi celles qui consomment le moins de ressources sur leur cycle de vie complet, de leur fabrication à leur fin de vie en passant par leur utilisation.

3. Une dentisterie numérique

De plus en plus de monde s'accorde à dire que les empreintes optiques permettent de s'affranchir d'un aller-retour des empreintes chez le prothésiste. Cependant, le modèle sera tout de même stocké dans une base de données, imprimé avec des résines peu recyclables, et renvoyée chez le dentiste à l'aide d'un coursier. Cette pollution est donc moins visible mais reste néanmoins présente. Si le coursier utilise des **transports actifs** (vélo, marche) et le prothésiste est **local**, la problématique des émissions de GES des trajets du prothésiste est en partie résolue.

Un cabinet situé en pleine campagne ou en haute montagne à distance de son prothésiste aura certainement plus intérêt à, de ce fait, utiliser du matériel numérique et des imprimantes dans sa pratique. A mon sens, cette réflexion sur l'acquisition de tous ces appareils numériques (empreinte optique, imprimante 3D etc...) se porte plutôt sur les cabinets de villes proches de leur prothésiste.

En France l'énergie électrique peut être considérée comme « propre », mais dans d'autres pays, en Allemagne par exemple, l'énergie utilisée provient principalement du charbon. Une pratique dentaire complètement digitale, alimentée au charbon, peut-elle être considérée comme écologique ?

La profession est actuellement très portée sur les « évolutions » numériques et l'avènement de l'intelligence artificielle. En regard des enjeux environnementaux présents et futurs, une ère du tout numérique est-elle durable dans le temps ?

V. CONCLUSION

La planète est à l'heure de l'urgence climatique. Comme beaucoup de jeunes, cette préoccupation m'est devenue majeure car elle touche le futur de ma génération.

Notre profession demeure parmi les professions médicales les plus polluantes avec l'utilisation d'une grande quantité d'énergie et de nombreux produits chimiques, consommables et déchets.

Il n'a jamais été facile d'apporter un changement de mentalité et de pratique dans un corps de métier.

Le développement d'une base de données pertinente et cohérente avec des professionnels impliqués permettrait l'acquisition de compétences et références palliant ces difficultés.

La recherche et le développement dans le domaine des biomatériaux dentaires verts offrent également de nouvelles opportunités, possibilités et perspectives.

L'enseignement et la pratique d'une dentisterie respectueuse de l'environnement devrait faire partie du cursus dentaire tant dans les cours pratiques que théoriques, afin que la nouvelle génération de dentistes puisse relever le défi du changement climatique en appliquant au travail une dentisterie éco-responsable. Cela pourrait encourager les organismes officiels et les industriels à se tourner vers une pratique durable.

J'ai réalisé qu'une simple implication personnelle ne suffisait pas mais que les changements doivent être collectifs et sociétaux.

Cette thèse a pour objectif de participer à cette action collective en promouvant et proposant des pistes pour une construction et pratique écoresponsable de la dentisterie en milieu hospitalier. Certaines propositions sont faciles à mettre en place et peu coûteuses (comme l'attitude humaine éco-responsable). D'autres mesures sont plus contraignantes car elles nécessitent des efforts financiers importants et une restructuration globale. Enfin certaines sont utopistes (comme remplacer les voitures SUV des dentistes par des vélos...), mais comme souvent dans l'histoire de l'humanité, les grands rêveurs ont fait changer le monde, les idéalistes sont aussi des précurseurs et des gens courageux qui se battent pour l'intérêt commun.

Ce projet idéalisé de cette conception hospitalière « écologique » souhaite apporter sa petite pierre à l'édifice dans la lutte contre le dérèglement climatique et contribuer à une prise de conscience généralisée.

BIBLIOGRAPHIE :

1. Expertises, Changement climatique, De quoi parle-t-on ? [Internet]. ADEME. [cité 14 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.ademe.fr/expertises/changement-climatique/quoi-parle-t>
2. Effet de serre : définition, gaz à effet serre (GES), réchauffement climatique - Météo-France [Internet]. [cité 14 mai 2020]. Disponible sur: <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/comprendre-le-climat-mondial/leffet-de-serre-et-autres-mecanismes>
3. Qu'est ce que l'effet de serre? [Internet]. [cité 1 juin 2020]. Disponible sur: http://physique.henry.free.fr/pages/CD_eleves_4eme/pages/atmosphere/effet_serre.htm
4. Quels sont les gaz à effet de serre ? – Jean-Marc Jancovici [Internet]. [cité 15 mai 2020]. Disponible sur: <https://jancovici.com/changement-climatique/gaz-a-effet-de-serre-et-cycle-du-carbone/quels-sont-les-gaz-a-effet-de-serre-quels-sont-leurs-contribution-a-leffet-de-serre/>
5. Gaz à effet de serre: définition et origines, chiffres clés, facteurs de réduction [Internet]. 2012 [cité 15 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.connaissancedesenergies.org/quels-sont-les-principaux-gaz-a-effet-de-serre-120207>
6. Témoins des changements climatiques [Internet]. [cité 5 juin 2020]. Disponible sur: <https://reseauactionclimat.org/publications/temoins-des-changements-climatiques/>
7. Health care climate footprint report [Internet]. Health Care Without Harm. 2019 [cité 5 juin 2020]. Disponible sur: <https://noharm-global.org/documents/health-care-climate-footprint-report>
8. Bausch DG, Schwarz L. Outbreak of Ebola Virus Disease in Guinea: Where Ecology Meets Economy. *PLoS Negl Trop Dis*. 31 juill 2014;8(7):e3056.
9. Rulli MC, Santini M, Hayman DTS, D'Odorico P. The nexus between forest fragmentation in Africa and Ebola virus disease outbreaks. *Sci Rep*. mars 2017;7(1):41613.
10. Olivero J, Fa JE, Real R, Márquez AL, Farfán MA, Vargas JM, et al. Recent loss of closed forests is associated with Ebola virus disease outbreaks. *Sci Rep* [Internet]. 30 oct 2017 [cité 13 juin 2020];7. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5662765/>
11. Confalonieri UEC, Margonari C, Quintão AF. Environmental change and the dynamics of parasitic diseases in the Amazon. *Acta Trop*. janv 2014;129:33-41.
12. IEA (2016), « Energy and Air Pollution », IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/energy-and-air-pollution>.
13. Orru H, Ebi KL, Forsberg B. The Interplay of Climate Change and Air Pollution on Health. *Curr Environ Health Rep*. déc 2017;4(4):504-13.
14. Air pollution [Internet]. [cité 19 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.who.int/westernpacific/health-topics/air-pollution>
15. Pollution : chaque année, un coût de 101,3 milliards d'euros pour la France. *Le Monde.fr* [Internet]. 15 juill 2015 [cité 20 mai 2020]; Disponible sur: https://www.lemonde.fr/planete/article/2015/07/15/la-pollution-de-l-air-coute-chaque-annee-101-3-milliards-d-euros-a-la-france_4683432_3244.html

16. Pope CA, Ezzati M, Dockery DW. Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. *N Engl J Med*. 22 janv 2009;360(4):376-86.
17. Chen Y, Ebenstein A, Greenstone M, Li H. Evidence on the impact of sustained exposure to air pollution on life expectancy from China's Huai River policy. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 6 août 2013;110(32):12936-41.
18. Pope CA, Dockery DW. Air pollution and life expectancy in China and beyond. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 6 août 2013;110(32):12861-2.
19. DGS_Céline.M, DGS_Céline.M. Qualité de l'air : Sources de pollution et effets sur la santé [Internet]. Ministère des Solidarités et de la Santé. 2020 [cité 8 juin 2020]. Disponible sur: <https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/air-exterieur/qualite-de-l-air-exterieur-10984/article/qualite-de-l-air-sources-de-pollution-et-effets-sur-la-sante>
20. Rodriguez R. Etude expérimentale de la dispersion de particules ultrafines dans le sillage de modèles simplifiés de véhicules automobiles [Internet] [phdthesis]. École centrale de Nantes; 2018 [cité 19 avr 2020]. Disponible sur: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01951294>
21. Polo Rehn L. Caractérisation et impacts des émissions de polluants du transport routier : Apports méthodologiques et cas d'études en Rhône Alpes. [Internet] [thesis]. <http://www.theses.fr>. Grenoble; 2013 [cité 19 avr 2020]. Disponible sur: <http://www.theses.fr/2013GRENU013>
22. Qu G, Li X, Hu L, Jiang G. An Imperative Need for Research on the Role of Environmental Factors in Transmission of Novel Coronavirus (COVID-19). *Environ Sci Technol*. 23 mars 2020;acs.est.0c01102.
23. Duteil F, Baker JS, Navel V. COVID-19 as a factor influencing air pollution? *Environ Pollut Barking Essex 1987* [Internet]. 9 avr 2020 [cité 11 avr 2020]; Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7144597/>
24. Brandt EB, Beck AF, Mersha TB. Air pollution, racial disparities, and COVID-19 mortality. *J Allergy Clin Immunol* [Internet]. 7 mai 2020 [cité 6 juin 2020]; Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7204717/>
25. Yu ITS, Li Y, Wong TW, Tam W, Chan AT, Lee JHW, et al. Evidence of Airborne Transmission of the Severe Acute Respiratory Syndrome Virus. *N Engl J Med*. 22 avr 2004;350(17):1731-9.
26. Conticini E, Frediani B, Caro D. Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy? *Environ Pollut Barking Essex 1987* [Internet]. 4 avr 2020 [cité 11 avr 2020]; Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7128509/>
27. Frontera A, Martin C, Vlachos K, Sgubin G. Regional air pollution persistence links to COVID-19 infection zoning. *J Infect* [Internet]. 10 avr 2020 [cité 6 juin 2020]; Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7151372/>
28. Hoegh-Guldberg O, Jacob D, Taylor M, Bindi M, Brown S, Camilloni I, et al. Impacts of 1.5°C of Global Warming on Natural and Human Systems. In: *Global Warming of 15°C An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 15°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. 2018. p. 138.

29. Fond G, Masson M, Lançon C, Auquier P, Boyer L. Psychiatrie et réchauffement climatique. *L'Encéphale*. févr 2019;45(1):1-2.
30. ARSALPC. Climat et santé environnemental : des plans pour s'adapter. 2016 juin; IUT Bordeaux Montaigne.
31. Obradovich N, Migliorini R, Paulus MP, Rahwan I. Empirical evidence of mental health risks posed by climate change. *Proc Natl Acad Sci*. 23 oct 2018;115(43):10953-8.
32. Galway LP, Beery T, Jones-Casey K, Tasala K. Mapping the Solastalgia Literature: A Scoping Review Study. *Int J Environ Res Public Health*. 25 juill 2019;16(15):2662.
33. Lohest G. Climatologues et citoyens: la déprime de l'apocalypse? [Internet]. Club de Mediapart. [cité 26 mars 2020]. Disponible sur: <https://blogs.mediapart.fr/guillaume-lohest/blog/040919/climatologues-et-citoyens-la-deprime-de-l-apocalypse>
34. Servigne P, Stevens R, Chapelle G, Bourg D, Dion C. Une autre fin du monde est possible: vivre l'effondrement (et pas seulement y survivre). Paris: Éditions du Seuil; 2018. 323 p. (Anthropocène).
35. Eco-anxiété, dépression verte ou « solastalgie » : les Français gagnés par l'angoisse climatique. *Le Monde.fr* [Internet]. 21 juin 2019 [cité 26 mars 2020]; Disponible sur: https://www.lemonde.fr/m-perso/article/2019/06/21/les-francais-gagnes-par-l-angoisse-climatique_5479761_4497916.html
36. Communiqué de presse: Le dangereux déclin de la nature : Un taux d'extinction des espèces « sans précédent » et qui s'accélère | IPBES [Internet]. [cité 17 mai 2020]. Disponible sur: <https://ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment-Fr>
37. Banque mondiale 2016. « Bientôt à sec ? Changement climatique, eau et économie » Résumé analytique. 2016;
38. Réchauffement climatique : quelles conséquences sur l'eau ? | Centre d'information sur l'eau [Internet]. [cité 21 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.cieau.com/eau-transition-ecologique/enjeux/rechauffement-climatique-les-consequences-sur-leau/>
39. Le réchauffement accroît le risque de pénuries alimentaires. *Le Monde.fr* [Internet]. 19 juin 2013 [cité 20 mai 2020]; Disponible sur: https://www.lemonde.fr/planete/article/2013/06/19/le-rechauffement-accroit-le-risque-de-penuries-alimentaires_3432852_3244.html
40. Criquet pèlerin - Mise à jour 4 juin 2020 [Internet]. [cité 5 juin 2020]. Disponible sur: <http://www.fao.org/ag/locusts/fr/info/info/index.html>
41. Environnement : invasion de criquets en Afrique de l'Est [Internet]. [cité 26 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.nationalgeographic.fr/sciences/2020/03/environnement-invasion-de-criquets-en-afrique-de-lest>
42. World Bank. World Development Report 2005: A Better Investment Climate for Everyone [Internet]. The World Bank; 2004 [cité 25 mars 2020]. Disponible sur: <http://elibrary.worldbank.org/doi/book/10.1596/0-8213-5682-8>
43. Destremau P. L'impact du dérèglement climatique sur les enjeux de défense et de sécurité. *Rev Déf Natl*. 2020;826(1):21-4.

44. Les migrants climatiques : visages humains d'un dérèglement planétaire [Internet]. [cité 14 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.banquemonde.org/fr/news/feature/2018/03/19/meet-the-human-faces-of-climate-migration>
45. Les menaces qui pèsent sur la biodiversité en France | Agence française pour la biodiversité [Internet]. [cité 17 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.afbiodiversite.fr/actualites/les-menaces-qui-pesent-sur-la-biodiversite-en-france>
46. Ressources minérales et développement durable - L'encyclopédie du développement durable [Internet]. [cité 16 mai 2020]. Disponible sur: http://encyclopedie-dd.org/encyclopedie/neige-neige-territoires-neige/3-2-les-ressources-minerales/ressources-minerales-et#les_ressources_minerales_se_repartissent_en_cinq_classes_selon_leur_durabilite
47. Disponibilité des ressources naturelles : état des lieux mondial [Internet]. Futuribles. [cité 5 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.futuribles.com/fr/document/disponibilite-des-ressources-naturelles-etat-des-l/>
48. Bihouix P. Chapitre 4. Matérialité du productivisme [Internet]. Penser la décroissance. Presses de Sciences Po; 2013 [cité 16 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.cairn.info/penser-la-decroissance--9782724613001-page-95.htm>
49. Bergeron-Vercille C. La capacité de charge des écosystèmes dans le contexte de l'aménagement du territoire et du développement durable au Québec. Sherbrooke; 2014.
50. OECD. Productivité des ressources dans les pays du G8 et de l'OCDE [Internet]. 2011 [cité 15 mai 2020]. (Rapport établi dans le cadre du Plan d'action 3R de Kobe). Disponible sur: <https://www.oecd.org/fr/env/dechets/48671413.pdf>
51. Tréguoët B. L'artificialisation des sols s'opère aux dépens des terres agricoles. Point Sur. févr 2011;(75):4.
52. Le GIEC et ses scénarios [Internet]. ADEME. [cité 14 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.ademe.fr/expertises/changement-climatique/quoi-parle-t/giec-scenarios>
53. Les éléments scientifiques | Le 5ème rapport du GIEC décrypté [Internet]. [cité 4 mai 2020]. Disponible sur: <https://leclimatchange.fr/les-elements-scientifiques/>
54. Rapports du GIEC [Internet]. [cité 8 juin 2020]. Disponible sur: <https://citoyenspourelclimat.org/rapportsdugiec/>
55. Environment UN. Rapport 2019 sur l'écart entre les besoins et les perspectives en matière de réduction des émissions [Internet]. UNEP - UN Environment Programme. 2019 [cité 25 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.unenvironment.org/interactive/emissions-gap-report/2019/>
56. Qu'est-ce que l'Accord de Paris ? | CCNUCC [Internet]. [cité 14 mai 2020]. Disponible sur: <https://unfccc.int/fr/process-and-meetings/l-accord-de-paris/qu-est-ce-que-l-accord-de-paris>
57. L'UE et l'accord de Paris: vers la neutralité climatique | Actualité | Parlement européen [Internet]. 2019 [cité 26 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.europarl.europa.eu/news/fr/headlines/society/20191115STO66603/l-ue-et-l-accord-de-paris-vers-la-neutralite-climatique>

58. United Nations Environment Programme. The emissions gap report 2019 [Internet]. 2019 [cité 25 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2019>
59. Rapport 2019 sur l'écart entre les besoins et les perspectives en matière de réduction des émissions [Internet]. [cité 25 mars 2020]. Disponible sur: https://www.unenvironment.org/interactive/emissions-gap-report/2019/report_fr.php
60. Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) [Internet]. Ministère de la Transition écologique et solidaire. [cité 4 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>
61. l'AFP F avec. Réchauffement climatique : de nouveaux modèles prévoient jusqu'à + 7°C en 2100 ! [Internet]. Futura. [cité 26 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/climatologie-rechauffement-climatique-nouveaux-modeles-prevoient-jusqua-7-c-2100-10644/>
62. Définition - Empreinte carbone | Insee [Internet]. [cité 23 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c2132>
63. Faire sa part ? Pouvoir et responsabilité des individus, des entreprises et de l'Etat face à l'urgence climatique [Internet]. Carbone 4. 2019 [cité 4 mai 2020]. Disponible sur: <http://www.carbone4.com/publication-faire-sa-part/>
64. Baude M, Baudry M, Chartin A, Colomb V, Dussud F-X, Ghewy X, et al. Ménages & Environnement - Les chiffres clés – Édition 2017. :68.
65. Eckelman MJ, Sherman J. Environmental Impacts of the U.S. Health Care System and Effects on Public Health. Ahmad S, éditeur. PLOS ONE. 9 juin 2016;11(6):e0157014.
66. Les guides des pratiques vertueuses au sein des établissements [Internet]. C2DS. [cité 5 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.c2ds.eu/les-guides-incontournables/pratiques-vertueuses/>
67. World Bank. Climate-Smart Healthcare: Low-Carbon and Resilience Strategies for the Health Sector [Internet]. World Bank; 2017 [cité 26 mars 2020]. Disponible sur: <http://elibrary.worldbank.org/doi/book/10.1596/27809>
68. HealthCaresClimateFootprint_092319.pdf [Internet]. [cité 26 mars 2020]. Disponible sur: https://noharm-global.org/sites/default/files/documents-files/5961/HealthCaresClimateFootprint_092319.pdf
69. Natural Resource Footprint 2018 [Internet]. [cité 6 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.sduhealth.org.uk/policy-strategy/reporting/natural-resource-footprint-2018.aspx>
70. Malik A, Lenzen M, McAlister S, McGain F. The carbon footprint of Australian health care. Lancet Planet Health. janv 2018;2(1):e27-35.
71. Eckelman MJ, Sherman JD, MacNeill AJ. Life cycle environmental emissions and health damages from the Canadian healthcare system: An economic-environmental-epidemiological analysis. Patz JA, éditeur. PLOS Med. 31 juill 2018;15(7):e1002623.
72. Duane B, Hyland J, Rowan JS, Archibald B. Taking a bite out of Scotland's dental carbon emissions in the transition to a low carbon future. Public Health. sept 2012;126(9):770-7.

73. Duane B, Harford S, Ramasubbu D, Stancliffe R, Pasdeki-Clewer E, Lomax R, et al. Environmentally sustainable dentistry: a brief introduction to sustainable concepts within the dental practice. *Br Dent J.* févr 2019;226(4):292-5.
74. Carbon modelling within dentistry: towards a sustainable future [Internet]. GOV.UK. [cité 18 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.gov.uk/government/publications/carbon-modelling-within-dentistry-towards-a-sustainable-future>
75. What is a carbon footprint - definition of carbon footprint [Internet]. Time for Change. 2007 [cité 18 avr 2020]. Disponible sur: <https://timeforchange.org/what-is-a-carbon-footprint-definition/>
76. Duane B, Lee MB, White S, Stancliffe R, Steinbach I. An estimated carbon footprint of NHS primary dental care within England. How can dentistry be more environmentally sustainable? *Br Dent J.* oct 2017;223(8):589-93.
77. Le saviez-vous ? [Internet]. ADEME. [cité 13 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/performance-energetique-energies-renouvelables/dossier/lenergie-hopitaux-cliniques/saviez>
78. Réalisation d'un bilan des émissions de gaz à effet de serre : secteurs établ... [Internet]. ADEME. [cité 5 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.ademe.fr/realisation-dun-bilan-emissions-gaz-a-effet-serre-secteurs-etablissements-sanitaires-medico-sociaux>
79. Le saviez-vous ? [Internet]. ADEME. [cité 26 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/performance-energetique-energies-renouvelables/dossier/lenergie-hopitaux-cliniques/saviez>
80. Healthcare :: PlasticsEurope [Internet]. [cité 13 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/healthcare>
81. The Many Uses of Plastic Materials in Medicine - Use of Plastic in Medicine [Internet]. Craftech Industries. 2015 [cité 13 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.craftechind.com/the-many-uses-of-plastic-materials-in-medicine/>
82. Farmer GM, Stankiewicz N, Michael B, Wojcik A, Lim Y, Ivkovic D, et al. Audit of waste collected over one week from ten dental practices. A pilot study. *Aust Dent J.* 1997;42(2):114-7.
83. Richardson J, Grose J, Manzi S, Mills I, Moles DR, Mukonoweshuro R, et al. What's in a bin: A case study of dental clinical waste composition and potential greenhouse gas emission savings. *Br Dent J.* janv 2016;220(2):61-6.
84. Rillig MC. Microplastic in Terrestrial Ecosystems and the Soil? *Environ Sci Technol.* 19 juin 2012;46(12):6453-4.
85. United Nations Environment Programme, Division of Early Warning and Assessment. UNEP year book 2012: emerging issues in our global environment. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme; 2012.
86. Law KL. Plastics in the Marine Environment. *Annu Rev Mar Sci.* 2017;9(1):205-29.
87. Facts and figures on marine pollution | United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [Internet]. [cité 14 avr 2020]. Disponible sur: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/ioc-oceans/focus-areas/rio-20->

ocean/blueprint-for-the-future-we-want/marine-pollution/facts-and-figures-on-marine-pollution/

88. Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. - PubMed - NCBI [Internet]. [cité 13 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30041323>
89. Eriksen M, Lebreton LCM, Carson HS, Thiel M, Moore CJ, Borerro JC, et al. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLOS ONE*. 10 déc 2014;9(12):e111913.
90. Zalasiewicz J, Waters CN, Ivar do Sul JA, Corcoran PL, Barnosky AD, Cearreta A, et al. The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. *Anthropocene*. 1 mars 2016;13:4-17.
91. Pivokonsky M, Cermakova L, Novotna K, Peer P, Cajthaml T, Janda V. Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Sci Total Environ*. 1 déc 2018;643:1644-51.
92. Plastic & Health: The Hidden Costs of a Plastic Planet (February 2019) | Center for International Environmental Law [Internet]. [cité 6 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.ciel.org/reports/plastic-health-the-hidden-costs-of-a-plastic-planet-february-2019/>
93. Prata JC. Airborne microplastics: Consequences to human health? *Environ Pollut Barking Essex* 1987. mars 2018;234:115-26.
94. The Plastocene – Plastic in the sedimentary record [Internet]. *Stratigraphy, Sedimentology and Palaeontology*. [cité 13 avr 2020]. Disponible sur: <https://blogs.egu.eu/divisions/ssp/2019/01/09/the-plastocene-plastic-in-the-sedimentary-record/>
95. Wright SL, Kelly FJ. Plastic and Human Health: A Micro Issue? [Internet]. *American Chemical Society*; 2017 [cité 13 avr 2020]. Disponible sur: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.7b00423>
96. Zimmermann L, Dierkes G, Ternes TA, Völker C, Wagner M. Benchmarking the in Vitro Toxicity and Chemical Composition of Plastic Consumer Products. *Environ Sci Technol*. 1 oct 2019;53(19):11467-77.
97. Groh KJ, Backhaus T, Carney-Almroth B, Geueke B, Inostroza PA, Lennquist A, et al. Overview of known plastic packaging-associated chemicals and their hazards. *Sci Total Environ*. 15 févr 2019;651(Pt 2):3253-68.
98. Laganà P, Caruso G, Corsi I, Bergami E, Venuti V, Majolino D, et al. Do plastics serve as a possible vector for the spread of antibiotic resistance? First insights from bacteria associated to a polystyrene piece from King George Island (Antarctica). *Int J Hyg Environ Health*. 1 janv 2019;222(1):89-100.
99. Yang Y, Liu G, Song W, Ye C, Lin H, Li Z, et al. Plastics in the marine environment are reservoirs for antibiotic and metal resistance genes. *Environ Int*. 1 févr 2019;123:79-86.
100. Welsh RM, Bentz ML, Shams A, Houston H, Lyons A, Rose LJ, et al. Survival, Persistence, and Isolation of the Emerging Multidrug-Resistant Pathogenic Yeast *Candida auris* on a Plastic Health Care Surface. *J Clin Microbiol*. oct 2017;55(10):2996-3005.

101. Duane B, Ramasubbu D, Harford S, Steinbach I, Swan J, Croasdale K, et al. Environmental sustainability and waste within the dental practice. *Br Dent J.* avr 2019;226(8):611-8.
102. Les déchets liés aux soins de santé [Internet]. [cité 3 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>
103. HCWH. Alternatives to Hazardous Chemicals in Medical Devices: Phthalates and Bisphenol A. Non Toxic Health Care. 2019;
104. Preventing plastic waste in Europe [Internet]. European Environment Agency. [cité 12 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.eea.europa.eu/publications/preventing-plastic-waste-in-europe>
105. Recyclage des plastiques : L'extraction des matières premières pour la fabrication du plastique [Internet]. [cité 14 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.paprec.com/fr/comprendre-recyclage/recyclage-plastique/fabrication-du-plastique-lextraction-matieres-premieres>
106. European commission. REPORT FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL on the impact of the use of oxo-degradable plastic, including oxo-degradable plastic carrier bags, on the environment [Internet]. 2018 [cité 6 juin 2020]. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0035>
107. Kubowicz S, Booth AM. Biodegradability of Plastics: Challenges and Misconceptions. *Environ Sci Technol.* 7 nov 2017;51(21):12058-60.
108. Les microplastiques | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 24 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/les-microplastiques>
109. Karačoni IB, Jurica SA, Lasić D, Jurica K. Facts about phthalate toxicity in humans and their occurrence in alcoholic beverages. *Arch Ind Hyg Toxicol.* 27 juin 2017;68(2):81-92.
110. Campanale C, Massarelli C, Savino I, Locaputo V, Uricchio VF. A Detailed Review Study on Potential Effects of Microplastics and Additives of Concern on Human Health. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. févr 2020 [cité 13 avr 2020];17(4). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7068600/>
111. Bowman JD, Choudhury M. Phthalates in neonatal health: friend or foe? *J Dev Orig Health Dis.* 2016;7(6):652-64.
112. Huen K, Calafat AM, Bradman A, Yousefi P, Eskenazi B, Holland N. Maternal phthalate exposure during pregnancy is associated with DNA methylation of LINE-1 and Alu repetitive elements in Mexican-American children. *Environ Res.* 2016;148:55-62.
113. Arbuckle TE, Agarwal A, MacPherson SH, Fraser WD, Sathyanarayana S, Ramsay T, et al. Prenatal exposure to phthalates and phenols and infant endocrine-sensitive outcomes: The MIREC study. *Environ Int.* 2018;120:572-83.
114. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy Metals Toxicity and the Environment. *EXS.* 2012;101:133-64.
115. Auras RA, Lim L-T, Selke SEM, Tsuji H. Poly(lactic acid): Synthesis, Structures, Properties, Processing, and Applications. John Wiley & Sons; 2011. 805 p.

116. Elvers D, Song CH, Steinbüchel A, Leker J. Technology Trends in Biodegradable Polymers: Evidence from Patent Analysis. *Polym Rev.* 1 oct 2016;56(4):584-606.
117. EUBIO_Admin. Market [Internet]. European Bioplastics e.V. [cité 14 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.european-bioplastics.org/market/>
118. Rhodes CJ. Solving the plastic problem: From cradle to grave, to reincarnation. *Sci Prog.* 1 sept 2019;102(3):218-48.
119. Casalini T, Rossi F, Castrovinci A, Perale G. A Perspective on Polylactic Acid-Based Polymers Use for Nanoparticles Synthesis and Applications. *Front Bioeng Biotechnol* [Internet]. 11 oct 2019 [cité 14 avr 2020];7. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6797553/>
120. Singhvi MS, Zinjarde SS, Gokhale DV. Polylactic acid: synthesis and biomedical applications. *J Appl Microbiol.* déc 2019;127(6):1612-26.
121. Napper IE, Thompson RC. Environmental Deterioration of Biodegradable, Oxo-biodegradable, Compostable, and Conventional Plastic Carrier Bags in the Sea, Soil, and Open-Air Over a 3-Year Period. *Environ Sci Technol.* 7 mai 2019;53(9):4775-83.
122. González-Pleiter M, Tamayo-Belda M, Pulido-Reyes G, Amariei G, Leganés F, Rosal R, et al. Secondary nanoplastics released from a biodegradable microplastic severely impact freshwater environments. *Environ Sci Nano.* 16 mai 2019;6(5):1382-92.
123. Haider TP, Völker C, Kramm J, Landfester K, Wurm FR. Plastics of the Future? The Impact of Biodegradable Polymers on the Environment and on Society. *Angew Chem Int Ed.* 2019;58(1):50-62.
124. Bagheri AR, Laforsch C, Greiner A, Agarwal S. Fate of So-Called Biodegradable Polymers in Seawater and Freshwater. *Glob Chall.* 2017;1(4):1700048.
125. Agarwal S. Biodegradable Polymers: Present Opportunities and Challenges in Providing a Microplastic-Free Environment. *Macromol Chem Phys.* 2020;221(6):2000017.
126. Roohi null, Bano K, Kuddus M, Zaheer MR, Zia Q, Khan MF, et al. Microbial Enzymatic Degradation of Biodegradable Plastics. *Curr Pharm Biotechnol.* 2017;18(5):429-40.
127. Rastogi V. Green Dentistry, A Metamorphosis Towards an Eco-Friendly Dentistry: A Short Communication. *J Clin Diagn Res* [Internet]. 2014 [cité 23 oct 2019]; Disponible sur: http://jcdr.net/article_fulltext.asp?issn=0973-709x&year=2014&volume=8&issue=7&page=ZM01&issn=0973-709x&id=4556
128. Hylander LD, Lindvall A, Gahnberg L. High mercury emissions from dental clinics despite amalgam separators. *Sci Total Environ.* juin 2006;362(1-3):74-84.
129. Khwaja MA, Nawaz S, Ali SW. Mercury exposure in the work place and human health: dental amalgam use in dentistry at dental teaching institutions and private dental clinics in selected cities of Pakistan. *Rev Environ Health* [Internet]. 1 janv 2016 [cité 21 nov 2019];31(1). Disponible sur: <https://www.degruyter.com/view/j/reveh.2016.31.issue-1/reveh-2015-0058/reveh-2015-0058.xml>
130. Chin G, Chong J, Kluczevska A, Lau A, Gorjy S, Tennant M. The environmental effects of dental amalgam. *Aust Dent J.* déc 2000;45(4):246-9.

131. Mercure et santé [Internet]. [cité 7 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>
132. Muhamedagic B, Muhamedagic L, Masic I. Dental Office Waste - Public Health and Ecological Risk. *Mater Socio Medica*. 2009;21(1):35.
133. FEHAP. Fiche technique et juridique gestion des déchets [Internet]. 2016 [cité 4 juin 2020]. Disponible sur: www.fehap.fr
134. Mulimani P. Green dentistry: the art and science of sustainable practice. *Br Dent J*. juin 2017;222(12):954-61.
135. Becker DB, Schwartz AI, Becker N, Carman M, Burdette JM, Padgett S, et al. JOURNAL OF THE MASSACHUSETTS DENTAL SOCIETY. *J Mass Dent Soc*. :31.
136. Debnath B, Singh W, Manna K. Sources and toxicological effects of lead on human health. *Indian J Med Spec*. 2019;10(2):66.
137. Gupta DK, Chatterjee S, Walther C, éditeurs. Lead in Plants and the Environment [Internet]. Springer International Publishing; 2020 [cité 3 avr 2020]. (Radionuclides and Heavy Metals in the Environment). Disponible sur: <https://www.springer.com/gp/book/9783030216375>
138. Eleraky NE, Allam A, Hassan SB, Omar MM. Nanomedicine Fight against Antibacterial Resistance: An Overview of the Recent Pharmaceutical Innovations. *Pharmaceutics* [Internet]. 8 févr 2020 [cité 1 avr 2020];12(2). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7076477/>
139. Du J, Tang J, Xu S, Ge J, Dong Y, Li H, et al. A review on silver nanoparticles-induced ecotoxicity and the underlying toxicity mechanisms. *Regul Toxicol Pharmacol*. oct 2018;98:231-9.
140. Noronha VT, Paula AJ, Durán G, Galembeck A, Cogo-Müller K, Franz-Montan M, et al. Silver nanoparticles in dentistry. *Dent Mater*. oct 2017;33(10):1110-26.
141. Barot T, Rawtani D, Kulkarni P. Physicochemical and biological assessment of silver nanoparticles immobilized Halloysite nanotubes-based resin composite for dental applications. *Heliyon* [Internet]. 17 mars 2020 [cité 1 avr 2020];6(3). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7078557/>
142. Wang Z, Li Q, Xu L, Ma J, Wang Y, Wei B, et al. Ageing alters the physicochemical properties of silver nanoparticles and consequently compromises their acute toxicity in mammals. *Ecotoxicol Environ Saf*. 28 mars 2020;196:110487.
143. Burduşel A-C, Gherasim O, Grumezescu AM, Mogoantă L, Ficăi A, Andronescu E. Biomedical Applications of Silver Nanoparticles: An Up-to-Date Overview. *Nanomaterials* [Internet]. 31 août 2018 [cité 4 juin 2020];8(9). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6163202/>
144. Zhang J, Guo W, Li Q, Wang Z, Liu S. The effects and the potential mechanism of environmental transformation of metal nanoparticles on their toxicity in organisms. *Environ Sci Nano*. 2018;5(11):2482-99.
145. Perturbateurs endocriniens et risque de cancer | Cancer et environnement [Internet]. [cité 25 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.cancer-environnement.fr/274-Perturbateurs-endocriniens.ce.aspx>

146. Lannoy PC. DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE. :139.
147. Goldberg M. Perturbateur endocrinien : le bisphénol A. EMC - Odontol. 2017;0(0):5.
148. Determe G. POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE. :131.
149. Akash MSH, Sabir S, Rehman K. Bisphenol A-induced metabolic disorders: From exposure to mechanism of action. *Environ Toxicol Pharmacol*. 19 mars 2020;77:103373.
150. Park Y-J, Rahman MS, Pang W-K, Ryu D-Y, Kim B, Pang M-G. Bisphenol A affects the maturation and fertilization competence of spermatozoa. *Ecotoxicol Environ Saf*. 31 mars 2020;196:110512.
151. Zhang H, Zhang Y, Li J, Yang M. Occurrence and exposure assessment of bisphenol analogues in source water and drinking water in China. *Sci Total Environ*. 10 mars 2019;655:607-13.
152. Hermabessiere L, Dehaut A, Paul-Pont I, Lacroix C, Jezequel R, Soudant P, et al. Occurrence and effects of plastic additives on marine environments and organisms: A review. *Chemosphere*. 1 sept 2017;182:781-93.
153. Piehl S, Leibner A, Löder MGJ, Dris R, Bogner C, Laforsch C. Identification and quantification of macro- and microplastics on an agricultural farmland. *Sci Rep*. déc 2018;8(1):17950.
154. Liu J, Liu L, Shu Y, Jiang S, Huang R, Jia Z, et al. Effect of ageing process on bisphenol A sorption and retention in agricultural soils amended with biochar. *Environ Sci Pollut Res [Internet]*. 10 mars 2020 [cité 4 avr 2020]; Disponible sur: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08330-1>
155. Staples CA, Dome PB, Klecka GM, Oblock ST, Harris LR. A review of the environmental fate, effects, and exposures of bisphenol A. *Chemosphere*. 1 avr 1998;36(10):2149-73.
156. Darbre PD. Overview of air pollution and endocrine disorders. *Int J Gen Med*. 23 mai 2018;11:191-207.
157. Jedeon K, De la Dure-Molla M, Brookes SJ, Loiodice S, Marciano C, Kirkham J, et al. Enamel defects reflect perinatal exposure to bisphenol A. *Am J Pathol*. juill 2013;183(1):108-18.
158. Jedeon K, Loiodice S, Marciano C, Vinel A, Canivenc Lavier M-C, Berdal A, et al. Estrogen and bisphenol A affect male rat enamel formation and promote ameloblast proliferation. *Endocrinology*. sept 2014;155(9):3365-75.
159. Löfroth M, Ghasemimehr M, Falk A, Vult von Steyern P. Bisphenol A in dental materials – existence, leakage and biological effects. *Heliyon*. mai 2019;5(5):e01711.
160. Hegde MN, Bhat GT. "RELEASE OF MONOMERS FROM DENTAL COMPOSITE MATERIALS" - AN IN VITRO STUDY. 4:6.
161. Raskin A. Les résines composites. SFBF - Support Cours. 2010 2009;37.
162. Reichl F-X, Seiss M, Marquardt W, Kleinsasser N, Schweikl H, Kehe K, et al. Toxicity potentiation by H₂O₂ with components of dental restorative materials on human oral cells. *Arch Toxicol*. 1 janv 2008;82(1):21-8.
163. Ruyter IE, Svendsen SA. Remaining methacrylate groups in composite restorative materials. *Acta Odontol Scand*. 1 janv 1978;36(2):75-82.
164. Afzalifar D. Original Article. *J Dent*. 11(1):11.

165. Gerzina TM, Hume WR. Effect of Hydrostatic Pressure on the Diffusion of Monomers through Dentin in vitro: J Dent Res [Internet]. 8 nov 2016 [cité 5 avr 2020]; Disponible sur: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/00220345950740011301>
166. Styllou M, Reichl F-X, Styllou P, Urcan E, Rothmund L, Hickel R, et al. Dental composite components induce DNA-damage and altered nuclear morphology in gingiva fibroblasts. Dent Mater. nov 2015;31(11):1335-44.
167. Reichl FX, Durner J, Hickel R, Kunzelmann KH, Jewett A, Wang MY, et al. Distribution and Excretion of TEGDMA in Guinea Pigs and Mice: J Dent Res [Internet]. 18 nov 2016 [cité 5 avr 2020]; Disponible sur: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/00220345010800050501>
168. In vivo effects of BISGMA—a component of dental composite—on male mouse reproduction and fertility - Al-Hiyasat - 2006 - Journal of Biomedical Materials Research Part A - Wiley Online Library [Internet]. [cité 5 avr 2020]. Disponible sur: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jbm.a.30667>
169. Geurtsen- W, Leyhausen G. Chemical-Biological Interactions of the resin monomer triethyleneglycol-dimethacrylate (TEGDMA). J Dent Res. déc 2001;80(12):2046-50.
170. Bandarra S, Mascarenhas P, Luís AR, Catrau M, Bekman E, Ribeiro AC, et al. In vitro and in silico evaluations of resin-based dental restorative material toxicity. Clin Oral Investig [Internet]. 12 nov 2019 [cité 5 avr 2020]; Disponible sur: <https://doi.org/10.1007/s00784-019-03131-4>
171. Nathanson D, Lertpitayakun P, Lamkin MS, Edalatpour M, Chou LL. IN VITRO ELUTION OF LEACHABLE COMPONENTS FROM DENTAL SEALANTS. J Am Dent Assoc. 1 nov 1997;128(11):1517-23.
172. Sajnani A, Hegde M. Leaching of monomers from bulk-fill composites: An in vitro study. J Conserv Dent. 2016;19(5):482.
173. Determe G. POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE. :131.
174. Kurt A, Altintas SH, Kiziltas MV, Tekkeli SE, Guler EM, Kocyigit A, et al. Evaluation of residual monomer release and toxicity of self-adhesive resin cements. Dent Mater J. 2018;37(1):40-8.
175. Gayrard V. L'exposition humaine au bisphénol S. Cah Rech Santé Environ Trav. juill 2019;(13):35-6.
176. Eladak S, Grisin T, Moison D, Guerquin M-J, N'Tumba-Byn T, Pozzi-Gaudin S, et al. A new chapter in the bisphenol A story: bisphenol S and bisphenol F are not safe alternatives to this compound. Fertil Steril. janv 2015;103(1):11-21.
177. Dumas O, Varraso R, Boggs KM, Quinot C, Zock J-P, Henneberger PK, et al. Association of Occupational Exposure to Disinfectants With Incidence of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Among US Female Nurses. JAMA Netw Open. 2 oct 2019;2(10):e1913563.
178. Casey ML, Hawley B, Edwards N, Cox-Ganser JM, Cummings KJ. Health problems and disinfectant product exposure among staff at a large multispecialty hospital. Am J Infect Control. 1 oct 2017;45(10):1133-8.
179. ktv_fbiechele. The Viennese Database for Disinfectants (WIDES Database) [Internet]. [cité 6 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.wien.gv.at/english/environment/protection/oekokauf/disinfectants/index.html>

180. Regulation (EU) No 528/2012 of the European Parliament and of the Council of 22 May 2012 concerning the making available on the market and use of biocidal products Text with EEA relevance. :123.
181. Zeng F, Lerro C, Lavoué J, Huang H, Siemiatycki J, Zhao N, et al. Occupational exposure to pesticides and other biocides and risk of thyroid cancer. *Occup Environ Med*. 2017;74(7):502-10.
182. da Costa JB, Rodgher S, Daniel LA, Espíndola ELG. Toxicity on aquatic organisms exposed to secondary effluent disinfected with chlorine, peracetic acid, ozone and UV radiation. *Ecotoxicol Lond Engl*. nov 2014;23(9):1803-13.
183. Hébert N, Gagné F, Cejka P, Bouchard B, Hausler R, Cyr DG, et al. Effects of ozone, ultraviolet and peracetic acid disinfection of a primary-treated municipal effluent on the immune system of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comp Biochem Physiol Toxicol Pharmacol CBP*. août 2008;148(2):122-7.
184. Emmanuel E, Keck G, Blanchard J-M, Vermande P, Perrodin Y. Toxicological effects of disinfections using sodium hypochlorite on aquatic organisms and its contribution to AOX formation in hospital wastewater. *Environ Int*. sept 2004;30(7):891-900.
185. Domínguez Henao L, Turolla A, Antonelli M. Disinfection by-products formation and ecotoxicological effects of effluents treated with peracetic acid: A review. *Chemosphere*. déc 2018;213:25-40.
186. Cadena M, Kelman T, Marco ML, Pitesky M. Understanding Antimicrobial Resistance (AMR) Profiles of Salmonella Biofilm and Planktonic Bacteria Challenged with Disinfectants Commonly Used During Poultry Processing. *Foods Basel Switz*. 22 juill 2019;8(7).
187. McEwen SA, Collignon PJ. Antimicrobial Resistance: a One Health Perspective. *Microbiol Spectr*. 2018;6(2).
188. Promoting safer disinfectants in the healthcare sector - SAICM 2.0 [Internet]. Health Care Without Harm. 2020 [cité 6 avr 2020]. Disponible sur: <https://noharm-europe.org/issues/europe/safer-disinfectants-healthcare>
189. Canada E et C climatique. Liste des substances toxiques : Oxyde nitreux [Internet]. aem. 2009 [cité 17 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/gestion-substances-toxiques/liste-loi-canadienne-protection-environnement/oxyde-nitreux.html>
190. Canada E et C climatique. Potentiels de réchauffement planétaire [Internet]. aem. 2010 [cité 17 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/orientation-quantification/potentiels-rechauffement-planetaire.html>
191. Gadani H, Vyas A. Anesthetic gases and global warming: Potentials, prevention and future of anesthesia. *Anesth Essays Res*. 2011;5(1):5-10.
192. Anaesthetic gases [Internet]. [cité 24 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.sduhealth.org.uk/areas-of-focus/carbon-hotspots/anaesthetic-gases.aspx>
193. Medical nitrous oxide [Internet]. BOC Healthcare. [cité 9 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.bochealthcare.co.uk/en/products-and-services/products-and-services-by-category/medical-gases/medical-nitrous/medical-nitrous-oxide.html>

194. Zaffina S, Lembo M, Gilardi F, Bussu A, Pattavina F, Tucci MG, et al. Nitrous oxide occupational exposure in conscious sedation procedures in dental ambulatories: a pilot retrospective observational study in an Italian pediatric hospital. *BMC Anesthesiol* [Internet]. 27 mars 2019 [cité 17 avr 2020];19. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6438021/>
195. Cohen EN, Gift HC, Brown BW, Greenfield W, Wu ML, Jones TW, et al. Occupational disease in dentistry and chronic exposure to trace anesthetic gases. *J Am Dent Assoc* 1939. juill 1980;101(1):21-31.
196. Rowland AS, Baird DD, Weinberg CR, Shore DL, Shy CM, Wilcox AJ. Reduced fertility among women employed as dental assistants exposed to high levels of nitrous oxide. *N Engl J Med*. 1 oct 1992;327(14):993-7.
197. Chapis C, Guerquin L, Albaladejo P. Les médicaments utilisés en anesthésie sont-ils vraiment des polluants majeurs ? *Prat En Anesth Réanimation*. sept 2016;20(4):184-7.
198. Environment UN. The Kigali Amendment to the Montreal Protocol: Another Global Commitment to stop climate change [Internet]. UN Environment. 2018 [cité 9 juin 2020]. Disponible sur: <http://www.unenvironment.org/news-and-stories/story/kigali-amendment-montreal-protocol-another-global-commitment-stop-climate>
199. Sherman J, Le C, Lamers V, Eckelman M. Life cycle greenhouse gas emissions of anesthetic drugs. *Anesth Analg*. mai 2012;114(5):1086-90.
200. Charlesworth M, Swinton F. Anaesthetic gases, climate change, and sustainable practice. *Lancet Planet Health*. 1 sept 2017;1(6):e216-7.
201. Gadani H, Vyas A. Anesthetic gases and global warming: Potentials, prevention and future of anesthesia. *Anesth Essays Res*. 2011;5(1):5-10.
202. Vollmer MK, Rhee TS, Rigby M, Hofstetter D, Hill M, Schoenenberger F, et al. Modern inhalation anesthetics: Potent greenhouse gases in the global atmosphere. *Geophys Res Lett*. 2015;42(5):1606-11.
203. Ryan SM, Nielsen CJ. Global warming potential of inhaled anesthetics: application to clinical use. *Anesth Analg*. juill 2010;111(1):92-8.
204. Hiltz M. The Environmental Impact of Dentistry. *JCDA*. 2007;73(1):6.
205. Farahani DA, Suchak M. ECO-FRIENDLY DENTISTRY. *Univ Waterloo*. 2007;38.
206. Sachdeva A. Green Dentistry: A Review. *J Dent Oral Biol*. 2018;3(6):4.
207. Who we are [Internet]. Health Care Without Harm. 2013 [cité 31 mars 2020]. Disponible sur: <https://noharm-europe.org/content/europe/who-we-are>
208. About GGHH | Global Green and Healthy Hospitals [Internet]. [cité 31 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.greenhospitals.net/who-we-are/>
209. Neutralité et bâtiment : comment les acteurs du secteur peuvent s'inscrire dans une démarche zéro émission nette [Internet]. Carbone 4. 2019 [cité 5 juin 2020]. Disponible sur: <http://www.carbone4.com/publication-neutralite-batiment/>

210. LE BATIMENT, UN SECTEUR EN PREMIERE LIGNE DES OBJECTIFS DE NEUTRALITE CARBONE DE LA FRANCE EN 2050 [Internet]. Carbone 4. 2019 [cité 26 mai 2020]. Disponible sur: <http://www.carbone4.com/article-batiment-snbc/>
211. Déchets du bâtiment et des travaux publics [Internet]. Ministère de la Transition écologique et solidaire. [cité 26 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/dechets-du-batiment-et-des-travaux-publics>
212. Goff JL. Gestion et valorisation des déchets de chantier de construction. ADEME DR HN. avr 2012;15.
213. Chesné L. Vers une nouvelle méthodologie de conception des bâtiments, basée sur leurs performances bioclimatiques. :218.
214. Les principes de base d'une conception bioclimatique [Internet]. Bureau d'études thermiques RT2012 en ligne. [cité 27 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique/>
215. La démarche négaWatt [Internet]. Association négaWatt. [cité 27 mars 2020]. Disponible sur: <https://negawatt.org/La-demarche-negaWatt>
216. Marten R. La conception bioclimatique [Internet]. 2018 mars 14 [cité 27 mars 2020]; IUT de Saint-Nazaire. Disponible sur: <https://cler.org/wp-content/uploads/2018/05/180312-IUT-SN-Bioclimatisme.pdf>
217. Isoler sa maison [Internet]. ADEME. [cité 5 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.ademe.fr/isoler-maison>
218. La collection Théma | Ministère de la Transition écologique et solidaire [Internet]. [cité 8 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/collection-thema>
219. Tous les bâtiments publics devront être construits à plus de 50% en bois d'ici à 2022 [Internet]. ladepeche.fr. [cité 13 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.ladepeche.fr/2020/02/05/tous-les-batiments-publics-devront-etre-construits-a-plus-de-50-en-bois-dici-a-2022,8712149.php>
220. La paille, un isolant alliant économie, écologie et confort d'été - Conseils Thermiques [Internet]. [cité 7 mai 2020]. Disponible sur: <https://conseils-thermiques.org/contenu/paille.php>
221. loiacono sonia, Crini N, Crini G. Du chanvre dans le traitement des eaux. In: 3 COLLOQUE INTERNATIONAL FRANCOPHONE EN ENVIRONNEMENT ET SANTE [Internet]. Dunkerque, France: Université Littoral Côte d'Opale, Dunkerque; 2017 [cité 28 mars 2020]. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01664954>
222. Matériaux biosourcés : Des produits renouvelables pour une construction durable : FFB [Internet]. [cité 9 juin 2020]. Disponible sur: https://www.ffbatiment.fr/federation-francaise-du-batiment/laffb/mediatheque/batimetiers.html?ID_ARTICLE=2660
223. Delannoy G, Marceau S, GLE P, GOURLAY E, Gueguen Minerbe M, DIAFI D, et al. Propriétés fonctionnelles et microscopiques des bétons de chanvre. In: RUGC 2017 - 35èmes Rencontres Universitaires de Génie Civil de l'AUGC [Internet]. NANTES, France; 2017 [cité 28 mars 2020]. p. 4 p. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01531324>

224. Maachi A, Sonnier R. Le plus vieux matériau de construction au monde est aussi le plus écoresponsable [Internet]. The Conversation. [cité 20 mai 2020]. Disponible sur: <http://theconversation.com/le-plus-vieux-materiau-de-construction-au-monde-est-aussi-le-plus-ecoresponsable-133587>
225. de Menibus AH, Degrave-Lemeurs M, Glé P. Propriétés acoustiques des bétons biosourcés à base de chanvre et de liant chaux ou argile. 2018;36(1):4.
226. Pacheco-Torgal F, Jalali S. Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. Constr Build Mater. 1 avr 2012;29:512-9.
227. de Menibus AH, Basco C, Degrave-Lemeurs M, Glé P, Hamard E, Lecompte T, et al. Étude des bétons biosourcés à base de terre crue et de chanvre dans le cadre du projet ECO-TERRA. 2018;36(1):4.
228. Dinwoodie JM. Timber: Its Nature and Behaviour. CRC Press; 2000. 270 p.
229. Le bois, matériau de demain ? [Internet]. CNRS Le journal. [cité 20 mai 2020]. Disponible sur: <https://lejournel.cnr.fr/articles/le-bois-materiau-de-demain>
230. Textiles usagés [Internet]. Ministère de la Transition écologique et solidaire. [cité 8 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/textiles-usages>
231. Un isolant à base de coton recyclé : une seconde vie pour nos vêtements. - Conseils Thermiques [Internet]. [cité 8 mai 2020]. Disponible sur: <https://conseils-thermiques.org/contenu/textiles-recycles.php>
232. L'isolation des combles avec des textiles recyclés [Internet]. IsolationCombles.fr. 2020 [cité 8 mai 2020]. Disponible sur: <https://isolationcombles.fr/isolation-des-combles/isolation-cmbles-murs-planchers-avec-textiles-recycles/>
233. Le contenu en CO2 du kWh [Internet]. Équilibre des Énergies. 2018 [cité 21 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.equilibredesenergies.org/12-10-2018-le-contenu-en-co2-du-kwh>
234. La production d'électricité | Ministère de la Transition écologique et solidaire [Internet]. [cité 21 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/production-delectricite>
235. Pourrions nous vivre comme aujourd'hui avec juste des renouvelables ? – Jean-Marc Jancovici [Internet]. [cité 9 avr 2020]. Disponible sur: <https://jancovici.com/transition-energetique/renouvelables/pourrions-nous-vivre-comme-aujourd'hui-avec-juste-des-renouvelables/>
236. Production d'eau chaude sanitaire dans les établissements de santé et médico-... [Internet]. ADEME. [cité 5 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.ademe.fr/production-deau-chaude-sanitaire-etablissements-sante-medico-sociaux>
237. Tsoutsos T, Aloumpi E, Gkouskos Z, Karagiorgas M. Design of a solar absorption cooling system in a Greek hospital. Energy Build. févr 2010;42(2):265-72.
238. Géothermie : définition, explication scientifique, enjeux énergétiques [Internet]. 2011 [cité 17 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/geothermie>

239. Chauffer et rafraîchir avec une énergie renouvelable : Géothermie très basse ... [Internet]. ADEME. [cité 9 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.ademe.fr/chauffer-rafraichir-energie-renouvelable-geothermie-tres-basse-energie>
240. La Biomasse : définition, enjeux et avantages de cette énergie [Internet]. 2010 [cité 28 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/biomasse>
241. Comment utiliser la biomasse pour produire de l'énergie ? [Internet]. [cité 8 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/energie-renouvelable-utiliser-biomasse-produire-energie-1108/>
242. HAS. Manuel de certification des établissements de santé V2010. Man Certif. janv 2014;111.
243. IIF-IIR, M F, L DJ, A O. Cogeneration/Trigeneration, 33rd Informatory Note on refrigeration technologies. [Internet]. IIF-IIR; 2017 [cité 5 juin 2020]. Disponible sur: <https://iifiir.org/en/fridoc/140085>
244. Concevoir une unité d'habitation [Internet]. [cité 5 juin 2020]. Disponible sur: <http://techno.chantemerle.free.fr/index.php/cl3/62-concevoir-une-unite-d-habitation>
245. VMC simple flux, VMC double flux : quelles différences ? - Maison & Travaux [Internet]. [cité 5 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.maison-travaux.fr/maison-travaux/conseils-pratiques/le-confort-certifie/vmc-simple-flux-vmc-double-flux-differences-253495.html>
246. Appel à manifestation d'intérêt sur le développement durable : L'AP-HP retient six projets lauréats pour accélérer sa transition écologique [Internet]. [cité 28 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.aphp.fr/contenu/appel-manifestation-dinteret-sur-le-developpement-durable-lap-hp-retient-six-projets>
247. Technologie | Sustainair [Internet]. [cité 20 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.sustainair.fr/technologie/>
248. Qu'est-ce qu'un puits de lumière ? SOLARSPOT® [Internet]. SOLARSPOT® Le puits de lumière par excellence. [cité 14 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.solarspot-lfr.com/qu-est-ce-qu-un-puits-de-lumiere/>
249. Mohammedi R, Mohdeb AY, Mokrani C, Chabane D, promoteur. La lumière naturelle dans l'espace architectural [Internet] [Thesis]. Université Abderrahmane Mira; 2017 [cité 29 mars 2020]. Disponible sur: <http://172.17.1.105:8080/dspace/handle/123456789/3084>
250. Éclairage à diodes électroluminescentes (LED) (L') [Internet]. ADEME. [cité 9 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.ademe.fr/eclairage-a-diodes-electroluminescentes-led-l>
251. Avantages et inconvénients des lampes LED pour l'éclairage domestique [Internet]. [cité 29 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.notre-planete.info/actualites/4108-lampes-LED-avantages-inconvenients>
252. Publication de la Directive Européenne pour la performance énergétique des bâtiments et l'efficacité énergétique [Internet]. Filière 3e. 2018 [cité 7 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.filiere-3e.fr/2018/06/25/publication-de-la-directive-europeenne-pour-la-performance-energetique-des-batiments-et-lefficacite-energetique/>

253. Particuliers et éco-citoyens, Habitation, Rénover, Isolation [Internet]. ADEME. [cité 7 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.ademe.fr/particuliers-eco-citoyens/habitation/renover/isolation>
254. Batipédia - Les ponts thermiques dans le bâtiment - Mieux les connaître pour mieux les traiter (Guide pratique Développement durable, CSTB Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, mai 2014) [Internet]. [cité 7 mai 2020]. Disponible sur: <https://www-batipedia-com.proxy.unice.fr/document/texte/ABSI-3.html?versionId=ABSI-3&versionId=ABSI-3>
255. Dusza Y. Toitures végétalisées et services écosystémiques: favoriser la multifonctionnalité via les interactions sols-plantes et la diversité végétale. :209.
256. Cegibat G. La conception bioclimatique [Internet]. Cegibat.fr. [cité 5 juin 2020]. Disponible sur: <https://cegibat.grdf.fr/produit/conception-bioclimatique>
257. NHS Dental Statistics for England - 2016-17, Second Quarterly Report [Internet]. NHS Digital. [cité 18 avr 2020]. Disponible sur: <https://digital.nhs.uk/data-and-information/publications/statistical/nhs-dental-statistics/nhs-dental-statistics-for-england-2016-17-second-quarterly-report>
258. Cepeda M, Schoufour J, Freak-Poli R, Koolhaas CM, Dhana K, Bramer WM, et al. Levels of ambient air pollution according to mode of transport: a systematic review. *Lancet Public Health*. 1 janv 2017;2(1):e23-34.
259. (PDF) Comparison of air pollution exposure for five commuting modes in Sydney - car, train, bus, bicycle and walking [Internet]. ResearchGate. [cité 19 avr 2020]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/236346345_Comparison_of_air_pollution_exposure_for_five_commuting_modes_in_Sydney_-_car_train_bus_bicycle_and_walking
260. Duane B, Steinbach I, Ramasubbu D, Stancliffe R, Croasdale K, Harford S, et al. Environmental sustainability and travel within the dental practice. *Br Dent J*. avr 2019;226(7):525-30.
261. Mueller N, Rojas-Rueda D, Basagaña X, Cirach M, Cole-Hunter T, Dadvand P, et al. Urban and Transport Planning Related Exposures and Mortality: A Health Impact Assessment for Cities. *Environ Health Perspect*. 2017;125(1):89-96.
262. Nieuwenhuijsen MJ. Influence of urban and transport planning and the city environment on cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol*. 2018;15(7):432-8.
263. Hankey S, Lindsey G, Marshall JD. Population-Level Exposure to Particulate Air Pollution during Active Travel: Planning for Low-Exposure, Health-Promoting Cities. *Environ Health Perspect*. avr 2017;125(4):527-34.
264. Holmner Å, Ebi KL, Lazuardi L, Nilsson M. Carbon Footprint of Telemedicine Solutions - Unexplored Opportunity for Reducing Carbon Emissions in the Health Sector. Linkov I, éditeur. *PLoS ONE*. 4 sept 2014;9(9):e105040.
265. Black S. Debate the balance of harm. *BMJ*. 24 nov 2007;335(7629):1060.3-1061.
266. Roberts I, Godlee F. Reducing the carbon footprint of medical conferences. *BMJ*. 17 févr 2007;334(7589):324-5.
267. Wootton R, Bahaadinbeigy K, Hailey D. Estimating travel reduction associated with the use of telemedicine by patients and healthcare professionals: proposal for quantitative synthesis in a systematic review. *BMC Health Serv Res*. déc 2011;11(1):185.

268. Kruse CS, Krowski N, Rodriguez B, Tran L, Vela J, Brooks M. Telehealth and patient satisfaction: a systematic review and narrative analysis. *BMJ Open*. août 2017;7(8):e016242.
269. Estai M, Kanagasingam Y, Tennant M, Bunt S. A systematic review of the research evidence for the benefits of teledentistry. *J Telemed Telecare*. avr 2018;24(3):147-56.
270. Jampani ND, Nutalapati R, Dontula BSK, Boyapati R. Applications of teledentistry: A literature review and update. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2011;1(2):37-44.
271. Tennant M, Estai M. OPTIMIZING PATIENT REFERRALS TO DENTAL CONSULTANTS: IMPLICATION OF TELEDENTISTRY. *Australas Med J* [Internet]. 2016 [cité 12 mars 2020];09(07). Disponible sur: <http://amj.net.au/index.php?journal=AMJ&page=article&op=view&path%5B%5D=2696&path%5B%5D=1409>
272. Harrel SK, Molinari J. Aerosols and splatter in dentistry: a brief review of the literature and infection control implications. *J Am Dent Assoc* 1939. avr 2004;135(4):429-37.
273. Fournier DS. Tous les cabinets dentaires sont fermés au public. *ONCD*. :1.
274. COVID-19 #ONCD [Internet]. [cité 24 mai 2020]. Disponible sur: https://ordre-chirurgiens-dentistes-covid19.cloud.coreoz.com/#20_03_2020
275. Moazzami B, Razavi-Khorasani N, Dooghaie Moghadam A, Farokhi E, Rezaei N. COVID-19 and telemedicine: Immediate action required for maintaining healthcare providers well-being. *J Clin Virol*. mai 2020;126:104345.
276. Giudice A, Barone S, Muraca D, Averta F, Diodati F, Antonelli A, et al. Can Teledentistry Improve the Monitoring of Patients during the Covid-19 Dissemination? A Descriptive Pilot Study. *Int J Environ Res Public Health*. janv 2020;17(10):3399.
277. Duane B, Ramasubbu D, Harford S, Steinbach I, Stancliffe R, Croasdale K, et al. Environmental sustainability and procurement: purchasing products for the dental setting. *Br Dent J*. mars 2019;226(6):453-8.
278. Grose J, Richardson J. Managing a sustainable, low carbon supply chain in the English National Health Service: The views of senior managers. *J Health Serv Res Policy*. avr 2013;18(2):83-9.
279. BMA - Ethical procurement - what are the issues? [Internet]. [cité 29 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.bma.org.uk/collective-voice/influence/international/global-justice/fair-medical-trade/ethical-procurement-issues>
280. Ethical Procurement for Health: Workbook [Internet]. [cité 6 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.sduhealth.org.uk/areas-of-focus/commissioning-and-procurement/procurement/ethical-procurement-for-health-workbook.aspx>
281. Less waste, more health: A health professional's guide to reducing waste [Internet]. RCP London. 2018 [cité 20 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.rcplondon.ac.uk/projects/outputs/less-waste-more-health-health-professionals-guide-reducing-waste>
282. McKenzie-Mohr D. Fostering sustainable behavior: an introduction to community-based social marketing [Internet]. 2011 [cité 20 avr 2020]. Disponible sur: http://epe.lac-bac.gc.ca/101/200/300/new_society_publishers/fostering_sustainable_behavior/index.html

283. Déchets d'équipements électriques et électroniques [Internet]. Ministère de la Transition écologique et solidaire. [cité 16 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/dechets-dequipements-electriques-et-electroniques>
284. Recyclage des équipements médicaux professionnels | ecosystem [Internet]. [cité 24 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.ecosystem.eco/fr/fiche-famille/equipements-medicaux>
285. Comident transmet le traitement des DEEE de Recydent à Récyllum [Internet]. LEFILDENTAIRE magazine dentaire. 2014 [cité 16 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.lefildentaire.com/actualites/actualites-scientifiques/comident-transmet-le-traitement-des-deee-de-recydent-a-recyllum/>
286. Guillaume. Environnement - développement durable et cabinet dentaire [Internet]. La gestion du cabinet dentaire. 2019 [cité 25 mai 2020]. Disponible sur: <https://la-gestion-du-cabinet-dentaire.fr/environnement-et-developpement-durable/>
287. Astuce pour réduire votre consommation en climatisation [Internet]. EDF Guadeloupe. 2015 [cité 25 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.edf.gp/nos-conseils/astuce-pour-reduire-votre-consommation-en-climatisation-1>
288. Coureul M. Guide de prévention des infections liées aux soins en chirurgie dentaire et en stomatologie. Ministère Santé Solidar. 2006;72.
289. Haghghi Bardineh Y, Mohamadian F, Ahmadi MH, Akbarianrad N. Medical and dental applications of renewable energy systems. *Int J Low-Carbon Technol.* 1 déc 2018;13(4):320-6.
290. Schuler DA, Kaseman T, Boubour J. Validation of the Efficacy of a Solar-Thermal Powered Autoclave System for Off-Grid Medical Instrument Wet Sterilization. *Am J Trop Med Hyg.* 3 oct 2012;87(4):602-7.
291. Dravid MN, Chandak A, Phute SU, Khadse RK, Adchitre HR, Kulkarni SD. The use of solar energy for powering a portable autoclave. *J Hosp Infect.* 1 avr 2012;80(4):345-7.
292. Neumann O, Feronti C, Neumann AD, Dong A, Schell K, Lu B, et al. Compact solar autoclave based on steam generation using broadband light-harvesting nanoparticles. *Proc Natl Acad Sci.* 16 juill 2013;110(29):11677-81.
293. Face cachée du numérique (La) [Internet]. ADEME. [cité 6 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.ademe.fr/face-cachee-numerique>
294. Health-108 O. A Buyers' Guide to Dental Vacuum Systems [Internet]. Oral Health Group. 2011 [cité 16 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.oralhealthgroup.com/features/a-buyers-guide-to-dental-vacuum-systems/>
295. Avinash B, Avinash B, Shivalinga B, Jyothikiran S, Padmini M. Going Green with Eco-friendly Dentist. *J Contemp Dent Pract.* août 2013;14(4):766-9.
296. Singh A, Singh H. Eco-friendly dentistry and Green Hospitals. *J Adv Med Dent Sci Res.*
297. Mn C. Use of Plastic Products in Operation Theatres in NHS and Environmental Drive to Curb Use of Plastics. *Gen Surg.* 2019;2:6.
298. Gestion des déchets hospitaliers [Internet]. H360 – Association nationale des cadres et experts techniques hospitaliers. [cité 30 mars 2020]. Disponible sur: <http://www.h360.fr/dossiers/gestion-des-dechets-hospitaliers/>

299. Décret no 97-1048 du 6 novembre 1997 relatif à l'élimination des déchets d'activités de soins à risques infectieux et assimilés et des pièces anatomiques et modifiant le code de la santé publique (deuxième partie : Décrets en Conseil d'Etat). 97-1048 nov 6, 1997.
300. David C. Déchets infectieux. Elimination des DASRI et assimilés. INRS. 2013;55.
301. Doumeau M, Grandpierre DB, Paillat M, Cholet C. Elimination de certains déchets d'activités de soins à risque infectieux (DASRI) dans la filière déchets ménagers (DADM). :29.
302. McPherson B, Sharip M, Grimmond T. The impact on life cycle carbon footprint of converting from disposable to reusable sharps containers in a large US hospital geographically distant from manufacturing and processing facilities. PeerJ. 22 févr 2019;7:e6204.
303. Raila EM, Anderson DO. Black carbon emission reduction strategies in healthcare industry for effective global climate change management. Waste Manag Res. 1 avr 2017;35(4):416-25.
304. Siu J, Hill AG, MacCormick AD. Systematic review of reusable versus disposable laparoscopic instruments: costs and safety. ANZ J Surg. janv 2017;87(1-2):28-33.
305. Eckelman M, Mosher M, Gonzalez A, Sherman J. Comparative Life Cycle Assessment of Disposable and Reusable Laryngeal Mask Airways. 2012;114(5):7.
306. Overcash M. A Comparison of Reusable and Disposable Perioperative Textiles: Sustainability State-of-the-Art 2012. Anesth Analg. mai 2012;114(5):1055-66.
307. Vozzola E, Overcash M, Griffing E. An Environmental Analysis of Reusable and Disposable Surgical Gowns. AORN J. mars 2020;111(3):315-25.
308. Willer S. DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE Le développement durable et la pratique de la médecine bucco-dentaire. 2018.
309. Infection Control Waste [Internet]. Eco Dentistry Association. [cité 15 avr 2020]. Disponible sur: <https://ecodentistry.org/green-dental-professionals/dental-office-waste/infection-control-waste/>
310. Klumdeth J, Jantaratnotai N, Thaweboon S, Pachimsawat P. Sterility maintenance of reused disposable paper/plastic sterilization pouches in actual clinical practice. Heliyon [Internet]. 30 mars 2020;6(3). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7113629/>
311. Puangsa-Ard Y, Thaweboon S, Jantaratnotai N, Pachimsawat P. Effects of resterilization and storage time on sterility of paper/plastic pouches. Eur J Dent. 2018;12(3):417-21.
312. BLUE RENEW Recycling Program | Halyard Health [Internet]. [cité 14 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.halyardhealth.com/solutions/surgical-solutions/sterilization-solutions/blue-renew.aspx>
313. 2012 Sustainability Report Kimberly-Clark ANZ | Products | Health Care [Internet]. [cité 14 avr 2020]. Disponible sur: <http://www.sustainability.kimberly-clark.com.au/2012/products/kimberly-clark-health-care/>
314. Challenges and opportunities of plastics recycling in hospitals – PVCMed interviewed by PlasticsToday – PVCMed Alliance [Internet]. [cité 14 avr 2020]. Disponible sur: <https://pvcmed.org/challenges-and-opportunities-of-plastics-recycling-in-hospitals-pvcmed-interviewed-by-plasticstoday/>

315. EnviroPouch® Reusable Autoclave Steam Sterilization Pouches [Internet]. [cité 15 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.enviropouch.com/>
316. Container de stérilisation pour instruments dentaires by Aesculap® | MedicalExpo [Internet]. [cité 15 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.medicaexpo.fr/prod/aesculap/product-70641-664002.html>
317. Ferrec G. Stérilisation du matériel de chirurgie au cabinet. Actual Odonto-Stomatol. mars 2007;(237):61-81.
318. Yoo J-H. Review of Disinfection and Sterilization – Back to the Basics. Infect Chemother. juin 2018;50(2):101-9.
319. La mode sans dessus-dessous [Internet]. [cité 15 avr 2020]. Disponible sur: <https://multimedia.ademe.fr/infographies/infographie-mode-qqf/>
320. Vous trouverez la canule d'Irrigation courbe en acier inoxydable à un prix abordable chez Praxisdienst [Internet]. [cité 30 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.praxisdienst.fr/fr/Dentaire/Consommables/Seringues+aiguilles/Canules+d+irrigation/Canule+d+irrigation+a+extremite+courbe+1+0+x+40mm.html>
321. Boillot C. Évaluation des risques écotoxicologiques liés aux rejets d'effluents hospitaliers dans les milieux aquatiques. Contribution à l'amélioration de la phase `` caractérisation des effets ' '. :299.
322. Jobling S, Williams R, Johnson A, Taylor A, Gross-Sorokin M, Nolan M, et al. Predicted Exposures to Steroid Estrogens in U.K. Rivers Correlate with Widespread Sexual Disruption in Wild Fish Populations. Environ Health Perspect. avr 2006;114(Suppl 1):32-9.
323. Boulay S. MOYENS DE RÉDUCTION DES PERTURBATEURS ENDOCRINIENS PRÉSENTS DANS LES EFFLUENTS HOSPITALIERS. Sherbrooke; 2018.
324. Ory J. Effluents hospitaliers: sources de pollution en antibiotiques et de résistances bactériennes potentiellement transmissibles via un biofilm?: Microbiologie. :373.
325. Oppliger A. Antibiotiques et bactéries antibio-résistantes dans les effluents d'hôpitaux : Etat des lieux en Europe. Inst Univ Romand Santé Au Trav. nov 2008;160-7.
326. Rossi L. Les eaux usées hospitalières représentent-elles un enjeu environnemental majeur ? 2012; Université de Lausanne.
327. Bertrand-Krajewski J-L, Bouchali R, Bouchez A, Brelot E, Brivet C, Dagot C, et al. EFFLUENTS HOSPITALIERS ET STATIONS D'EPURATION URBAINES : SEPT ANNEES DE SUIVI, D'ETUDES ET DE RECHERCHE SUR SIPIBEL. In: Actes des 23e Journées Information Eaux [Internet]. 2018 [cité 23 mai 2020]. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02386470>
328. Teoh L, Stewart K, Marino R, McCullough M. Antibiotic resistance and relevance to general dental practice in Australia. Aust Dent J. 2018;63(4):414-21.
329. Koyuncuoglu CZ, Aydin M, Kirmizi NI, Aydin V, Aksoy M, Isli F, et al. Rational use of medicine in dentistry: do dentists prescribe antibiotics in appropriate indications? Eur J Clin Pharmacol. août 2017;73(8):1027-32.
330. Thornhill MH, Dayer MJ, Durkin MJ, Lockhart PB, Baddour LM. Oral antibiotic prescribing by NHS dentists in England 2010-2017. Br Dent J. 2019;227(12):1044-50.

331. Ramachandran P, Rachuri NK, Martha S, Shakthivel R, Gundala A, Battu TS. Implications of Overprescription of Antibiotics: A Cross-Sectional Study. *J Pharm Bioallied Sci.* mai 2019;11(Suppl 2):S434-7.
332. Alzahrani AAH, Alzahrani MSA, Aldannish BH, Alghamdi HS, Albanghali MA, Almalki SSR. Inappropriate Dental Antibiotic Prescriptions: Potential Driver of the Antimicrobial Resistance in Albaha Region, Saudi Arabia. *Risk Manag Healthc Policy.* 2020;13:175-82.
333. Schaff S. POUR LE DIPLÔME DE DOCTEUR EN MEDECINE Résidus médicamenteux: Prise en compte dans la prescription du devenir environnemental des résidus médicamenteux. Lorraine; 2012.
334. Gaspillage des médicaments - Sénat [Internet]. [cité 18 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.senat.fr/questions/base/2009/qSEQ091010369.html>
335. Mater N. Evaluation de l'impact (éco) toxicologique de résidus médicamenteux présents dans les effluents hospitaliers, urbains et dans l'environnement à l'aide d'une batterie de bioessais et de biomarqueurs [Internet]. École Doctorale Sciences Écologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bioingénieries (Toulouse);154236330; 2014 [cité 18 avr 2020]. Disponible sur: <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00002797/>
336. Galeotti A, Garret Bernardin A, D'Antò V, Ferrazzano GF, Gentile T, Viarani V, et al. Inhalation Conscious Sedation with Nitrous Oxide and Oxygen as Alternative to General Anesthesia in Precooperative, Fearful, and Disabled Pediatric Dental Patients: A Large Survey on 688 Working Sessions. *BioMed Res Int.* 2016;2016:7289310.
337. Hennequin M, Collado V, Faulks D, Koscielny S, Onody P, Nicolas E. A clinical trial of efficacy and safety of inhalation sedation with a 50% nitrous oxide/oxygen premix (Kalinox™) in general practice. *Clin Oral Investig.* avr 2012;16(2):633-42.
338. Nitrous oxide purification [Internet]. Medicvent. [cité 17 avr 2020]. Disponible sur: <https://medicvent.se/en/expertomraden/lustgas/lustgasrening/>
339. Exhalation Device — Medclair [Internet]. [cité 17 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.medclair.se/se/ed>
340. Lindén-Søndersø A, Nielsen N, Bentzer P. [Climate footprint of halogenated inhalation anesthetics]. *Lakartidningen.* 10 oct 2019;116.
341. Thiel CL, Eckelman M, Guido R, Huddleston M, Landis AE, Sherman J, et al. Environmental Impacts of Surgical Procedures: Life Cycle Assessment of Hysterectomy in the United States. *Environ Sci Technol.* 3 févr 2015;49(3):1779-86.
342. Ryan S, Sherman J. Sustainable Anesthesia. *Anesth Analg.* 1 mai 2012;114:921-3.
343. Schneider É. Version discutée au comité d'experts le 27 septembre 2019 Publié sur www.sante.lu le 08 octobre 2019 Transmis à la Commission européenne le 10 octobre 2019. :11.
344. Hylander LD, Lindvall A, Uhrberg R, Gahnberg L, Lindh U. Mercury recovery in situ of four different dental amalgam separators. *Sci Total Environ.* juill 2006;366(1):320-36.
345. ISO 11143:2008(fr), Art dentaire — Séparateurs d'amalgame [Internet]. [cité 1 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:11143:ed-2:v1:fr>

346. Haas P-E, Laborie H, Engel F. La gestion des déchets dans les établissements de santé. *MeaH*. 2008;37.
347. Mathur P, Jha S, Ramteke S, Jain NK. Pharmaceutical aspects of silver nanoparticles. *Artif Cells Nanomedicine Biotechnol*. 31 oct 2018;46(sup1):115-26.
348. Qais FA, Shafiq A, Ahmad I, Husain FM, Khan RA, Hassan I. Green synthesis of silver nanoparticles using *Carum copticum*: Assessment of its quorum sensing and biofilm inhibitory potential against Gram negative bacterial pathogens. *Microb Pathog*. 26 mars 2020;104172.
349. Ferdous Z, Nemmar A. Health Impact of Silver Nanoparticles: A Review of the Biodistribution and Toxicity Following Various Routes of Exposure. *Int J Mol Sci [Internet]*. 30 mars 2020 [cité 16 juin 2020];21(7). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7177798/>
350. Paula AB, Toste D, Marinho A, Amaro I, Marto C-M, Coelho A, et al. Once Resin Composites and Dental Sealants Release Bisphenol-A, How Might This Affect Our Clinical Management?—A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health [Internet]*. mai 2019 [cité 5 avr 2020];16(9). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6539392/>
351. Dursun E, Fron-Chabouis H, Attal J-P, Raskin A. Bisphenol A Release: Survey of the Composition of Dental Composite Resins. *Open Dent J*. 31 août 2016;10(1):446-53.
352. Polydorou O, König A, Hellwig E, Kümmerer K. Long-term release of monomers from modern dental-composite materials. *Eur J Oral Sci*. févr 2009;117(1):68-75.
353. González-López JA, Pérez-Mondragón AA, Cuevas-Suárez CE, Trejo-Carbajal N, Herrera-González AM. Evaluation of dental composites resins formulated with non-toxic monomers derived from catechol. *J Mech Behav Biomed Mater*. avr 2020;104:103613.
354. Franchi DI. Functional and postural aesthetic harmony with the new composite material Enamel Plus HRi Bio Function. *Cosmet Dent*. 2019;1:5.
355. Caselli E, Brusaferrero S, Coccagna M, Arnoldo L, Berloco F, Antonioli P, et al. Reducing healthcare-associated infections incidence by a probiotic-based sanitation system: A multicentre, prospective, intervention study. *PLoS ONE [Internet]*. 12 juill 2018 [cité 11 avr 2020];13(7). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6042698/>
356. Al-Marzooq F, Al Bayat S, Sayyar F, Ishaq H, Nasralla H, Koutaich R, et al. Can probiotic cleaning solutions replace chemical disinfectants in dental clinics? *Eur J Dent*. 2018;12(4):532-9.
357. Vandini A, Temmerman R, Frabetti A, Caselli E, Antonioli P, Balboni PG, et al. Hard Surface Biocontrol in Hospitals Using Microbial-Based Cleaning Products. *PLoS ONE [Internet]*. 26 sept 2014 [cité 11 avr 2020];9(9). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4178175/>
358. Caselli E, Antonioli P, Mazzacane S. Safety of probiotics used for hospital environmental sanitation. *J Hosp Infect*. oct 2016;94(2):193-4.
359. Caselli E, Arnoldo L, Rognoni C, D'Accolti M, Soffritti I, Lanzoni L, et al. Impact of a probiotic-based hospital sanitation on antimicrobial resistance and HAI-associated antimicrobial consumption and costs: a multicenter study. *Infect Drug Resist*. 27 févr 2019;12:501-10.

360. Rodrigues L, van der Mei HC, Teixeira J, Oliveira R. Influence of Biosurfactants from Probiotic Bacteria on Formation of Biofilms on Voice Prostheses. *Appl Environ Microbiol.* juill 2004;70(7):4408-10.
361. Caselli E. Hygiene: microbial strategies to reduce pathogens and drug resistance in clinical settings. *Microb Biotechnol.* 5 juill 2017;10(5):1079-83.
362. Mirski T, Lidia M, Nakonieczna A, Gryko R. Bacteriophages, phage endolysins and antimicrobial peptides – the possibilities for their common use to combat infections and in the design of new drugs. *Ann Agric Environ Med.* 17 juin 2019;26(2):203-9.
363. D'Accolti M, Soffritti I, Lanzoni L, Bisi M, Volta A, Mazzacane S, et al. Effective elimination of Staphylococcal contamination from hospital surfaces by a bacteriophage–probiotic sanitation strategy: a monocentric study. *Microb Biotechnol.* 25 avr 2019;12(4):742-51.
364. D'Accolti M, Soffritti I, Piffanelli M, Bisi M, Mazzacane S, Caselli E. Efficient removal of hospital pathogens from hard surfaces by a combined use of bacteriophages and probiotics: potential as sanitizing agents. *Infect Drug Resist.* 30 juill 2018;11:1015-26.
365. Qualité de l'air intérieur | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 30 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/qualit%C3%A9-de-l%E2%80%99air-int%C3%A9rieur>
366. BAURÈS et al. - 2018 - QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR DANS LES HÔPITAUX..pdf [Internet]. [cité 30 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.asfera.org/medias/files/articles/2018/12566.pdf>
367. Qualité de l'Air Intérieur dans les établissements HOSpitaliers (QAIHOSP) [Internet]. ADEME. [cité 6 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.ademe.fr/qualite-lair-interieur-etablissements-hospitaliers-qaihosp>
368. Ahmed HO, Ali WJ. Noise levels, noise annoyance, and hearing-related problems in a dental college. *Arch Environ Occup Health.* 4 mai 2017;72(3):159-65.
369. Wellbery C, Sheffield P, Timmireddy K, Sarfaty M, Teherani A, Fallar R. It's Time for Medical Schools to Introduce Climate Change Into Their Curricula: *Acad Med.* déc 2018;93(12):1774-7.
370. Communiqué de Presse Jeunes Médecins Ile-de-France et ASEF | Association Santé Environnement France [Internet]. [cité 7 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.asef-asso.fr/actualite/communiqués-de-presse/communiqué-de-presse-le-syndicat-jeunes-medecins-devient-le-premier-syndicat-medical-a-creer-une-cooperation-sur-le-plan-environnemental/>
371. Yang L, Liao W, Liu C, Zhang N, Zhong S, Huang C. Associations between Knowledge of the Causes and Perceived Impacts of Climate Change: A Cross-Sectional Survey of Medical, Public Health and Nursing Students in Universities in China. *Int J Environ Res Public Health.* 26 nov 2018;15(12):2650.
372. Grose J, Richardson J, Mills I, Moles D, Nasser M. Exploring attitudes and knowledge of climate change and sustainability in a dental practice: A feasibility study into resource management. *Br Dent J.* févr 2016;220(4):187-91.
373. *cnsd_propositions_sns_avril_2014.pdf* [Internet]. [cité 28 mai 2020]. Disponible sur: https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/cnsd_propositions_sns_avril_2014.pdf

374. ASD_la-sant[®]-bucco-dentaire-un-enjeu-de-sant[®]-publique-005.pdf [Internet]. [cité 28 mai 2020]. Disponible sur: http://aspbd.fr/wp-content/uploads/2019/06/ASD_la-sant%C2%AE-bucco-dentaire-un-enjeu-de-sant%C2%AE-publique-005.pdf
375. Prévention, santé et environnement : mieux vaut prévenir que guérir placedelasante.mutualite.fr [Internet]. [cité 28 mai 2020]. Disponible sur: <https://placedelasante.mutualite.fr/prevention-sante-et-environnement/>
376. Hancocks S. What is digital about dentistry? *Br Dent J.* sept 2017;223(5):305-305.
377. Publication du rapport intermédiaire « Déployer la sobriété numérique » [Internet]. The Shift Project. 2020 [cité 6 juin 2020]. Disponible sur: <https://theshiftproject.org/article/rapport-intermediaire-deployer-sobriete-numerique/>
378. Abrikh F, Antoine A, Ferreboeuf H, Orgelet J, Vergeynst O, Berthaut C, et al. Empreinte environnementale du numérique mondial. *GreenIT.* 2019;40.
379. Le numérique est une ressource non renouvelable [Internet]. *Green IT.* 2019 [cité 10 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.greenit.fr/2019/08/27/le-numerique-est-une-ressource-non-renouvelable/>
380. La révolution numérique fera-t-elle exploser nos consommations d'énergie ? [Internet]. Décrypter l'énergie. [cité 10 avr 2020]. Disponible sur: <https://decrypterlenergie.org/la-revolution-numerique-fera-t-elle-exploser-nos-consommations-denergie>
381. World Energy Outlook 2017: China – Analysis [Internet]. IEA. [cité 10 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2017-china>
382. Gabrys J. Powering the Digital : From Energy Ecologies to Electronic Environmentalism. *Media Ecol Crisis.* 2014;15.
383. Patsavellas J, Salonitis K. The carbon footprint of manufacturing digitalization: Critical literature review and future research agenda. 24 juin 2019 [cité 28 mai 2020]; Disponible sur: <http://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/14261>
384. Le numérique est une ressource critique [Internet]. *Green IT.* 2019 [cité 10 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.greenit.fr/2019/09/17/le-numerique-est-une-ressource-critique/>



Approbation – Improbation

Les opinions émises par les dissertations présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation ou improbation de la Faculté de Chirurgie dentaire (1).

Lu et approuvé,

Vu,

Nice, le

Le Président du jury,

Le Doyen de la Faculté de
Chirurgie Dentaire de l'UNS

Professeur

Professeur Laurence LUPI

(1) Les exemplaires destinés à la bibliothèque doivent être obligatoirement signés par le Doyen et par le Président du Jury.

Serment d'Hippocrate

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'Hippocrate,

Je promets et je jure, au nom de l'Être Suprême, d'être fidèle aux lois de l'Honneur et de la probité dans l'exercice de La Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui se passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon Devoir et mon patient.

Je garderai le respect absolu de la vie humaine dès sa conception.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'Humanité.

Respectueux et reconnaissant envers les Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses,

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.

REDUIRE L'IMPACT CARBONE ET ENVIRONNEMENTAL D'UN SERVICE DENTAIRE HOSPITALIER

Thèse : Chirurgie Dentaire, Nice, année universitaire 2019-2020,

n°42-57-20-16

Directeur de thèse : Dr CEINOS Romain

Mots-clés : Empreinte carbone, dérèglement climatique, gaz à effet de serre, hôpitaux durables, conception bioclimatique, déchets, plastique, alternatives au plastique, bisphénol, matériaux sains, numérique

Résumé :

L'impact environnemental de la pratique dentaire devient un sujet de préoccupation chez les chirurgiens-dentistes. Les systèmes de soins actuels rejettent une quantité d'émissions de gaz à effet de serre non négligeable. En 2014-2015 l'empreinte carbone de la dentisterie a été calculé : 64,5% ont été attribués aux trajets ; 15,3 % à l'énergie utilisée et 19 % à la chaîne d'approvisionnement. Les déchets sont principalement issus des produits de lutte contre les infections et des objets à usage unique.

Dans le but de concevoir un service hospitalier éco-responsable et durable cette thèse a pour objectif d'explorer des pistes pour réduire l'impact carbone et environnemental d'une pratique dentaire au sein d'un service hospitalier.

Après quelques explications sur le réchauffement climatique et ses conséquences, nous avons parlé de l'empreinte carbone des services de santé et de la conception bioclimatique d'un service dentaire hospitalier. Des solutions pour réduire la quantité de déchets et utiliser des matériaux plus respectueux de l'environnement, ont été proposées. Enfin, nous avons évoqué les perspectives d'avenir de notre profession vers le numérique, son impact et la nécessité d'intégrer les notions du changement climatique et pratiques éco-responsables dans les études médicales.