

UNIVERSITÉ TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTÉ DE SANTE – DEPARTEMENT D'ODONTOLOGIE

ANNÉE 2023

2023-TOU3-3044

THESE

**POUR LE DIPLÔME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE
DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement

par

GIRARD Juliette

le 03/07/20023

**RAPPORTS ET ANALYSES CONCERNANT L'IMPACT
ENVIRONNEMENTAL D'UNE ACTIVITÉ DE SOINS :
APPLICABILITE AU MONDE DENTAIRE ET À SES BIOMATÉRIAUX.**

Directeur de thèse : Dr. CANCEILL Thibault

JURY

Présidente : Professeur Jean-Noël VERGNES
1er assesseur : Docteur Alexia VINEL
2^{ème} assesseur : Docteur Thibault CANCEILL
3^{ème} assesseur : Docteur Paul PAGES



Faculté de santé
Département d'Odontologie

➔ **DIRECTION**

Doyen de la Faculté de Santé

M. Philippe POMAR

Vice Doyenne de la Faculté de Santé
Directrice du Département d'Odontologie

Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

Directeurs Adjointes

Mme Sarah COUSTY
M. Florent DESTRUHAUT

Directrice Administrative

Mme Muriel VERDAGUER

Présidente du Comité Scientifique

Mme Cathy NABET

➔ **HONORARIAT**

Doyens honoraires

M. Jean LAGARRIGUE +
M. Jean-Philippe LODTER +
M. Gérard PALOUDIER
M. Michel SIXOU
M. Henri SOULET

Chargés de mission

M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)
M. Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)
M. Franck DIEMER (*Formation Continue*)
M. Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)
M. Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

➔ **PERSONNEL ENSEIGNANT**

Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE (Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER)

ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université : Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSE
Maîtres de Conférences : Mme Emmanuelle NOIRRIT-ESCLASSAN, Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY
Assistants : Mme Anne GICQUEL, M. Robin BENETAH
Adjoints d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Mathieu TESTE, M. Daniel BANDON

ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, M. Maxime ROTENBERG
Assistants : M. Vincent VIDAL-ROSSET, Mme Carole VARGAS JOULIA
Adjoints d'Enseignement : Mme. Isabelle ARAGON

56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE (Mme NABET Catherine)

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL, M. Jean-Noël VERGNES
Assistante : Mme Géromine FOURNIER
Adjoints d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, M. Jean-Philippe GATIGNOL
Mme Carole KANJ, Mme Mylène VINCENT-BERTHOUMIEUX, M. Christophe BEDOS

Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE (M. Philippe KEMOUN)

PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences : Mme Sara LAURENCIN-DALICIEUX, Mme Alexia VINEL, Mme. Charlotte THOMAS
Assistants : M. Joffrey DURAN, M. Antoine AL HALABI
Adjoints d'Enseignement : M. Loïc CALVO, M. Christophe LAFFORGUE, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE ,
Mme Myriam KADDECH, M. Matthieu RIMBERT,

CHIRURGIE ORALE

Professeur d'Université : Mme Sarah COUSTY
Maîtres de Conférences : M. Philippe CAMPAN, M. Bruno COURTOIS
Assistants : M. Clément CAMBRONNE, M. Antoine DUBUC
Adjoints d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Luc RAYNALDY, M. Jérôme SALEFRANQUE,

BIOLOGIE ORALE

Professeurs d'Université : M. Philippe KEMOUN, M. Vincent BLASCO-BAQUE
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Matthieu MINTY
Assistants : Mme Chiara CECCHIN-ALBERTONI, M. Maxime LUIS, Mme Valentine BAYLET GALY-CASSIT, Mme Sylvie LE
Adjoints d'Enseignement : M. Mathieu FRANC, M. Hugo BARRAGUE, Mme Inessa TIMOFEEVA-JOSSINET

Section CNU 58 : Réhabilitation Orale

58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX (M. Franck DIEMER)

DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE
Assistants : M. Ludovic PELLETIER, Mme Laura PASCALIN, M. Thibault DECAMPS
M. Nicolas ALAUX, M. Vincent SUAREZ, M. Lorris BOIVIN
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean- Philippe MALLET, M. Rami HAMDAN, M. Romain DUCASSE, Mme Lucie RAPP

PROTHÈSES

Professeurs d'Université : M. Philippe POMAR, M. Florent DESTRUHAUT,
Maîtres de Conférences : M. Rémi ESCLASSAN, M. Antoine GALIBOURG,
Assistants : Mme Margaux BROUTIN, Mme Coralie BATAILLE, Mme Mathilde HOURSET, Mme Constance CUNY
M. Anthony LEBON
Adjoints d'Enseignement : M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE, M. Olivier LE GAC, M. Jean-Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE, M. Fabien LEMAGNER, M. Eric SOLYOM, M. Michel KNAFO, M. Victor EMONET-DENAND, M. Thierry DENIS, M. Thibault YAGUE, M. Antonin HENNEQUIN, M. Bertrand CHAMPION

FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Professeur d'Université : Mr. Paul MONSARRAT
Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONQOT, M. Karim NASR, M. Thibault CANCEILL
Assistants : M. Julien DELRIEU, M. Paul PAGES, M. Olivier DENY
Adjoints d'Enseignement : Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, M. Damien OSTROWSKI

Mise à jour pour le 15 Mai 2023

Remerciements généraux

A mes parents, je vous remercie pour l'éducation et les belles valeurs que vous m'avez inculquées. Vous m'avez offert toutes les conditions favorables pour réaliser mes ambitions. Vous m'avez fait grandir dans la tolérance et la bienveillance. Merci d'avoir entretenu ma curiosité et mon goût pour l'apprentissage. Vous m'avez toujours soutenu, merci infiniment.

A Félix et Simon, mes frères et amis de toujours, je suis heureuse que la vie nous permette de partager tant de belles choses.. Merci pour tous les moments passés ensemble et toutes nos discussions des plus légères aux plus animées. Je suis fière des adultes que nous sommes devenus.

A ma famille, ma tante Fabienne, mon papi Michel, mes cousins, merci pour tous nos petits moments familiaux et les souvenirs communs. Merci d'avoir suivi mes études et porté la personne que je suis.

A mes amis d'enfance, qui m'ont si bien entouré, merci de m'avoir permis de m'épanouir ainsi. Alice, Julie, Lucile, Laetitia, je suis heureuse de nos amitiés et je suis fière de vous voir évoluer positivement dans vos vies respectives. Merci pour toute la force que vous m'avez donnée.

A Grégoire, je me réjouis des heureux hasards de la vie qui nous ont mis sur le même chemin. Merci de partager avec moi les petits défis de l'existence. Je vous souhaite le meilleur et de vivre encore pleins d'aventures ensemble.

A ma binôme de clinique, Marie, merci de m'avoir supporté pendant ces trois années à l'Hôtel Dieu. Je suis heureuse d'avoir été en dentaire à tes côtés.

A mes camarades de promotion, merci d'avoir rendu mes années d'études bien plus sympathiques. Je suis reconnaissante de toutes les belles personnes que j'ai eu la joie de rencontrer durant mes études. Je garderai d'agréables souvenirs de ces cinq années.

A tous ceux que je n'ai pas cités, j'ai la chance de côtoyer au quotidien des personnes formidables, merci.

A notre Président du jury,

Monsieur le Professeur Jean-Noël VERGNES,

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Habilitation à Diriger des Recherches(HDR)
- Docteur en Epidémiologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Professeur associé, Oral Health and Society Division, Université McGill –Montréal,
Québec – Canada,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

Nous vous remercions d'avoir accepté la présidence de ce jury.

Nous vous sommes reconnaissants pour votre encadrement au sein de l'Hôtel Dieu, merci pour votre bienveillance et votre patience dans la gestion conjointe des urgences dentaires et de la formation des externes. Nous retiendrons les valeurs humaines que vous avez tenté de nous transmettre.

Nous vous remercions particulièrement pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail de thèse. Ce fût un plaisir de discuter de sujet de société commun avec vous.

A notre jury de thèse,

Madame la Docteur Alexia VINEL,

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Lauréate de l'Université Paul Sabatier
- Docteur en sciences
- Diplôme d'Université de Recherche Clinique en Odontologie,
- Diplôme d'Université de Parodontologie,
- Diplôme d'Université de pédagogie en sciences de la santé

Nous vous remercions d'avoir accepté de siéger dans ce jury.

Nous vous remercions de l'intérêt immédiat que vous avez trouvé à cette thèse.

Merci pour tout le travail que vous fournissez au sein de la faculté.

A notre jury de thèse,

Monsieur le Docteur Thibault CANCEILL,

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur en sciences des matériaux
- Master 1 Santé Publique :
- Master 2 de Physiopathologie
- CES Biomatériaux en Odontologie
- D.U.de conception Fabrication Assisté par ordinateur en Odontologie (CFAO)
- D.U. de Recherche Clinique en Odontologie
- Attestation de Formation aux gestes et Soins d'Urgence Niveau 2

Nous vous remercions d'avoir accepté de diriger cette thèse.

Nous sommes reconnaissants de votre implication tout au long de ces mois de rédaction, merci pour vos remarques pertinentes et votre réactivité dans l'élaboration de ce travail.

Nous vous remercions plus particulièrement d'avoir soutenu l'idée de ce sujet qui a donné naissance à des échanges très intéressants et dont les efforts, nous l'espérons, se poursuivront.

Ce fut un plaisir de travailler à vos côtés.

A notre jury de thèse,

Monsieur le Docteur Paul PAGES,

- Assistant Hospitalo-Universitaire d'Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Master 1 Sciences, Technologies, Santé Mention Biologie-Santé
- CES Biomatériaux en Odontologie Mention Caractérisation et évolution,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier
- Diplôme Universitaire Prothèse complète supra implantaire implanto-portée et muco-portée

Nous vous remercions de siéger dans ce jury de thèse.

*Nous sommes reconnaissants pour votre encadrement en clinique, merci pour votre
bienveillance et votre sympathie.*

Sommaire

Acronymes.....	11
Introduction	12
PARTIE I : Comment mesurer l’impact environnemental d’une activité de soins ?	15
1) “Santé environnementale” et santé humaine.....	15
2) L’empreinte carbone et les GES	17
3) L’Analyse de Cycle de Vie.....	19
4) Evaluation des technologies de santé	23
PARTIE II : Etat des lieux des connaissances actuelles dans le domaine dentaire.....	24
1) Évolution de la consommation de soins, évaluation de la pratique et principaux postes d’émissions.....	24
2) Le retard de la profession : données actuelles et manque à combler.....	26
PARTIE III : Intérêt d’une analyse approfondie pour les biomatériaux dentaires.	29
1) Les biomatériaux dans la pratique dentaire : variété de biomatériaux et décision thérapeutique.....	29
2) Méthodologie d’étude des biomatériaux.....	30
PARTIE IV : Avenir et enjeux.	34
1) Une décision sociétale collective.....	34
2) Les limites du progrès technique face à la sobriété.....	36
3) Quelques pistes de solutions concrètes.....	39
CONCLUSION	42
Tableau des figures	43
Bibliographie.....	44

Acronymes

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PTEF : Plan de Transformation de l'Économie Française

GES : Gaz à Effets de Serre

ADF : Association Dentaire Française

eqCO₂ : équivalent de dioxyde de carbone

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernementaux sur l'Evolution du Climat

ADEME : Agence de la transition écologique française

CVI : Ciment de Verre Ionomère

ACV : Analyse de Cycle de Vie

FAO : Organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture

OIE : Organisation mondiale de la santé animale

MIH : Molaires Incisives Hypominéralisées

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

ISO : Organisation internationale de normalisation

DREES : Direction de la Recherche, des Etudes de l'Evaluation et des Statistiques

ANR : Agence Nationale de la Recherche

Introduction

Remarque introductive : ce travail de Thèse est rédigé volontairement à la première personne du pluriel car tous les lecteurs pourront se sentir concernés, comme l'auteure l'a été durant sa rédaction.

L'impact du changement climatique sur la santé est de mieux en mieux décrit. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) l'intègre dans le concept de « One Health » qui décrit une interdépendance entre les espèces vivantes et les écosystèmes. L'influence des sociétés humaines sur l'environnement a des conséquences sur l'être humain en retour. Nos modes de vies actuels, nos moyens de production et nos modes de consommation polluent notre propre environnement de vie et entraînent une dégradation de notre qualité de vie (1).

L'émergence des maladies infectieuses comme nous avons connu avec la crise sanitaire du Covid-19 découle directement de l'empreinte humaine sur la planète. Les zoonoses, telles que nous les définirons plus tard, sont le résultat de la destruction de la biodiversité. Les maladies infectieuses ne sont pas les seules en progression, les maladies chroniques sont aussi concernées en raison de la pollution chimique qui est un facteur à l'origine de nombreuses pathologies, pneumopathies, cancers, diabète, etc.

A la lumière de ce constat, connaître nos modes de pollutions et de dégradation de notre environnement est essentiel afin de proposer des solutions optimales aux problèmes d'origine climatique. Cependant même si les conséquences sont connues, la recherche et surtout la formation autour des enjeux climatiques doivent être renforcées. Les professionnels de santé sont d'ailleurs enclins à avoir accès à des formations (2).

Le Plan de Transformation de l'Économie Française (PTEF) rédigé par le Shift Project s'est attelé à calculer le poids du secteur de la santé : il représenterait 8% des émissions de gaz à effet de serre (GES) en France. Les principaux contributeurs sont l'achat et la production de médicaments, les dispositifs médicaux et le transport de matériel et de personnes. Ce pourcentage serait sous-estimé de par le manque d'analyse du bilan carbone de leur activité par les établissements de soins. Ces analyses ne sont pas réalisées ou demeurent inaccessibles publiquement (3,4)

Concernant le secteur dentaire, l'intérêt pour la cause environnementale est très récent et la prise de conscience collective doit se généraliser. Beaucoup de chirurgiens dentistes sont

d'accord pour dire que le changement climatique est un problème mais peu sont réellement formés ou simplement informés. Les praticiens décidant d'adapter en conséquence leur pratique sont également peu nombreux. L'Association Dentaire Française (ADF) a consacré un numéro sur les démarches écoresponsables au cabinet médical lors de son congrès annuel de 2021 (5) preuve que la profession a pris conscience de son rôle à jouer. Cependant aucune obligation n'impose de prendre des mesures et les actions restent insuffisantes.

A ce jour, le bilan des GES n'a pas été étudié en France. Le National Health Service en Angleterre a lui tenté de réaliser le calcul de son empreinte carbone. Elle est estimée à 675 kilotonnes équivalent de dioxyde de carbone (eqCO₂)(6). L'équivalent CO₂ est un outil développé par le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat (GIEC) permettant d'avoir un unique indice pour calculer le poids environnemental d'un produit ou d'un procédé. L'ADEME, l'Agence de la transition écologique française, propose une comparaison plus équivoque, 1 tonne de CO₂ correspond à faire 5181 km en voiture. Ici, il s'agit donc de plus de 3 milliards de kilomètres en voiture ou l'équivalent de rouler 2 852 années à 120km/h.

Dans l'article du NHS, les trois principaux postes émetteurs de GES recourent ceux décrit dans le PTEF à savoir le transport des personnes (personnel soignant, employés, patients et prestataires), l'achat de biens et services et enfin l'énergie nécessaire au fonctionnement du bâtiment et de ses équipements (chauffage, consommation électrique et réfrigération). Parmi les soins, les examens ont contribué le plus à cette empreinte (27,1 %), suivis par les soins de restaurations amalgame et résine composite (19,3 %). Il semble donc pertinent de questionner l'usage des biomatériaux qui font partie de la pratique quotidienne au cabinet.

Le groupe des experts internationaux sur le climat (GIEC) ont défini les enjeux actuels à une limitation d'augmentation de 2°C d'ici à 2100 (7). Pour parvenir à cet objectif les professionnels de santé dont les chirurgiens dentistes vont devoir participer à l'effort commun et repenser leur pratique. Le challenge principal sera de tendre vers la sobriété à une époque où émergent de nombreuses innovations techniques et où la maladie carieuse reste très importante. Dans la population mondiale, les maladies buccales touchaient 3,5 milliards de personnes. Selon l'OMS, c'est la principale affection devant les troubles mentaux, les maladies cardiovasculaires, le diabète sucré, les maladies respiratoires chroniques et le cancer combinés. La carie est la maladie orale la plus répandue (8). A l'heure actuelle les soins de restauration sont les soins les plus réalisés en cabinet. Quand il s'agit de réhabiliter une dent,

un arsenal de biomatériaux existe sur le marché. Les situations cliniques peuvent conduire à utiliser des biomatériaux de reconstitution en méthode directe, c'est-à-dire des résines composites avec plus de 200 produits existant, des ciments de verre ionomère (CVI), là aussi très nombreux, ou encore des amalgames. Viennent s'ajouter à cette liste tous les biomatériaux de reconstitution en méthode indirecte qu'ils soient en résine composite, en divers types de céramiques, en matériaux hybrides ou en alliages de métaux (9,10).

Si on considère le poids environnemental des soins, la prévalence de la maladie carieuse et l'utilisation quotidienne de biomatériaux au cabinet, il est cohérent de se pencher sur l'analyse plus précise du poids environnemental des biomatériaux. L'analyse de cycle de vie (ACV), plus exhaustive que l'empreinte carbone, représente le coût environnemental d'un produit de sa production à sa dégradation en passant par son utilisation. L'ACV apparaît donc comme un outil de choix.

Nous allons donc procéder à un bref état des lieux des rapports sur l'environnement dans le domaine de l'odontologie et plus précisément dans le cas des biomatériaux. Dans un premier temps nous ferons un tour d'horizon des grands rapports sur l'environnement et la santé. Nous développerons ensuite l'importance de faire des recherches et des analyses dans le domaine et nous prendrons en exemple les analyses de cycles de vie. Nous approfondirons l'utilité et la méthodologie des ACV appliquées au milieu dentaire : l'intérêt pour les biomatériaux dentaires, les conséquences dans les décisions cliniques et les solutions envisageables pour le futur de la pratique au cabinet. Pour finir nous discuterons des leviers d'actions et des enjeux pour l'avenir de la profession.

PARTIE I : Comment mesurer l'impact environnemental d'une activité de soins ?

1) “Santé environnementale” et santé humaine.

Le conseil scientifique français a rédigé en février 2022 un rapport sur le concept de One Health ou “Une seule santé” à la suite de la crise Covid, il fait état d'un lien de corrélation entre santé humaine, santé animale et environnement (11).

Ce concept a été créé dans les années 2000 par l'Organisation des Nations Unies, alliant les instances de l'OMS pour la santé, la FAO pour l'agriculture et l'alimentation et l'OIE pour la santé animale. Ces pôles qui étaient gérés individuellement sont désormais réunis au sein d'un seul et même concept.

La crise sanitaire du Covid a mis le doigt sur les zoonoses. C'est l'une des conséquences de la gestion dissociée de la santé, de l'agriculture et de l'environnement.. Les zoonoses sont des maladies transmises de l'animal à l'homme via l'alimentation, les eaux, les sols ou via des vecteurs (moustiques, tiques). Les agents pathogènes peuvent être très variés (bactéries, virus, parasites) et se manifester par des maladies elles aussi très variés (Hépatite E, maladie de Lyme, rage, grippe aviaire, etc).

Ainsi, « Une seule santé » est une approche intégrée qui vise un équilibre durable de la santé des personnes, des animaux (domestiques et sauvages) et des écosystèmes.

Cependant la démarche de ce rapport cible la vigilance à l'égard des menaces sur la santé et les écosystèmes, afin de garantir la qualité de l'eau, des sols, de l'air et de l'alimentation. Il s'agit plus d'une démarche de veille, les mesures contre le changement climatique rentrant au second plan. Ce rapport s'axe donc surtout sur la lutte contre les maladies émergentes afin d'éviter de nouvelles crises sanitaires.

Afin de répondre à ces objectifs il est nécessaire d'avoir des professionnels de santé avertis. Le rapport souligne la nécessité de formation innovante et transdisciplinaire pour les professionnels de santé et le public. Cela se traduit par un renforcement et une réforme de la formation à la santé publique afin d'enseigner au plus tôt et dans tous les cursus de chaque discipline le concept de One Health.

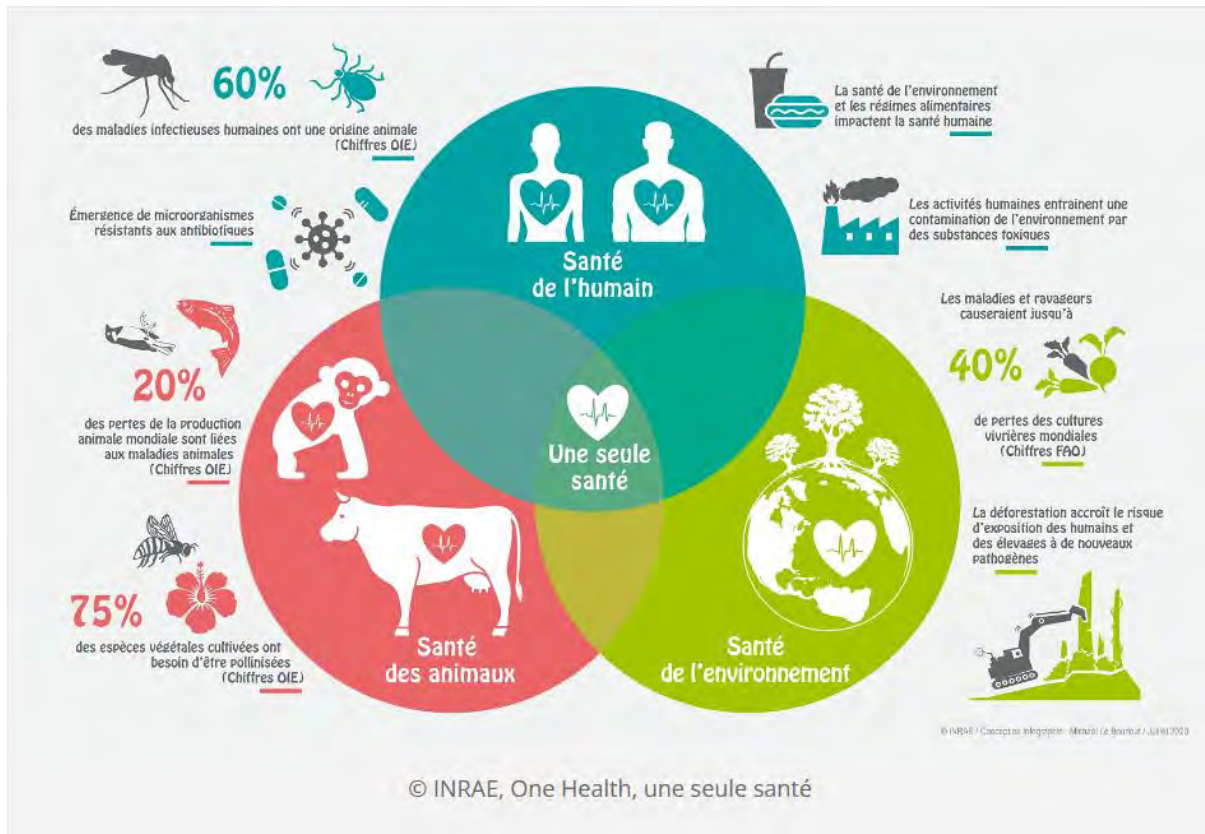


Figure 1 : Schéma du concept One Health, une seule santé (12).

L'alimentation, via les régimes alimentaires, est l'un des sujets traités par Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE). L'alimentation est au cœur d'une santé globale. (Figure 1) Une alimentation industrielle transformée, souvent trop sucrée à l'exemple des sirops et sodas, accroît le risque de maladie carieuse.

En tant que chirurgien dentiste nous observons une augmentation de la prévalence du syndrome des Molaires, Incisives Hypominéralisées (MIH) chez l'enfant (13). Cela serait due en partie aux perturbateurs endocriniens lors de la croissance (14). C'est aussi une façon d'illustrer "une seule santé". Il faut considérer les agricultures, les industries et l'environnement. Tout comme la couverture médicale d'un patient peut influencer sa prise en charge (SS, CMU, AME, PASS), les facteurs agroalimentaires et environnementaux influencent la santé orale.

2) L’empreinte carbone et les GES

Le terme d’empreinte carbone est une bonne image pour illustrer la marque de l’Homme sur Terre. Selon le Ministère de la Transition Écologique. L’empreinte carbone est un « indicateur estimant la quantité de gaz à effet de serre émise pour satisfaire la consommation au sens large (biens, services, utilisation d’infrastructures) d’un individu, d’une population, d’un territoire ou d’une activité, en tenant compte des émissions liées aux importations et aux exportations quel que soit le lieu de production de ces biens et services (production intérieure ou importations).” C’est donc un terme très inclusif qui s’intéresse à tous les tenants et aboutissants des GES (15).

L’effet de serre est un phénomène naturel et nécessaire à la vie sur Terre de prime abord. Toutefois, depuis quelques décennies l’augmentation de la concentration de gaz à effet de serre d’origine humaine dans l’atmosphère est reconnue scientifiquement comme la cause du dérèglement climatique actuel, entraînant une hausse des températures terrestres et avec un déséquilibre global de l’homéostasie de la vie sur Terre.

Le CO₂ étant le GES d’origine anthropique majoritaire c’est celui qui est le plus souvent calculé lors des rapports d’analyses. Tout comme le pétrole pour l’énergie, la tonne équivalent CO₂ est devenue l’unité de référence dans le calcul des GES. Mais ce n’est pas le seul. Le méthane issu majoritaire des élevages et de l’agriculture a un potentiel de réchauffement bien plus élevé que le CO₂. Le protoxyde d’azote utilisé pour les sédation dans le milieu médical, même si cela reste en faible quantité par rapport au secteur de l’agriculture, est quant à lui 25 fois plus polluant que le méthane et 300 fois plus que le CO₂ (16).

Il existe plusieurs outils pour calculer les GES, ils dépendent du périmètre d’émissions que l’on souhaite intégrer. Ces différents périmètres sont répartis en 3 scopes (17) :

- scope 1 : émissions directement émises pour la production
- scope 2 : émissions indirectes liées à la consommation énergétique nécessaire à faire fonctionner le service ou la chaîne de production. En effet, même si l’électricité en tant que telle ne rejette pas de GES, pour être créée, elle nécessite des infrastructures relatives à sa production ou à l’extraction de gaz naturel qui relarguent des GES
- scope 3 : couvre toutes les émissions indirectes du cycle de vie : extraction de matières premières, transports matériel et humain, dégradation ou recyclage

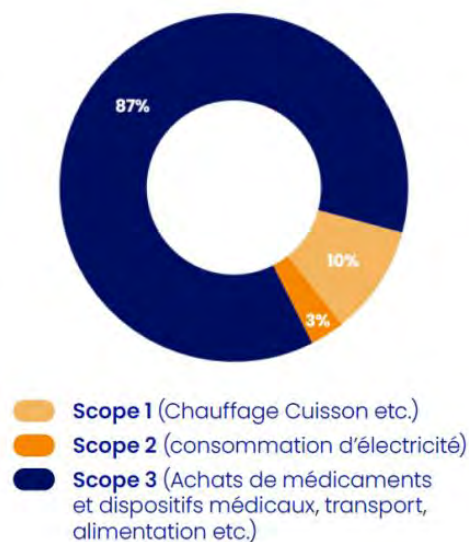


Figure 2 : Répartition des émissions du secteur de la santé par scope (3).

On comprend bien qu'en fonction du scope pris en compte pour le calcul du bilan carbone les chiffres peuvent être très différents. Par exemple pour le secteur de la santé le scope 3 représenterait plus de 85% des GES (Figure 2) d'après le rapport du Shift Project (3). L'obligation de réaliser un bilan carbone n'existe que pour les établissements publics de plus de 250 salariés et privés de plus de 500 salariés et ils n'ont pas l'obligation de prendre en compte le scope 3. La loi Grenelle II de 2010 n'oblige que le calcul des scopes 1 et 2 (18).

Pour avoir une vision réaliste de la véritable empreinte des soins il faut donc s'atteler à calculer les GES de tout le cycle de vie du cabinet en prenant en compte tous les scopes. Le scope 1 pour le chauffage et le gaz médical, le scope 2 pour la consommation électrique du cabinet et surtout le scope 3 pour les achats de dispositifs médicaux, la prescription de médicaments, le transport des praticiens et des patients. Le calcul du scope 3 passant par l'analyse de cycle de vie de chaque composant pris indépendamment.

3) L'Analyse de Cycle de Vie

L'analyse de cycle de vie est l'outil le plus complet d'évaluation du poids environnemental de produits ou de services. Elle intègre tout le cycle de vie de l'extraction de matière première de chaque composant, en passant par leur processus de transformation, leur circuit de distribution, leur utilisation et leur élimination ou leur recyclage, jusqu'aux phases de transports de biens et de personnes (*Figure 3*). De plus, l'ACV analyse les flux entrants et sortants (*Figure 4*) qui sont des indicateurs d'impacts potentiels sur l'environnement. Par exemple, le pétrole peut faire partie d'un flux entrant dans un processus de fabrication, son exploitation on le sait est polluante et doit être prise en compte dans le poids environnemental de fabrication du produit. De même, les déchets d'usines font partie des flux sortants et peuvent être source d'eutrophisation des sols et des eaux. Cependant il est difficile d'avoir toujours une mesure exacte relative à ces flux, c'est pour cela que l'on parle de potentiels et ils sont encadrés par des intervalles d'incertitudes (19).

L'ACV a été normalisée et colle désormais à des bases méthodologiques internationales (ISO). Ainsi la norme ISO 14040, définit officiellement l'ACV comme une « compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits au cours de son cycle de vie ».

L'ACV est fréquemment utilisée de manière comparative. Dans le cadre d'une pratique dentaire, le développement d'ACV pourrait permettre de comparer deux options techniques. Ainsi, avec l'ACV, on pourra comparer deux produits ayant la même fonction comme deux biomatériaux d'obturation. De même, deux produits différents ayant la même fonction, l'un jetable et sa version stérilisable, pourraient être confrontés. Enfin, on pourrait opposer un bien et un service « dématérialisé », par exemple un courrier postal par rapport à un e-mail. L'ACV permet aussi de mettre en lumière le critère qui pèche dans le cycle de vie d'un produit, si c'est la dégradation on peut imaginer des solutions pour améliorer son impact environnemental. L'exemple dentaire de l'amalgame est probant, sa production a été arrêtée en France car il était trop polluant dans les eaux de récupération. (20). On peut donc imaginer des actions en réponse à l'ACV d'un produit.

L'ACV peut être utilisée à des fins de communication et idéalement comme outil d'aide à la décision de politiques industrielles et publiques. Toutefois, l'étude de l'ACV ne

présente pas de classement des processus en termes de pollution, il faut donc bien décomposer les données pour réaliser l'optimisation écologique d'un cycle.

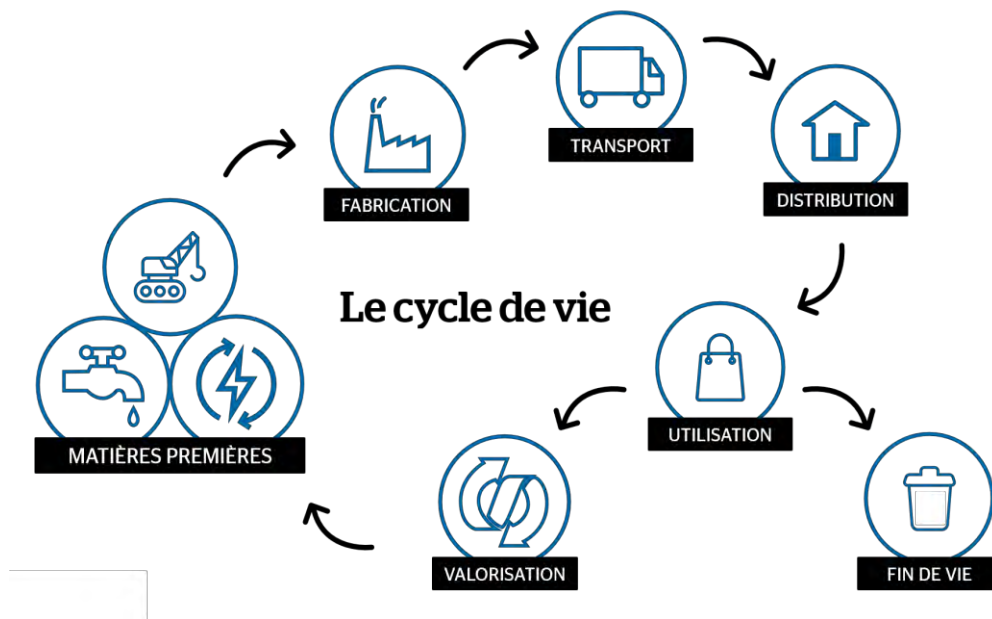


Figure 3 : Les différentes étapes de la vie d'un produit intégrée à l'analyse de cycle de vie (19).

La réalisation d'une ACV selon les normes internationales se fait comme suit :

1. Dans un premier temps, il faut définir les objectifs de l'ACV et l'application qui en sera faite. Pour le cadre dentaire on s'intéresse à l'éco conception et à la comparaison. Il faut préciser la fonction du produit, l'unité fonctionnelle (par exemple le nombre d'heures de fonctionnement, le grammage de produit, etc) et les limites et l'applicabilité de l'étude.
2. Dans un second temps, il faut réaliser l'inventaire de cycle de vie, il s'agit de recenser tous les flux de matières et d'énergies entrants et sortants rapportés à l'unité fonctionnelle choisie précédemment (pour tant d'heure, tant de poids, etc). Deux types de données sont collectées : les facteurs d'activité (kWh consommés, km parcourus, tonnes transportées...) et les facteurs d'émission (g de NOx émis dans l'air, g de PO4 émis dans l'eau...). C'est une étape compliquée car il est souvent difficile d'avoir

accès à toutes les données. Des bases de données très complètes existent, elles sont souvent spécifiques à un secteur (Agribalyse pour l'agriculture et l'alimentaire, Ecoinvent pour la santé, etc). Ces données spécifiques peuvent être complétées par des données génériques, issues de la bibliographie ou de calculs, lorsque les premières ne suffisent pas ou lorsqu'elles ne sont pas accessibles car les banques de données peuvent être privées ou non en libre accès. L'inventaire peut être fait avec un logiciel comme OpenLCA ou sous forme de tableur excel même si pour les processus complexes cela devient très fastidieux, c'est d'ailleurs l'étape où les risques d'erreurs sont majeurs.

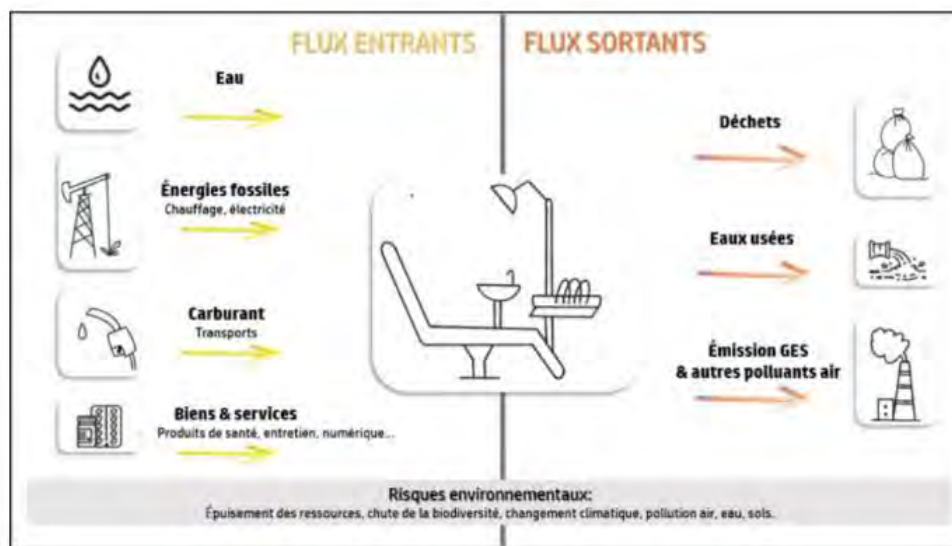


Figure 4 : Aperçu schématique des flux liés à l'activité du cabinet dentaire (21).

3. Dans un troisième temps, on va évaluer les impacts potentiels ou les dommages potentiels.

Pour l'air :

- contribution à l'effet de serre ;
- acidification de l'air ;
- formation d'ozone troposphérique ;
- appauvrissement de la couche d'ozone ;
- particules et effets respiratoires des substances inorganiques.

Pour l'eau :

- eutrophisation des eaux douces ;
- écotoxicité aquatique ;
- eutrophisation des eaux marines ;
- consommation d'eau.

Pour les ressources des sols et la santé humaine :

- consommation d'énergie primaire ;
- épuisement des ressources non renouvelables ;
- toxicité humaine ;
- occupation des sols.

4. Enfin on procède à l'interprétation des résultats qu'il faudra peut être nuancer et discuter en fonction de la disponibilité des données. De l'interprétation on pourra répondre ou non à l'objectif de départ. Il faut donc retenir que l'analyse de cycle de vie n'est pas une fin en soit, elle ne délivre pas d'action concrète pour solutionner les points qu'elle soulève, ses résultats nécessitent discussion.

4) Evaluation des technologies de santé

Comme précédemment évoqué, l'analyse de cycle de vie peut être utilisée comme un outil d'aide à la prise de décision de politique générale. Pour cela il faut passer par l'évaluation des technologies de santé (ETS). Ce concept est très bien théorisé par la Haute autorité de santé, L'évaluation des technologies de santé (ETS) ou en anglais Health Technology Assessment (HTA) se définit d'après la HAS comme un processus scientifique fondé sur des données probantes étudiant les implications médicales, sociales, éthiques et économiques du développement, de la diffusion et de l'utilisation des technologies de santé. Une technologie de santé étant toute intervention de promotion de la santé, de prévention, de diagnostic, de traitement d'une maladie, de rééducation ou de soin longue durée. Elle vise à fournir aux décideurs la meilleure information possible sur l'efficacité relative et la valeur ajoutée d'une technologie de santé, notamment son rapport coût-efficacité, mais aussi sur son impact social et éthique. L'environnement faisant désormais pleinement partie des lignes politiques actuelles, l'impact écologique des technologies de santé est intégré dans la balance décisionnelle (22–24).

Lors de la COP 26 de Glasgow en 2021, 50 pays se sont engagés à offrir des services de santé à faibles émissions de carbone, et 14 autres se sont engagés à offrir des services de santé à zéro émission nette de carbone d'ici 2050 (25). Pour atteindre cet objectif, les gouvernements devront inclure les émissions de carbone dans l'évaluation des technologies de santé. Il devient impératif d'obtenir les données nécessaires aux prises de décision adéquates. Il faut intégrer les émissions de carbone calculées par l'analyse du cycle de vie dans les évaluations des technologies de la santé. Ainsi, si l'on espère voir un réel changement de la profession, il faudra compléter le bilan carbone du secteur par des analyses de cycles de vie ciblées sur les pratiques de la profession et porter ces résultats aux décideurs de l'Ordre, des autorités de santé et des différentes politiques d'éducation et de santé publique. Pour le moment, les chirurgiens dentistes sont encore au début du chemin.

PARTIE II : Etat des lieux des connaissances actuelles dans le domaine dentaire.

1) Évolution de la consommation de soins, évaluation de la pratique et principaux postes d'émissions.

Dans une logique des plus simples, plus on consomme de soins plus on pollue, il est donc intéressant de se pencher sur l'évolution de la consommation de soins dentaires en France. Hormis un creux en 2020 dû à la crise du Covid-19 qui a empêché les patients de se rendre au cabinet, la consommation de soins dentaires est en augmentation chaque année. La Direction de la Recherche, des Etudes de l'Évaluation et des Statistiques (DREES) dresse un bilan positif du pourcentage d'augmentation des dépenses et du volume de soins dentaires. Cela s'explique par le nombre plus importants de chirurgiens dentistes en activité et par une meilleure prise en charge de la sécurité sociale et des complémentaires de santé (26).

Toujours selon la DREES, les soins conservateurs en France représentaient en 2018 51% de l'activité de la profession (*Figure 5*) ; la chirurgie, les prothèses, l'orthodontie et les autres soins n'excédant pas les 20% (27). Face à une pratique dentaire qui s'intensifie, il est donc pertinent de se demander quels sont les principaux postes d'émissions des soins dentaires et de faire la corrélation avec les soins conservateurs.

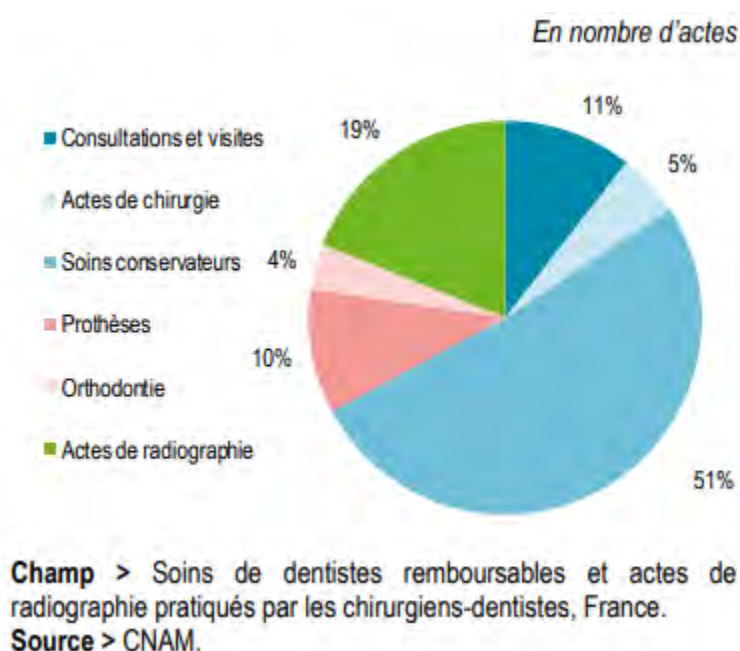


Figure 5 : Répartition des actes dentaires libéraux en 2018 (27).

Cependant on se retrouve face au constat suivant : si l'on consulte le site de l'ADEME qui recense tous les bilans de GES réalisés en France, à ce jour aucun bilan carbone n'a été dressé pour les cabinets dentaires. Il existe des bilans carbone pour les centres hospitaliers mais ils ne ciblent pas la pratique dentaire et les émissions indirectes pourtant majoritaires sont mal ou non évaluées. De plus, la pratique libérale passe inaperçue dans le système de soins français, où l'image du service public est mise en avant. L'exercice dentaire est donc une petite fraction du secteur déjà peu investigué qu'est l'exercice privé et souffre en conséquence d'un grand manque de données à son sujet.

Afin d'avoir une idée des postes d'émissions du secteur dentaire nous nous contenterons donc de prendre ceux du système de santé général afin d'avoir une approximation non spécifique. On peut donc extrapoler les données du shift projet et les adapter au cas plus spécifique de la dentisterie. Le rapport d'estimation des GES du secteur de la santé est le suivant, en premier lieu viennent les achats de médicaments suivis par les achats de dispositifs médicaux puis les transports à respectivement 33%, 21% et 11% en part totale d'émissions (Figure 6). Ces trois postes sont retrouvés dans la pratique dentaire. A titre indicatif le secteur de la santé produit 46 millions de tonnes d'équivalent CO2 soit 8% des émissions françaises (3).

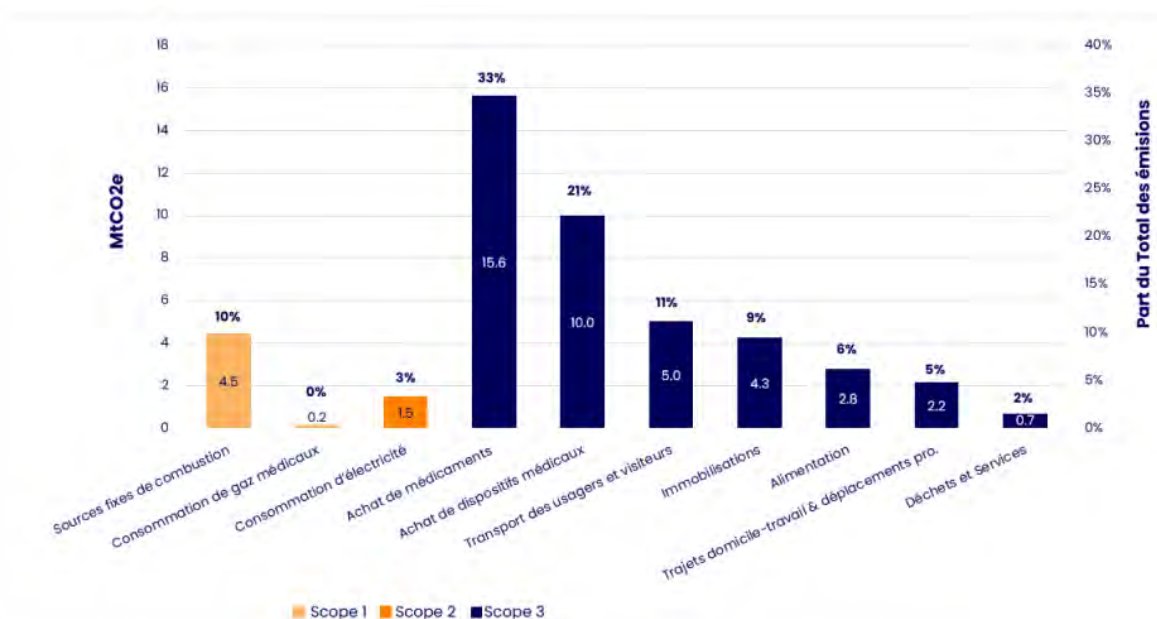


Figure 21 - Répartition des émissions de gaz à effet de serre du secteur de la santé (MtCO2e)
Source : calculs The Shift Project 2021

Figure 6 : Répartition des émissions de gaz à effets de serre du secteur de la santé (3).

2) Le retard de la profession : données actuelles et manque à combler.

En s'intéressant aux travaux de recherche sur le sujet de l'odontologie plus durable, les données sont peu fournies. Quelques rares articles dressent un état des lieux du coût environnemental des soins dentaires.

Comme évoqué en introduction, le National Health Service en Angleterre a procédé à l'estimation de son empreinte carbone entre 2013 et 2014. Ils ont additionné les données suivantes : transport du personnel et des patients, achats et acheminement du matériel, consommation énergétique, consommation d'eau, examens et utilisation de dispositifs médicaux communs, utilisation d'équipements électriques et enfin utilisation de matériaux et procédures spécifiques (*Figure 7*). Le transport participe à plus de la moitié des GES avec 64,5% (6).

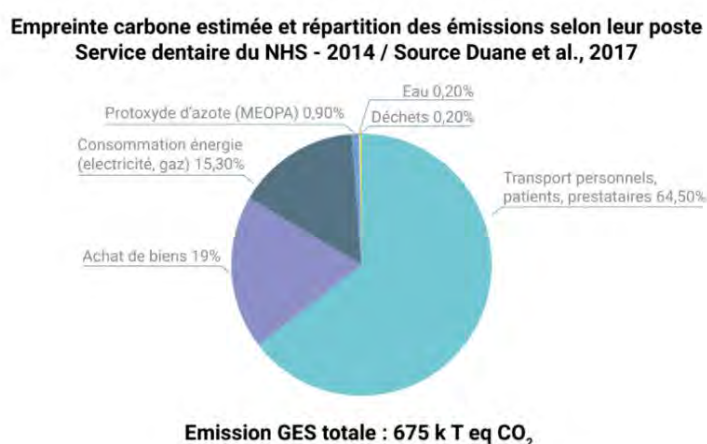


Figure 7 : Bilan des émissions de GES estimées selon leur poste pour le service de chirurgie dentaire de la NHS (5).

L'article s'intéresse également aux biomatériaux dentaires. Les composites et les amalgames représentent un peu plus de 5% des soins réalisés, les CVI 1,47% et les couronnes métalliques ou non, moins de 1%. Les empreintes carbone de chaque procédure de chaque biomatériaux sont calculés ; elles sont respectivement de 14,76 et 14,75 équivalent en kg de CO₂ pour les amalgames et les composites, 8,58 kg eq CO₂ pour les ciments de verre ionomères, 37,17 pour les couronnes en métal et 36,64 pour les couronnes en céramiques. Cependant l'article se base uniquement sur le temps et l'énergie nécessaires à la mise en place du matériaux. Le manque de données sur les déterminants de production et de

dégradation des biomatériaux ne permet pas une analyse de cycle de vie précise. Il incombe aux industriels de combler ce manque de données. Cela en va de même pour les médicaments et tous les appareils et équipements médicaux. Il existe des guides rédigés par l'ADEME pour réaliser les empreintes carbone et les entreprises sont encouragées à le faire mais, faute d'obligation, les données manquent toujours. De plus, les équivalents carbone sont certes un indicateur précieux mais ils ne donnent pas le détail de l'impact environnemental réel comme l'eutrophisation des sols et des eaux et la toxicité humaine de chaque procédure. Cela ne serait possible que par une analyse de cycle de vie plus complète si les données des fabricants étaient accessibles.

Pour finir l'article promeut une dentisterie préventive et met en avant les soins prophylactiques. Les examens simples, la pose de vernis fluoré et le scellement de sillons étant les soins les plus bas carbone. Une série d'articles sur les programmes de brossage, la fluoration de l'eau et l'application de vernis fluoré fait écho à ce dernier propos (28–30). Afin d'optimiser la prévention carieuse à un moindre coût environnemental les analyses de cycles de vie permettent de donner les recommandations suivantes : la fluoration de l'eau associée à la supervision du brossage à l'école et d'une application de vernis en parallèle du rendez vous de contrôle annuel permettent de concilier au mieux santé buccale et environnementale.

Quelques années avant en 2012 une étude écossaise tentait aussi d'estimer l'empreinte carbone de l'exercice dentaire (31). Les résultats résonnent avec ceux du NHS. Par an, le service dentaire émettait 1798,8 tonnes de CO₂eq, 45,1% dédiés aux transports, 35,9% dédiés à l'achat et l'acheminement du matériel et 18,3 % aux dépenses énergétiques. Le manque de données rend l'étude incomplète, c'est une estimation à la baisse, le vrai résultat dépasse très probablement largement celui-ci. Il s'agit de 4% des émissions du secteur de santé du pays.

A la faculté dentaire de l'université de Malmö en Suède, une analyse de cycle de vie d'une consultation dentaire a été faite (32). L'examen modélisé produit 0,73 kg d'émissions d'équivalent CO₂. Les catégories d'impact auxquelles l'examen contribue le plus significativement sont la rareté de l'eau, l'eutrophisation de l'eau douce et la toxicité humaine (augmentation des risques cancéreux). Les principaux acteurs sont les produits de désinfection, les jetables (lingettes, bavoirs, cotons, ...), les instruments inoxydables et les tenues professionnelles. Même si les transports et les approvisionnements sont une charge

conséquente, il ne faut pas négliger tous les aspects du fonctionnement d'un cabinet et il faut tenter de solutionner tous ces aspects.

D'une manière générale les articles faisant l'objet de l'étude de l'impact de la dentisterie, rejoignent le consensus du poids des transports. Brett Duane et *al.* proposent une série de 7 articles en introduction à une odontologie durable (33). Ils proposent aussi de mettre l'accent sur la formation des professionnels de santé et sur l'incitation à la prévention et aux soins prophylactiques. Ils évoquent le point noir de la recherche et le manque de données précises par des analyses de cycle de vie sur les produits et les pratiques. La formation et le soutien financier au développement durable en dentisterie sont les clés de voûte du développement d'une pratique responsable.

L'étude des déchets dentaires est une des parties de l'analyse de cycle de vie puisque la dégradation d'un produit participe au coût environnemental de celui-ci. L'amalgame n'est plus commercialisé en France aujourd'hui mais présentait un potentiel de dégradation environnemental élevé de part l'extraction minière du mercure et le rejet de mercure lors de sa dégradation (20). Lors de la dépose d'un amalgame déjà présent en bouche, des recommandations d'usage impliquent de mettre les déchets d'amalgames dans des contenants à part. Parmi les déchets préoccupants, les déchets de radiographie, les matériaux d'empreinte, les produits chimiques de désinfection, les plastiques à usages uniques et les piquants-tranchants sont autant de sortes différentes de déchets qui ne sont pas bien dégradés et qui pèsent dans la balance de pollution de l'environnement du cabinet. Les trois types de déchets retrouvés au cabinet sont les déchets domestiques, les déchets de contaminants à risque potentiellement infectieux et les piquants tranchants. L'incinération et l'enfouissement sont les deux principaux modes de traitement (34). Toutefois cet article n'aborde pas la gestion des composites qui présentent des monomères extrêmement polluants et toxiques s'ils ne sont pas bien polymérisés (35).

Ainsi, en examinant la problématique des déchets dentaires, si l'on veut évoluer vers une pratique plus responsable il faut tenter d'utiliser un maximum d'outils réutilisables et stérilisables. L'analyse comparative de kit d'examen jetable et réutilisable conclut que les produits jetables ne sont pas moins coûteux et ne profitent pas à l'environnement. Bien que les cycles de stérilisation soient consommateurs d'eau et d'électricité, la balance bénéfique/risque penche vers l'utilisation préférable d'acier inoxydable (36).

PARTIE III : Intérêt d'une analyse approfondie pour les biomatériaux dentaires.

1) Les biomatériaux dans la pratique dentaire : variété de biomatériaux et décision thérapeutique

Nous avons précédemment évoqué que les actes de restauration étaient les actes de soins les plus courants au cabinet. L'odontologie conservatrice est une discipline très vaste. En effet, pour réhabiliter une cavité il existe différentes possibilités thérapeutiques qui seront conditionnées par le diagnostic, mais aussi par d'autres critères beaucoup moins cliniques comme la couverture médicale du patient, le contexte de la consultation (urgence ou suivi), le cabinet (situation géographique, matériel à disposition, laboratoire de proximité) et l'expérience du praticien (37). De plus, il existe une grande variété de biomatériaux de restauration qu'ils soient en méthode directe comme les ciments de verre ionomères et les résines composites ou en méthode indirectes conçues au laboratoire comme les inlay/onlay qui peuvent eux-mêmes être en composite ou en céramique. Chacun a ses propriétés et ses indications mais elles peuvent se recouper entre les matériaux et indiquer plusieurs d'entre eux pour une même situation clinique.

Les pratiques observées plus récemment décrivent le développement d'approches d'intervention minimalement invasives. L'idée étant de conserver au maximum la vitalité de la dent et sa durée de vie sur l'arcade. La restauration à minima fait prévaloir, en amont de tout soin invasif, la prévention, l'éducation à l'hygiène et si besoin une prise en charge par fluoruration, pose de sealant ou de composite flow sans cavitation (38). Même lorsque la maladie carieuse est présente, la dentisterie de restauration à minima privilégie l'acte le moins invasif, par exemple, la reminéralisation et les soins s'ils sont nécessaires doivent conserver la quantité maximale de tissu (39).

Les actes de restauration non implantaires s'étendent aux amalgames (quasiment plus utilisés), composites, couronnes, bridges et facettes. Les pièces prothétiques peuvent être réalisées avec différents matériaux, composite, alliages, céramique ou zircone. La décision du matériau utilisé sera là encore orientée par différents facteurs, la situation clinique (de la perte de tissus elle-même et de la globalité de la bouche du patient), le laboratoire et le cabinet, la prise en charge financière du patient et son contexte social, les pratiques du praticien.

L'utilisation des biomatériaux dans la pratique dentaire se heurte donc à deux problématiques. La première étant la variété et la complexité des situations cliniques et la deuxième étant le grand nombre de biomatériaux disponibles et le nombre de fabricants pour ceux-ci, le tout rendant parfois difficile de prendre une décision thérapeutique. Ces deux éléments étant influencés par des critères de décisions multifactoriels et non nécessairement très objectivables. On pourrait ainsi se demander si l'impact écologique de nos soins ne pourrait pas être un facteur décisionnel supplémentaire ? Est-ce que à indication égale et bénéfice égal pour le patient un biomatériaux ne serait pas environnementalement préférable à un autre ? Pour cela, une étude comparative de l'analyse de cycle de vie de chaque biomatériaux serait intéressante. Quel est le matériau avec le plus gros poids environnemental ? La production (composants du matériau et chaîne de fabrication), la mise en place (étapes protocolaires), la durée de vie et la dégradation du biomatériaux (que ce soit dans le packaging si non utilisé ou en bouche si besoin de retouches ou dépose) sont d'autant de partie de la vie du biomatériaux à prendre en compte.

2) Méthodologie d'étude des biomatériaux.

Pour étudier le coût environnemental des biomatériaux, une analyse de cycle de vie devrait leur être consacrée, ce n'est pour l'instant pas le cas dans la littérature. Cependant une analyse d'un traitement endodontique nous donne une idée de la démarche à suivre (40). Afin d'avoir un intérêt il faudrait déterminer tous les flux et processus de production, intégrer l'utilisation du biomatériaux dans le soin via le protocole de mise en place et suivre l'évolution du biomatériau, combien de temps la restauration tient-elle en bouche ? Durée avant retraitement et matériel supplémentaire nécessaire si retraitement ? Dégradation de ce qui n'est pas utilisé ? Choix du dispositif d'application, seringue ou carpule ? Une multitude de facteurs sont à prendre en compte.

Dans l'exemple suivant une ACV a été effectuée pour mesurer le cycle de vie d'un traitement canalaire simple en deux visites. L'ACV a été menée conformément aux lignes directrices de l'Organisation internationale de normalisation; ISO 14040:2006. Tous les éléments cliniques d'un traitement endodontique ont été entrés dans le logiciel OpenLCA en utilisant le processus et les flux de la base de données ecoinvent. Les extrants environnementaux comprenaient l'appauvrissement abiotique, l'acidification, l'eutrophisation des eaux douces,

la toxicité chez l'humain, les effets du cancérigènes, le rayonnement ionisant, le réchauffement planétaire, l'eutrophisation marine, l'appauvrissement de la couche d'ozone, la formation d'ozone photochimique et l'eutrophisation terrestre.

Une procédure de traitement canalaire contribue à 4,9 kg d'émissions d'équivalent dioxyde de carbone (éq. CO₂), soit l'équivalent d'un trajet de 30 km dans une petite voiture. Ce résultat ne prend pas en compte les trajets et est considéré déjà sous estimé par les meneurs de l'étude.

La méthodologie de l'étude suit la description donnée en partie I. Dans un premier temps, les objectifs, la portée et les limites de l'étude sont définis (*Figure 8*). Il s'agit de réaliser l'analyse de cycle de vie d'un traitement canalaire complet en 2 séances, à cette fin toute la procédure du traitement est répertoriée. La production, l'utilisation, la désinfection, la stérilisation et l'élimination de tous les instruments jetables et à usage unique; la production, le lavage et le séchage et l'élimination des vêtements dentaires; la consommation d'eau et d'énergie associée à la désinfection et à la stérilisation des instruments, l'utilisation et la désinfection de l'unité dentaire et le lavage des mains du dentiste étaient tous inclus. Les transports des patients et du personnel étaient, par contre, eux, exclus. Le schéma suivant illustre les limites du système.

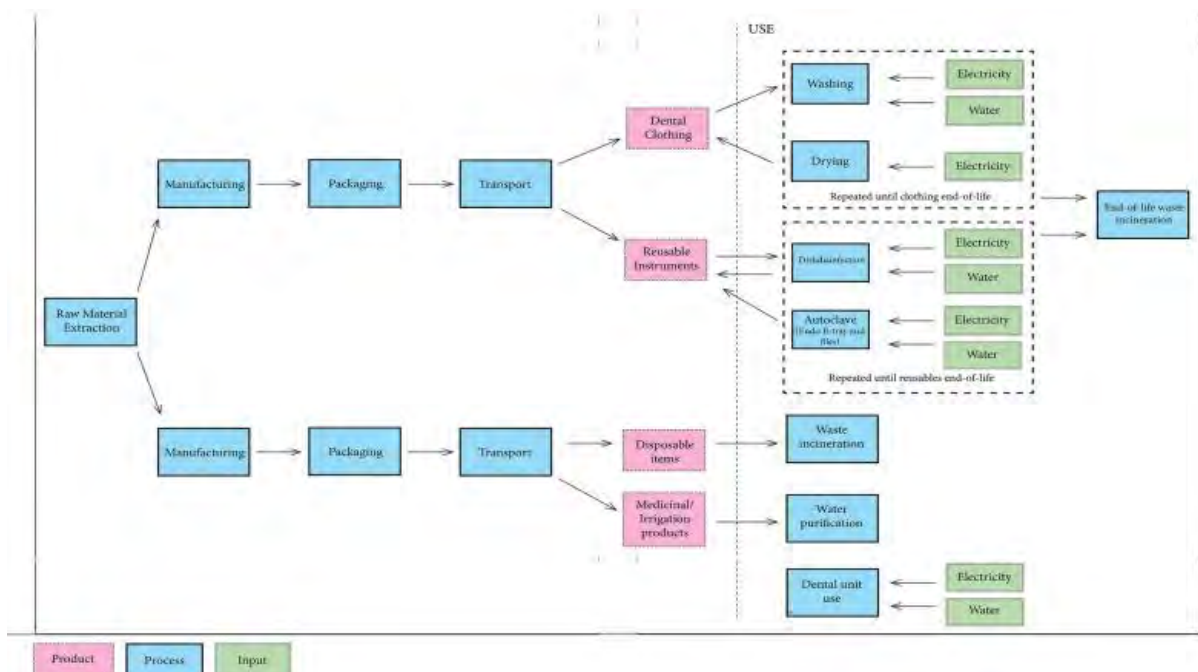


Figure 8 : Limites du système étudié dans la LCA (40).

Il est très compliqué voire impossible de prendre en compte tous les entrants et sortants lors d'une ACV et cela souvent à cause d'un manque de données fabricants ou de traçabilité des produits. Afin de faciliter l'analyse, on formule donc des hypothèses. Dans cette étude par exemple on considérera que le traitement est fait en deux séances, ou encore que l'autoclave est lancé rempli pour la stérilisation, on présuppose également des modes de transports des produits (petits camion si proximité, gros camion ou bateau cargo si lointain) et qu'à la fin du soin il faut quatre essuie-tout pour la désinfection et que le tri des déchets est fait. Dans cette étude il y a treize hypothèses comme celles-ci.

Pour l'inventaire de cycle de vie, chaque instrument a été pesé, leur durée de vie a été estimée, leur composition a été analysée. Les processus de stérilisation et de désinfection ont été détaillés (*Figure 9*) ainsi que le lavage des blouses. Les données quantitatives relatives à l'électricité et l'élimination des déchets ont été aussi obtenues. Le transport a été en grande partie estimé, l'origine des produits et le mode de transport ont été supposés. La préparation du dentiste et son assistante sont considérées (tenue et blanchisserie, lavage des mains). L'énergie et l'eau nécessaire à l'unité dentaire sont ajoutées. Le temps d'utilisation est estimé à trois heures, soit deux séances d'une heure et demie. Le protocole endodontique est détaillé (Wave One gold, etc) et l'utilisation des produits schématisés comme suit sur le schéma. Outre le retraitement en lui-même, l'énergie et l'eau nécessaires au fonctionnement basal du cabinet sont prises en compte. Le cycle de gestion des déchets est inclus dans celui global du cabinet.

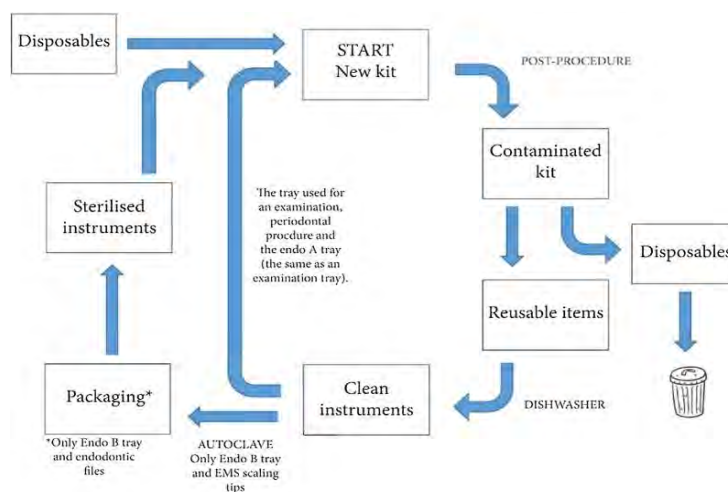


Figure 9 : Organigramme décrivant le processus de nettoyage et de stérilisation des trousseaux dentaires (40).

Toutes ces données sont donc quantifiées (kg, L, kWh, km) et rentrées dans le logiciel. OpenLCA est un logiciel gratuit d'évaluation du cycle de vie qui a été choisi pour cette étude. Les bases de données OpenLCA comprennent une vaste collection de méthodes d'évaluation de l'impact sur le cycle de vie qui peuvent être spécifiques au pays. La base de données Ecoinvent a été utilisée pour accéder aux ensembles de données d'activité qui forment la base de la modélisation du système.

Le logiciel réalise ensuite l'analyse de cycle de vie grâce au processus et aux flux déjà configurés dans la base de données Ecoinvent. Les résultats sont donnés en fonction des différentes catégories d'impacts potentiels sur l'environnement (utilisation des ressources, minéraux et métaux, acidification, toxicité humaine, effets du cancer, changement climatique, eutrophisation terrestre, utilisation des terres, etc).

On peut ainsi imaginer utiliser cette méthodologie pour l'étude des soins de restauration et ainsi pour chaque matériau dentaire. Cependant les mêmes limites s'appliqueront à notre calcul et répertorier tout l'inventaire de cycle de vie nécessite de pouvoir collecter toutes les données relatives à la mise en place du biomatériaux. C'est un protocole complexe ici réalisé dans un cadre universitaire, impossible à concevoir au cabinet, ce qui expliquerait l'absence de la réalisation d'une ACV pour tous les actes et dentaires. Enfin même si le logiciel Open LCA est gratuit, les bases de données essentielles au calcul sont, elles payantes.

Pour mieux appréhender la complexité d'une analyse de cycle de vie on pourrait faire l'analogie avec la confection d'un gâteau. L'objectif étant de faire un gâteau au chocolat, le procédé correspond à une recette spécifique, celle d'un fondant avec toutes ces étapes de préparation. On peut rajouter des hypothèses, on utilise du chocolat noir 70% par exemple. On réalise ensuite l'inventaire de cycle de vie, à savoir chaque ingrédient que l'on compte en gramme, ce sera l'unité de calcul. Les flux sont les liens entre les différents procédés, faire un gâteau sous entend laver le plat par la suite, le procédé lavage peut être inclus ou non dans l'ACV du gâteau. On pourrait complexifier encore plus en ajoutant des éléments à notre système comme aller faire les courses et on peut moduler le niveau de détails du simple mélange des ingrédients puis cuisson à se laver les mains, préchauffer le four etc. La profondeur des détails étant quasiment infinie, il faut poser des limites au système et des hypothèses pour simplifier les procédés. Quand on s'attelle aux biomatériaux dentaires c'est souvent une recette bien gardée...

PARTIE IV : Avenir et enjeux.

1) Une décision sociétale collective.

Le PTEF propose un plan de décarbonisation de la santé avec un premier temps pour le diagnostic et la formation puis un second temps pour des actions plus concrètes basées sur les axes suivants (*Figure 10*) : les achats de médicaments et de dispositifs médicaux, l'optimisation énergétique des bâtiments et des équipements, les déplacements des personnels et des patients, la gestion des déchets, le numérique et enfin les mesures de politiques générales (financement, pilotage, recherche, etc). Le PTEF est un portage politique qui a pour vocation de faire des réformes à l'échelle sociétale (3). Cependant il existe des leviers d'actions à d'autres échelles.

4. FEUILLE DE ROUTE DE DÉCARBONATION DE LA SANTÉ : NOS PROPOSITIONS	71
I. L'importance du diagnostic carbone.....	72
II. L'importance des formations aux enjeux énergie climat.....	73
III. Des achats écoresponsables et plus durables	74
A. Rappel des émissions	74
B. Réduire les émissions associées aux achats de médicaments et de dispositifs médicaux.....	75
IV. Agir sur les bâtiments et les équipements : la consommation d'énergie et les émissions dites « hors énergie ».....	86
A. Rappel des émissions	86
B. Réduire les émissions associées à la consommation d'énergie	86
V. Agir sur les déplacements	92
A. Rappel des émissions	92
B. Co-construire, rédiger et déployer un plan de mobilité de l'établissement ou du groupe sanitaire ou médico-social	93
C. Développer la télémédecine	97
VI. Agir sur les déchets.....	99
A. Rappel des émissions	99
B. Les mesures de décarbonation pour les déchets.....	99
VII. Le numérique en soutien à la décarbonation et à la résilience en santé	103
A. Le numérique en santé, une croissance souhaitée mais qui doit être encadrée.....	103
B. Le secteur du numérique de plus en plus gourmand	104
C. Une solution qui repose sur l'association entre sobriété et performance du numérique pour une plus grande efficacité des organisations de santé	107
VIII. Mesures transversales	108
A. Développer la recherche sur la décarbonation et sur l'anticipation des changements climatiques dans le secteur de santé	108
B. Imposer un volet « coût carbone » dans les projets de recherche, les projets hospitaliers et les réformes du système de santé	109
C. Imposer l'étiquetage progressif de l'impact carbone des biens et services nécessaires au système de soins.....	110
D. Mettre en place rapidement le "Volet écoresponsable du projet d'établissement" Article 11 Amendement du Ségur de la Santé AS 292.....	110
E. Mieux structurer (et financer) les acteurs de la promotion de la santé en France	111
IX. Pilotage de la décarbonation	112
A. Nécessité d'un pilotage pour assurer la consistance de la stratégie nationale	112
B. Mise en œuvre opérationnelle en santé : la « Mission énergie-carbone »	113
X. Chiffrage des mesures de décarbonation.....	115

Figure 10 : Extrait du sommaire du dossier "Décarbonons la Santé", propositions du Shift project (3).

Le modèle biopsychosocial Montréal-Toulouse appliqué à la dentisterie englobe l'approche centrée sur le patient et la dentisterie sociale (41). Ce modèle présente trois types de tâches (la compréhension, la prise de décisions et l'intervention) que les dentistes devraient accomplir à chacun de trois niveaux interdépendants (l'individu, la communauté et la société) (Figure 11).

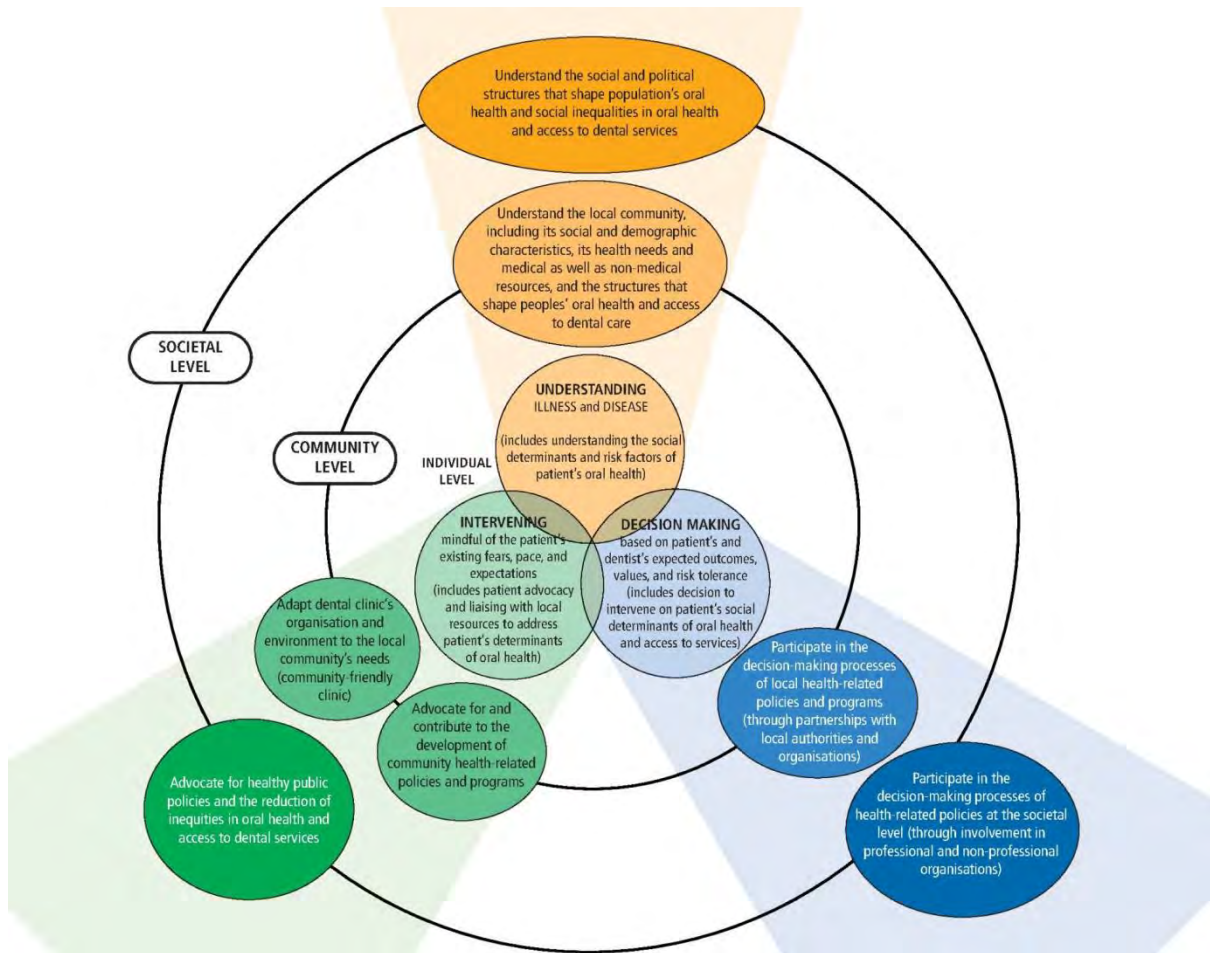


Figure 11 : Modèle bio-psycho-social sur 3 niveaux : individuel, communautaire et sociétal (41).

Un exemple d'application concret concernant les déplacements serait à l'échelle individuelle d'habiter proche de son lieu de travail ou de choisir de se déplacer en vélo ou en transport en commun, au niveau de la communauté rendre l'accès aux transports en communs possibles pour tous, installer les cabinets dans des zones desservies ou encore proposer des garages à vélo et à l'échelle sociétale de voter pour des politiques de développement des mobilités vertes ou des aides financières pour l'aménagements des villes ou encore des

programme de promotion de ces mobilités là. Cette façon d’aborder les défis futurs en trois dimensions et à trois vitesses permet de ne pas se heurter à des échecs dus à des dissonances entre les besoins d’une population, d’une entreprise et l’offre et les possibilités d’un paysage environnemental et politique. Ces échecs peuvent provenir, par exemple, du manque d’adhésion de la population, de l’inaction politique, d’une insoutenabilité financière, ou d’une impossibilité logistique.

Un autre exemple d’un secteur à impact non spécifique à l’activité menée en cabinet dentaire est le placement financier en banque. C’est un poste avec un impact individuel important, selon la nature des projets soutenus par les banques ou les pays dans lesquels la banque soutient ces projets, l’argent qui y est placé génère plus ou moins d’émissions de GES (42). Ouvrir un compte bancaire professionnel responsable permet de diviser ses émissions. Mais pour cela il faut que ces banques soient attractives, c’est à la structure étatique de sanctionner les investissements bancaires dans des projets néfastes pour l’environnement et d’encourager les initiatives de financement de projets verts (43). On peut faire des choix individuels mais nous avons besoin d’une régulation à une échelle plus grande pour que ce fonctionnement soit durable.

La résolution de la crise climatique se fera donc par une prise de conscience collective et des décisions politiques en adéquation avec cette prise de conscience. Il faut que les échelles de décision avancent de manière concomitante pour que les changements opèrent il faut une adéquation entre individus, communauté et société.

2) Les limites du progrès technique face à la sobriété.

Il est souvent évoqué la possibilité d’une sortie vers le haut grâce aux progrès techniques. La science va créer des biomatériaux verts et nous n’aurons plus à changer nos habitudes de soins. Cela est illustré par le concept de géo-ingénierie. L’Agence Nationale de la Recherche (ANR) française donne la définition suivante: “La géo-ingénierie de l’environnement correspond à l’ensemble des techniques et pratiques mises en œuvre ou projetées dans une visée corrective à grande échelle d’effets de la pression anthropique sur l’environnement.” L’objectif est donc correctif et non préventif. La consommation de l’usage unique en odontologie nous amène à souhaiter la création de matériaux verts entièrement recyclables ou biodégradables. Cependant plusieurs problèmes se présentent. Premièrement

les filières de recyclage sont sous-développées. En France, 24% des déchets plastiques et 26% des déchets d'emballages plastiques sont recyclés (44). Le compostage des matériaux biodégradables nécessiterait, en plus d'un système de collecte extérieur, des plateformes de compostage industriel qui acceptent ce type de déchets, ce qui n'est pas le cas actuellement. Ensuite les matériaux biosourcés (composés en partie de matière végétale) nécessitent aussi de produire les ressources même si elles sont végétales : la culture de ces matériaux a un impact environnemental elle-aussi (45). Les bioplastiques, les biomatériaux bio ou tout autre "jetable vert" ne sont donc pas la réponse parfaite à la problématique. La solution se situe du côté de la réduction de la consommation et du développement d'alternatives réutilisables (46).

Le numérique pose deux problèmes, la production puis la gestion des appareils électroniques et le stockage des données. L'ADEME a sorti plusieurs guides assez éloquentes à ce sujet: "La face cachée du numérique" et "En route vers la sobriété numérique" (47). De même un chapitre du PTEF dédié aux impacts environnementaux du numérique apporte la même conclusion, le numérique doit être contrôlé (48). En 2021, le numérique était responsable de 3,5% des GES mondiaux, ce chiffre est en très grande augmentation. La surconsommation numérique est extrêmement énergivore. L'approvisionnement en énergie et en matériaux nécessaire à l'expansion des appareils numériques n'est pas souhaitable. De plus, la consommation numérique est polarisée et reflète les inégalités mondiales. Il faut éviter l'explosion du numérique, réguler le secteur et fournir des énergies plus vertes pour alimenter les systèmes. Il est possible au cabinet de se fournir en énergies renouvelables. Le nettoyage des données numériques devrait être fait régulièrement afin de ne pas stocker inutilement. Il faut limiter la multiplication d'appareils par la mise en commun du matériel numérique, par exemple une empreinte optique pour deux praticiens d'un même cabinet.

Face à l'impossibilité de faire des soins totalement "verts" et l'illusion des avancées techniques, il faut ré envisager notre façon de voir les choses. D'une manière générale, tous les rapports donnent le même son de cloche, le moins le mieux. Le GIEC propose la triade : "éviter, substituer (changer), améliorer". Dans la stratégie européenne pour la biodiversité est évoqué le concept de ERC "éviter, réduire, compenser" (49). Appliquer aux soins dentaires peut traduire comme suit: éviter les soins inutiles, changer notre façon de travailler, améliorer la prise en charge, réduire la consommation de matériel, compenser le coût polluant obligatoire des soins en agissant sur tous les autres facteurs de changement possible. Dans

leurs thèses d'exercices, Yona Tomaiuolo et Barbara Zafoe proposent une charte revisitée (Figure 12) de celle rédigée par le Dr. Alice BARAS dans la revue du SFCD pour le numéro spécial ADF 2018. Elle présente les 5 R : Repenser, Réduire, Refuser, Réutiliser, Recycler, chaque mot amène des idées à intégrer à sa pratique (50).

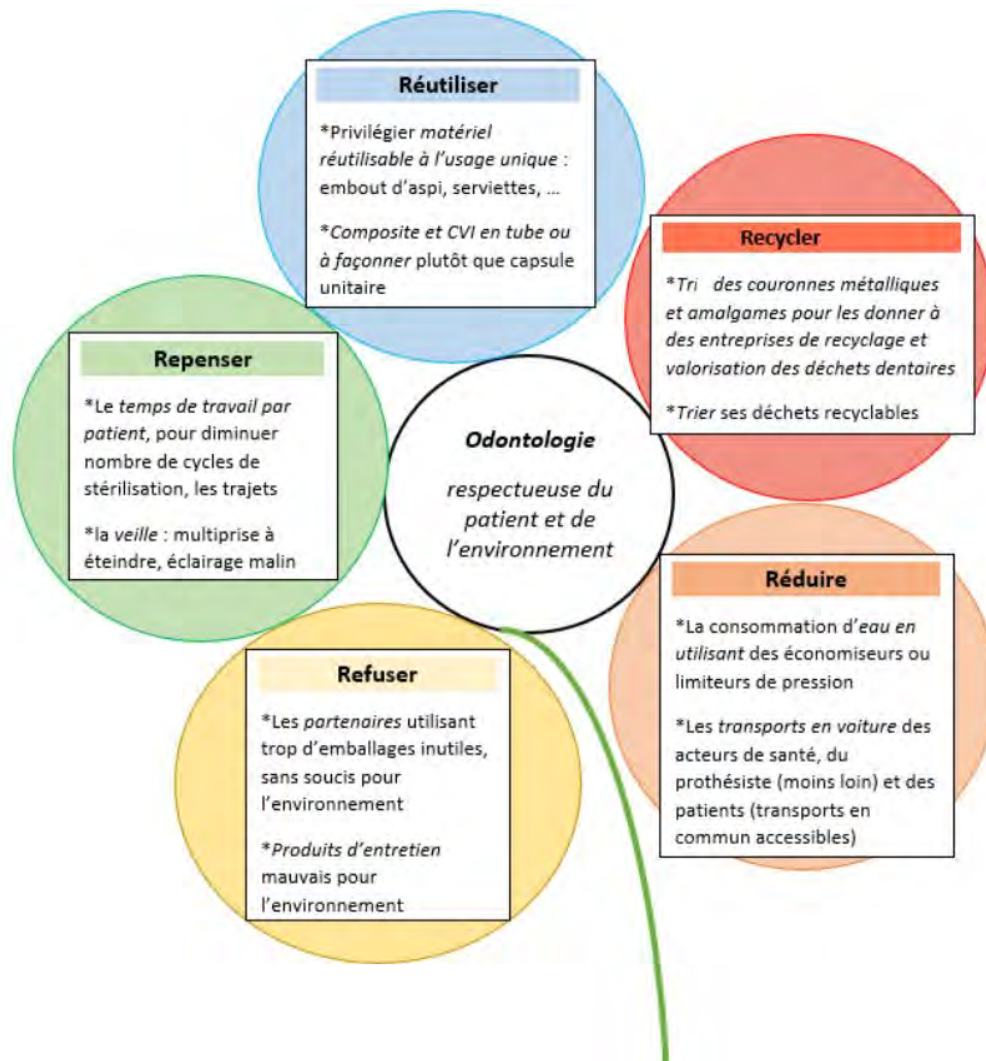


Figure 12 : Charte revisitée des 5 R : Repenser, Réduire, Refuser, Réutiliser, Recycler (50).

3) Quelques pistes de solutions concrètes.

La notion de soins n'est pas incompatible avec les habitudes quotidiennes. Au cabinet il est tout à fait envisageable de faire attention à sa consommation d'eau et d'électricité par des actions très basiques comme éteindre la lumière de la salle radio quand elle n'est pas utilisée, ne pas laisser couler l'eau lorsque l'on se savonne les mains ainsi de suite. De même le tri sélectif devrait être opérant dans tous les cabinets avec une poubelle de tri afin de recycler au maximum les cartons d'emballage, les papiers de secrétariat ou encore la partie papier des emballages de stérilisation si l'on veut aller plus loin. Les transports représentent un poids considérable, le choix d'une mobilité verte pour se déplacer et se rendre sur son lieu d'exercice est une mesure écologique de choix. Pour savoir quels sont les domaines où l'on doit s'améliorer, il peut être intéressant de réaliser un bilan carbone individuel et du cabinet, une estimation de bilans carbone est facile à réaliser et déjà largement évocatrice. Il est possible de faire son bilan personnel avec le simulateur de l'Ademe « Nos gestes climat », par exemple, il existe d'autres simulateurs (51).

Les soins en eux-mêmes doivent aussi être repensés. L'optimisation des rendez-vous et la bonne planification des soins, en plus d'être une compétence requise pour un bon chirurgien dentiste, sont aussi des actions simples à mettre en place. En effet, un long rendez-vous regroupant plusieurs soins polluera moins que de prévoir plusieurs rendez-vous pour chacun des soins. Il y a une corrélation positive entre être un praticien efficace et adopter une pratique plus responsable.

Nous avons vu précédemment que les biomatériaux verts n'existaient pas et que le progrès technique avait ses limites et sa part dans la pollution, finalement la solution reste d'aller vers un peu moins de consommation de soins si l'on considère que ces soins sont inéluctablement polluants. Le meilleur déchet est celui que l'on ne produit pas et le meilleur soin étant aussi celui que l'on ne fait pas alors la solution de la prévention pour palier au besoin de soin paraît la seule qui soit soutenable. Notre rôle est d'autant plus grand en tant qu'acteur de la santé publique par la délivrance du message de prévention. Il faut au plus grand nombre et au plus tôt donner l'éducation thérapeutique nécessaire. Les techniques de brossage, l'alimentation, la maladie parodontale et ses facteurs doivent devenir des acquis chez chacun de nos patients.

Afin d'avoir une idée globale de notre rôle au cabinet, le magazine de l'ADF, "Démarche écoresponsable au cabinet libéral" édité pour le congrès annuel de l'association en 2020, propose les différentes thématiques d'actions suivantes : économie d'énergie et gestion des GES, gestion de l'eau, gestion des déchets, démarche d'achat responsable, sobriété chimique, promotion de la santé bucco-dentaire (5).

L'économie d'énergie implique d'adopter une consommation raisonnée avec un équipement économe en énergie, d'opter pour la sobriété numérique et réaliser régulièrement un nettoyage des données inutiles. La conception ou l'optimisation d'un bâtiment à moindre impact écologique et haute efficacité énergétique est plus compliquée à mettre en place si l'on est pas propriétaire ou si l'on récupère un bâtiment existant. Faire le choix d'un fournisseur d'électricité verte ou installer des panneaux photovoltaïques sont un moyen d'accéder à une énergie renouvelable. La réduction des GES passe aussi par l'abandon de la voiture individuelle comme évoqué précédemment.

Pour la gestion de l'eau, aux écogestes du quotidien s'ajoute la maîtrise de la pollution de l'eau, nous utilisons beaucoup d'agents chimiques qui nécessitent des traitements spécifiques qui sont simplement écrits sur les étiquettes des produits. La lutte contre l'antibiorésistance par une prescription raisonnée est aussi une action éco responsable, elle s'intègre d'ailleurs dans le concept de One Health. La sobriété chimique fait appel au principe RSS, réduire, substituer, supprimer, semblable au principe ERC. Il faut se questionner sur la réelle nécessité des produits que l'on emploie.

La démarche d'achat responsable demande d'assurer une gestion des stocks rigoureuse afin de ne pas acheter de matériel non utilisé. Il faut éviter autant que faire se peut l'usage unique. Enfin, il faut assurer la maintenance du matériel afin de maximiser sa durée de vie et retarder le remplacement. La gestion des déchets commence par la démarche d'achat responsable et continue avec la démarche "5R" citée plus haut.

Le magazine de l'ADF se termine avec un chapitre sur la prévention et la promotion de la santé bucco-dentaire. C'est un processus mutuelle entre le patient acteur de sa santé et le praticien porteur de l'information. L'intégration des enjeux écologiques au message de prévention est une double action de formation du patient.



Figure 13 : Les trois piliers de la santé durable dans les pratiques de santé (52).

CONCLUSION

Le dernier rapport du GIEC de mars 2023 mentionne un réchauffement climatique de 1,5°C d'ici 2030/2035 là où les accords de Paris de 2015 souhaitait limiter ce même réchauffement avant 2100 (7). Le réchauffement s'avère plus rapide que prévu et les conséquences qui en découlent sont également plus sévères que prévues. La crise sanitaire du Covid-19 en a été un exemple frappant. La réforme du système de santé est une des nombreuses mesures nécessaires pour pallier cette crise climatique. En tant que chirurgien dentiste nous ne ferons donc pas abstraction.

Pour la première fois le GIEC mentionne la sobriété, c'est la solution la plus simple et la plus efficace pour voir des changements rapides à court terme. Dans notre pratique, cela se traduit par la diminution des actes de soins face à l'impasse d'avoir une pratique écologiquement neutre. Prévention et prophylaxie sont donc le cheval de guerre de la profession afin de minimiser la consommation de soins. Les nouvelles pratiques devront évidemment se faire en parallèle d'une politique de santé publique renforçant l'éducation thérapeutique de la population et valorisant les actes de prévention auprès des praticiens.

Enfin, bien que la problématique du climat impose des revirements urgents, l'investissement dans la recherche et dans la formation doivent rester à la base des décisions futures. Il subsiste un gros manque à combler quand il s'agit des soins dentaires. Pour avoir des actions pertinentes, il faut les clés de compréhension des tenants et aboutissants de l'impact de notre pratique (consommation énergétique, gestion des eaux, transports de personnes et de matériel, achat et production du matériel médical, gestion des déchets, etc).

A titre personnel j'utilise souvent la comparaison de l'arbre enraciné dans le sol pour expliquer la maladie parodontale aux patients. Je leur explique qu'il faut essayer d'imaginer la dent comme un arbre avec une partie visible et des racines dans le sol. L'arbre est dépendant du sol pour se développer et vivre, un sol de qualité assurera un bel arbre. Il ne peut y avoir d'arbre sans sol pour l'enraciner. Il peut toutefois y avoir des sols sans forêt, de même qu'il peut y avoir une planète sans êtres humains. Nous avons besoin de préserver notre environnement, c'est le défi que nous devons relever en tant qu'individu, que chirurgien dentiste et membre de l'espèce humaine.

Vu le Président du jury



Vu le directeur de Thèse



Tableau des figures

Figure 1 : Schéma du concept One Health, une seule santé (10)

Figure 2 : Répartition des émissions du secteur de la santé par scope. (2)

Figure 3 : Les différentes étapes de la vie d'un produit intégrée à l'analyse de cycle de vie. (18)

Figure 4 : Aperçu schématique des flux liés à l'activité du cabinet dentaire – Baras A (19)

Figure 5 : Répartition des actes dentaires libéraux en 2018.

Figure 6 : Répartition des émissions de gaz à effets de serre du secteur de la santé. (3)

Figure 7 : Bilan des émissions de GES estimées selon leur poste pour le service de chirurgie dentaire de la NHS. (26)

Figure 8 : Limites du système étudié dans la LCA (40)

Figure 9 : Organigramme décrivant le processus de nettoyage et de stérilisation des trousse dentaires (40)

Figure 10 : Extrait du sommaire du dossier “Décarbonnons la Santé”, propositions du Shift project (3)

Figure 11 : Modèle bio-psycho-social sur 3 niveaux : individuel, communautaire et sociétal. (41)

Figure 12 : Figure 12 : Charte revisitée des 5 R : Repenser, Réduire, Refuser, Réutiliser, Recycler (50)

Figure 13 : Les trois piliers de la santé durable dans les pratiques de santé. (52)

Bibliographie

1. One Health : une seule santé pour les êtres vivants et les écosystèmes [Internet]. Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. 2023 [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/one-health-une-seule-sant%C3%A9-pour-les-%C3%AAtres-vivants-et-les-%C3%A9cosyst%C3%A8mes>
2. Rateau M, Baras DA. SENSIBILISER ET FORMER LES PROFESSIONNELS DE SANTÉ AU SERVICE DE LEURS PRATIQUES.
3. The Shift Project. Décarboner la santé pour soigner durablement. [Internet]. 2021. Disponible sur: <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2021/11/211125-TSP-PTEF-Rapport-final-Sante.pdf>
4. The Shift Project. Le Bilan Carbone de la santé en France : combien d'émissions de gaz à effet de serre ? [Internet]. 2021. Disponible sur: <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2021/11/Rapport-technique-Bilan-Carbone-Sante-France.pdf>
5. Alice Baras, et al. Démarche écoresponsable au cabinet dentaire. Grille d'aide à la mise en oeuvre : enjeux, outils et pistes de réflexion. ADF. 2021;
6. 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.
7. Hoesung Lee, Katherine Calvin, Dipak Dasgupta, Gerhard Krinner, et al. SYNTHESIS REPORT OF THE IPCC SIXTH ASSESSMENT REPORT (AR6) [Internet]. GIEC; 2023. Disponible sur: [IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/longer-report/)
8. Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030 [Internet]. [cité 10 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240061484>
9. Giraud T, Ramel C, Raskin A. Les résines composites. Partie 1 - Composition et structure. 2018;
10. Delrieu J, Canceill T, Destruhaut F, et al. Le site odontoulouse.fr, un nouvel outil pédagogique pour connaître, gérer et bien utiliser les matériaux du Service d'Odontologie Toulousain. 2019;
11. Jean-François Delfraissy, et al. « ONE HEALTH » – UNE SEULE SANTE SANTE HUMAINE, ANIMALE, ENVIRONNEMENT : LES LEÇONS DE LA CRISE [Internet]. Contribution du Conseil scientifique COVID-19; 2022. Disponible sur: https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/contribution_conseil_scientifique_8_fevrier_2022_one_health.pdf
12. One Health, une seule santé | INRAE [Internet]. [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.inrae.fr/alimentation-sante-globale/one-health-seule-sante>
13. Lopes LB, Machado V, Mascarenhas P, Mendes JJ, Botelho J. The prevalence of molar-incisor hypomineralization: a systematic review and meta-analysis. Sci Rep. 17 nov 2021;11(1):1-20.
14. Jedeon K, Marciano C, Loiodice S, Boudalia S, Canivenc Lavier MC, Berdal A, et al. Enamel hypomineralization due to endocrine disruptors. Connect Tissue Res. août 2014;55 Suppl 1:43-7.

15. Changement climatique : causes, effets et enjeux [Internet]. Ministères Écologie Énergie Territoires. [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.ecologie.gouv.fr/changement-climatique-causes-effets-et-enjeux>
16. Définition, sources d'émissions et impacts du protoxyde d'azote – Ademe [Internet]. Agence de la transition écologique. [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://expertises.ademe.fr/professionnels/entreprises/reduire-impacts/reduire-emissions-polluants/dossier/protoxyde-dazote-n2o/definition-sources-demissions-impacts-protoxyde-dazote>
17. Bilan Carbone personnel & entreprise (Ademe) : calculateur et données [Internet]. Selectra. 2019 [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://selectra.info/energie/guides/environnement/bilan-carbone>
18. Décret n° 2022-982 du 1er juillet 2022 relatif aux bilans d'émissions de gaz à effet de serre.
19. Qu'est-ce que l'ACV ? – Ademe [Internet]. Agence de la transition écologique. [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/consommer-autrement/passer-a-laction/dossier/lanalyse-cycle-vie/quest-lacv>
20. Décret n° 2017-1345 du 18 septembre 2017 portant publication de la convention de Minamata sur le mercure (ensemble cinq annexes), signée à Kumamoto le 10 octobre 2013 (1) - Légifrance [Internet]. [cité 10 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFSCATA000035589508>
21. Baras Alice, et al. DÉMARCHE ÉCORESPONSABLE AU CABINET DENTAIRE Éclairage complémentaire au dossier. 2021.
22. HAS. Comprendre l'évaluation des technologies de santé. Support de formation pour les associations de patients et d'utilisateurs. [Internet]. 2022. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/p_3385205/fr/comprendre-l-evaluation-des-technologies-de-sante
23. Incorporating carbon into health care: adding carbon emissions to health technology assessments. *Lancet Planet Health*. 1 déc 2022;6(12):e993-9.
24. Martelli N, van den Brink H, Denies F, Dervaux B, Germe AF, Prognon P, et al. Évaluation des technologies de santé en milieu hospitalier : quelle organisation pour évaluer et acquérir des dispositifs médicaux innovants ? *Ann Pharm Fr*. 1 janv 2014;72(1):3-14.
25. COP 26 - Présentation | Ministères Écologie Énergie Territoires [Internet]. [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.ecologie.gouv.fr/cop26>
26. Jabri K (DREES/OSAM/BES). Les dépenses de santé en 2019 > édition 2020 > DREES. 2021;
27. Jabri K (DREES/SEEE/BACS). Les dépenses de santé en 2018 > édition 2019 > DREES.
28. Lyne A, Ashley P, Johnstone M, Duane B. The environmental impact of community caries prevention - part 1: fluoride varnish application. *Br Dent J*. août 2022;233(4):287-94.
29. Ashley P, Duane B, Johnstone M, Lyne A. The environmental impact of community caries prevention - part 2: toothbrushing programmes. *Br Dent J*. août 2022;233(4):295-302.

30. Duane B, Lyne A, Parle R, Ashley P. The environmental impact of community caries prevention - part 3: water fluoridation. *Br Dent J.* août 2022;233(4):303-7.
31. 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.
32. Borglin L, Pekarski S, Saget S, Duane B. The life cycle analysis of a dental examination: Quantifying the environmental burden of an examination in a hypothetical dental practice. *Community Dent Oral Epidemiol.* déc 2021;49(6):581-93.
33. 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.
34. Plastic Solid Waste (PSW) in the Context of Life Cycle Assessment (LCA) and Sustainable Management - PMC [Internet]. [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/s.docadis.univ-tlse3.fr/pmc/articles/PMC6687704/>
35. Leggat PA, Kedjarune U. Toxicity of methyl methacrylate in dentistry. *Int Dent J.* 1 juin 2003;53(3):126-31.
36. Byrne D, Saget S, Davidson A, Haneef H, Abdeldaim T, Almudahkah A, et al. Comparing the environmental impact of reusable and disposable dental examination kits: a life cycle assessment approach. *Br Dent J.* août 2022;233(4):317-25.
37. Pegon-Machat E, Jourdan D, Tubert-Jeannin S. Inégalités en santé orale : déterminants de l'accès à la prévention et aux soins en France. *Santé Publique.* 2018;30(2):243-51.
38. Ericson D. The Concept of Minimally Invasive Dentistry. *Dent Update.* 2 janv 2007;34(1):9-18.
39. Minimal intervention dentistry: part 1. From « compulsive » restorative dentistry to rational therapeutic strategies | *British Dental Journal* [Internet]. [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.nature.com/articles/sj.bdj.2012.1007>
40. Duane B, Borglin L, Pekarski S, Saget S, Duncan HF. Environmental sustainability in endodontics. A life cycle assessment (LCA) of a root canal treatment procedure. *BMC Oral Health.* 1 déc 2020;20(1):348.
41. Bedos C, Apelian N, Vergnes JN. Towards a biopsychosocial approach in dentistry: the Montreal-Toulouse Model. *Br Dent J.* mars 2020;228(6):465-8.
42. Les Amis de la Terre, Oxfam. La colossale empreinte carbone des banques : une affaire d'État [Internet]. 2019. Disponible sur: <https://www.oxfamfrance.org/wp-content/uploads/2019/11/Rapport-La-colossale-empreinte-carbone-des-banques-fran%C3%A7aises.pdf>
43. Martin L. Recommandations [Internet]. Reclaim Finance. [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://reclaimfinance.org/site/recommandations/>
44. Les déchets plastiques [Internet]. notre-environnement. 2023 [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <http://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/economie/les-dechets-ressources/article/les-dechets-plastiques>
45. Bioplastiques, compostables, biosourcés : on fait le point ! [Internet]. [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.zerowastefrance.org/bioplastiques-compostables-biosources/>

46. Green dentistry: the art and science of sustainable practice | British Dental Journal [Internet]. [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.nature.com/articles/sj.bdj.2017.546>
47. Liste des ressources ADEME sur le numérique responsable [Internet]. 2022 [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://ecoresponsable.numerique.gouv.fr/publications/ressources-ademe/>
48. The Shift Project. IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU NUMÉRIQUE : TENDANCES À 5 ANS ET GOUVERNANCE DE LA 5G [Internet]. 2021. Disponible sur: https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2021/03/Note-danalyse_Numerique-et-5G_30-mars-2021.pdf
49. Définition [Internet]. ERC. [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://erc-biodiversite.ofb.fr/erc/definition>
50. Tomaiuolo Yona. THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE : S'inscrire dans une démarche de développement durable en cabinet dentaire : proposition d'un cours de second cycle. 2022.
51. Connaissez-vous votre empreinte climat ? [Internet]. [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://nosgestesclimat.fr/>
52. Baras A. Agir pour la santé de la planète en intégrant une démarche écoresponsable dans les cabinets : Une expérimentation Française en cabinet dentaire/ Acting for planetary health by integrating an eco-responsible approach in practices : A French experiment in dental practice: RESEARCH PAPER. Int Health Trends Perspect. 31 oct 2022;2(3):27-47.

TITRE EN FRANÇAIS : RAPPORTS ET ANALYSES CONCERNANT L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL D'UNE ACTIVITÉ DE SOINS : APPLICABILITE AU MONDE DENTAIRE ET À SES BIOMATÉRIAUX.

RÉSUMÉ EN FRANÇAIS : La question climatique est l'une des principales préoccupations du siècle. Comme toute activité humaine les soins ont un impact environnemental. La qualification et la quantification des différents postes d'émissions permettent d'adopter des mesures de luttés efficaces. Pour cela il existe différents outils comme les bilans carbone et les analyses de cycles de vie. Les transports sont en tête des émissions suivies des achats d'équipement et de matériel. Les données manquent en odontologie, les recherches doivent être poursuivies. Une revue approfondie des protocoles et des biomatériaux dentaires pourrait apporter des solutions. Face aux défis futurs, les chirurgiens doivent être acteurs des processus de résolution de la crise climatique, des pistes concrètes sont d'ores et déjà accessibles.

ENGLISH TITLE : Reports and analyses of the impact of a care activity on the environment: applicability to dentistry and its biomaterials.

ABSTRACT : Climate issue is one of the main century's concerns. Like all human activities, cares have an environmental impact. The qualification and quantification of the various emission stations enable to adopt effective measures. Indeed, various tools exist such as carbon assessments and life cycle analyses. Transports produce the most emissions followed by equipments and materials purchases. Data lack in odontology, research needs to be further developed. A thorough review of dental protocols and biomaterials could provide solutions. Faced to future challenges, dentists must be actors in the process of resolving the climate crisis, concrete solutions are already accessible.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : CHIRURGIE DENTAIRE

MOTS CLÉS : environnement, écologie, santé, empreinte carbone, analyse de cycle de vie, biomatériaux, sobriété, prévention

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

Université Toulouse III-Paul Sabatier,
Faculté de Santé - département d'odontologie,
3 chemin des Maraîchers 31062 Toulouse Cedex

Directeur de thèse : Dr Thibault CANCEILL