

Ministère de l'Enseignement Supérieur
Et de la Recherche Scientifique

REPUBLIQUE DU MALI

UN PEUPLE - UN BUT - UNE FOI

UNIVERSITE DES SCIENCES DES
TECHNIQUES ET DES TECHNOLOGIES
DE BAMAKO



FACULTE DE MEDECINE ET
D'ODONTO-STOMATOLOGIE

ANNEE UNIVERSITAIRE 2022-2023

TITRE

**L'IMPACT DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE
SUR L'HOMME, LA FAUNE ET LA FLORE DANS
LES 10 DERNIÈRES ANNÉES :
REVUE DE LA LITTERATURE**

THESE

Présentée et soutenue publiquement le 31/02/2024 devant le jury de la
Faculté de Médecine et d'Odonto-Stomatologie.

Par : M. Zoumana KEITA

**Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine
(Diplôme d'Etat)**

Jury

Président : Pr. Moussa FANE, Maître de Conférences

Membre : Dr. Falaye KEITA, Maître-Assitant

Co-directeur : Dr. Modibo SACKO, Point Focal National Changement Climatique

Directeur : Pr. Ousmane TOURE, Directeur de Recherches

DEDICACES ET REMERCIEMENTS

DEDICACES

- A Allahou Soubhana Watahalah

Le Tout Puissant, le Tout-Miséricordieux, et le Très Miséricordieux de m'avoir donné la santé et la force pour mener à bien ce travail et pour m'avoir fait voir ce jour si important. Qu'Allah guide encore mes pas vers le droit chemin.

- AU PROPHETE MOUHAMAD (Salalah waley Wa Salam)

Que la paix et la miséricorde de Dieu soit sur lui, sur ses compagnons et sur toutes les personnes qui suivront son chemin jusqu'au jour de la résurrection.

- Au ministère de l'environnement, de l'assainissement et du développement durable

Merci pour votre accompagnement tout au long de ces parcours.

- A ma famille,

“A l'honneur de la continuité de la vie, souvenirs du passé, joies du présent et espoir d'avenir”. Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que j'ai pour vous, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être. C'est à travers vos encouragements que j'ai opté pour cette noble profession. J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avez fondés en moi. Je vous rends hommage par ce modeste travail en guise de ma reconnaissance éternelle et de mon infini amour.

- A mon père CHEICK KEITA

Vous êtes à l'origine de ce que je deviens aujourd'hui car c'est vous qui m'avez inscrit à l'école et vous avez suivi mes pas jusqu'à ce jour. Votre rigueur, votre persévérance et votre courage dans le travail ont été pour nous une source d'inspiration inépuisable. Baba je ne pourrai jamais vous récompenser assez. Que Dieu vous donne une longue vie dans la santé afin que vous puissiez profiter de tous les efforts fournis pour l'éducation de vos enfants, Amine !

- **A la mémoire des regrettés Yamoussa FOFANA dit Bakoroba**

Le destin ne nous a pas laissé le temps pour jouir de ce bonheur ensemble et de vous exprimer tout mon respect. Puisse Dieu tout puissant vous accorder sa clémence, sa miséricorde et vous accueillir dans son saint paradis.

- **A ma mère Assétou Doumbia**

Chère mère, vous m'avez mis au monde et m'avez couvert d'amour. Vous avez su nous apprendre à être courageux, sincère et respectueux envers les autres. Vous avez su toujours investir en moi pour que je sois ce que je suis aujourd'hui. Sachez que ce travail est le fruit de grands sacrifices que vous avez consenti car je me rappelle encore ce moment où je voulais arrêter cette étude au profit d'une autre ce que vous ne voulez pas entendre de ce fait vous partiez voir tous mes amis pour qu'ils me supplient de ne pas abandonner. Vous resterez pour nous une mère exemplaire et inoubliable qui oublie ses problèmes afin de soulager celui des autres.

Chère mère je ne vous remercierai jamais assez qu'Allah vous accorde une très longue vie.

- **A mes tantes : Kadia DIARRA et Mariam LY**

Tantes exemplaires courageuses travailleuses. Chères tantes merci pour avoir supporté mes caprices et m'éduquer sur le droit chemin que Dieu vous bénisse et qu'il vous donne santé, prospérité, longévité et succès dans toutes vos entreprises enfin qu'il vous accorde son paradis le jour du jugement dernier Amine !

- **A mes oncles Yacouba Doumbia, Sekouba Doumbia, Oumar Konaté, Karim Touré et tous les autres**

Merci à tous pour vos soutiens, vos bénédictions et vos conseils.

- **A tous mes, frères et sœurs**

Daouda, Nouhoum, Assitan, Faoumata et Mariam

REMERCIEMENTS

- Tout d'abord, la tâche me revient en ce jour de remercier très sincèrement toutes les personnes de bonne volonté qui de loin ou de près ont contribué à la réalisation de ce travail. Je ne saurai jamais énumérer de façon exhaustive les parents, les amis (es), les connaissances, les collègues et les maîtres qui m'ont apporté leurs soutiens moraux, matériels et scientifiques tout au long de mon parcours scolaire et universitaire. Qu'ils trouvent ici, l'expression de ma profonde gratitude.
- **A toute l'équipe du ministère de l'environnement de l'assainissement et du développement durable**, sans vous, cette thèse ne serait pas ce qu'elle est. Vous avez tous participé à sa réalisation de par vos conseils et vos encouragements. Merci pour vos gentillesse et vos disponibilités. Recevez ici mes sincères salutations ainsi que ma reconnaissance.
- **Particulièrement Dr Abdrahamane Traore, Dr Adama Diaby Diarra, Dr Ibrahima Fall, Dr Sirama Doumbia, Dr Awa Karim Coulibaly, Dr Afssatou Diallo,**
- **A mes cousins Moussa Doumbia, Oumar Doumbia**
- **A mes amis : Abdoulaye Barry, Ibrahim Coulibaly, Seydou Sagara....**
- **A tous les enseignants, personnels, et étudiants de la Faculté de Médecine et d'Odonto-stomatologie de Bamako**

MENTION SPECIALE :

- A ma femme et à mes enfants

Vous avez contribué à ma marche en avant dans cette étude et pour paraphraser quelqu'un je dis que « la marque d'un mérite extraordinaire est de voir que ceux qui l'envient le plus sont contraints de le louer » vous avez été là à chaque fois que j'ai eu besoin de vous. C'est le moment où à jamais de vous dire que j'ai surtout été touché par votre amour, vos encouragements et votre gentillesse qui effacent toute frontière. Sachez que la bonté de votre cœur restera gravée dans ma mémoire. Excuser aujourd'hui mon incapacité de ne point pouvoir entreprendre une description plus grandiose de vos qualités qui n'ont d'égale que votre personnalité. Que Dieu bénisse notre famille

- Au Pr Ousmane TOURE

Qui m'a accueilli à bras ouverts et qui a eu confiance en moi en me confiant ce sujet de thèse malgré mes faibles connaissances dans le domaine. Merci cher maître pour votre humilité, votre disponibilité et vos encouragements. Que le Tout-Puissant vous bénisse et vous accorde une longue vie.

- Au Dr Modibo Sacko

Qui m'a aidé dans l'élaboration de cette thèse du début à la fin. Je n'ai vraiment pas de mot pour vous remercier. Je prie Dieu pour qu'il vous accorde son paradis sur terre et de l'au-delà et que votre descendance reçoit le bénéfice de votre bonté. Amen

HOMMAGE AUX MEMBRES DU JURY

A notre Maître et Président du jury

Professeur Moussa FANE

- ✓ Maître de Conférences en Epidémiologie/Santé Publique/Santé-Environnement
- ✓ Détenteur d'une Maîtrise en sciences de la Vie et de la Terre /Ecole Normale Supérieure (ENSup-Bamako)
- ✓ Détenteur d'un Diplôme Universitaire de Paludologie (DU)/Cours International Francophone de paludologie/O.M.S-FMPOS-Bamako-Mali
- ✓ Détenteur d'un Master of Sciences in Tropical Diseases Control (MDC)/Institut de Médecine Tropical Prince Léopold d'Anvers (IMT Atwerpen)
- ✓ Détenteur d'un Certificat d'Etudes Spéciales (C.E.S) de Parasitologie-Mycologie/ Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD) Sénégal

Cher Maître,

Nous sommes gré de l'honneur que vous nous avez fait en acceptant de présider ce jury. Votre abord facile, vos qualités de pédagogue, votre rigueur scientifique, votre disponibilité et votre dynamisme font de vous un Maître admiré et respecté. Veuillez agréer cher maître, l'expression de notre profonde gratitude et de notre attachement indéfectible. Que le Seigneur vous accorde une longue vie !

A notre Maître et Juge

Docteur Falaye KEITA

- ✓ Maître-assistant en santé publique environnementale
DERSP/FAPH/FMOS/INFSS/CNRST/USTTB-Mali
- ✓ CES de parasitologie, mycologie, malacologie, entomologie médicale et
vétérinaire à l'Université Cheick Anta Diop de Dakar (UCAD)
- ✓ CES de santé publique à l'Université d'Alabama au Birmingham (UAB)
aux USA
- ✓ CES de rédaction scientifique à l'Université d'Alabama au Birmingham
(UAB) aux USA
- ✓ CES de biosécurité et de biosurété/IFBA à Casablanca au Maroc
- ✓ Membre de l'Association malienne de biosécurité et de biosurété
(AMABIOS)

Cher Maître,

Nous sommes profondément touchés par votre gentillesse, et remarquables qualités humaines et professionnelles qui méritent toute admiration et tout respect. Nous sommes très reconnaissants de l'honneur que vous nous faites en acceptant de juger ce travail. Veuillez trouver ici, cher maître l'expression de notre profonde et haute considération

A notre Maître et Co-directeur de thèse

Docteur Modibo SACKO

- ✓ Docteur vétérinaire
- ✓ Diplôme de Docteur Vétérinaire en Kiev
- ✓ Responsable du Programme Aménagement et Protection de la Faune au compte de la Direction Générale des Eaux et Forêts (DGEF)
- ✓ Chef de Cabinet du ministre de l'Environnement, de l'Assainissement et du Développement Durable
- ✓ Vice-président du Comité Permanent inter-états de Lutte contre la sécheresse dans le sahel (CONACILSS)
- ✓ Ancien Coordinateur National du Bureau Ozone Mali (BOM) chargé de la mise en œuvre du Programme d'élimination des Substances Appauvrissant la couche d'Ozone au Mali (SAO) dans le cadre du Protocole de Montréal
- ✓ Ancien Point Focal Changement Climatique / Chargé de la mise en œuvre de la convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques au Mali

Cher Maître,

La spontanéité avec laquelle vous avez accepté de porter un écart critique sur ce travail nous a profondément touché. Votre simplicité, vos qualités humaines et vos qualités de pédagogie explique toute admiration que nous éprouvons à votre égard. Vous êtes un exemple de générosité. Trouvez ici l'expression de notre grande estime. Que Dieu vous accompagne dans votre carrière.

A notre Maître et Directeur de thèse

Professeur Ousmane TOURE

- ✓ Directeur de Recherches à la FMOS
- ✓ Ancien Directeur Général de l'Institut National de Formation en Sciences de la Santé (INFSS)
- ✓ Ancien Chef du Département Santé Communautaire, Institut National de Recherche en Santé Publique (INRSP)
- ✓ Ancien Directeur Général de l'Agence Nationale de la Sécurité Sanitaire des Aliments (ANSSA)
- ✓ Ancien Directeur National de l'Assainissement et du Contrôle des Pollutions et des Nuisances

Honorable Maître,

Vous nous avez accueillis spontanément les bras ouverts dont nous garderons un excellent souvenir. Vous êtes un pédagogue émérite. Votre assiduité, votre modestie, votre courtoisie et votre désir ardent à parfaire la formation des étudiants font de vous le maître que nous admirons. C'est un grand honneur et une grande fierté pour nous de compter parmi vos élèves. Veuillez recevoir, cher maître, l'expression de notre infinie gratitude.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail

API : Intégrale Pollinique Annuelle

AVC : Accident vasculaire cérébral

BPCO : Bronchopneumopathie chronique obstructive

CC : Changement Climatique

CCNUC : Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

CFC : Chlorofluorocarbure

CH₄ : Méthane

CIRC : Centre international de recherche sur le cancer

CO₂ : Dioxyde de carbone

COV : Composés organiques volatils

DALY : Disability-Adjusted Life Years

GES : Gaz à Effet de Serre

Gt : Gigatonne

H₂O : Eau

HFC : Hydrofluorocarbure

HNO₃ : Acide nitrique

IFM : Indice forêt météo

IR : Infrarouge

N₂O : Protoxyde d'azote

NH₃ : Ammoniac

NO_x : Oxyde d'azote

O₃ : Ozone

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONU : Organisation des Nations Unies

PFC : Perfluorocarbure

PM : Particule atmosphérique

PRG : Potentiel ou Pouvoir de réchauffement global

SF₆ : Hexafluorure de soufre

SO₂ : Dioxyde de soufre

SO_x : Oxyde de soufre

SSPT : Syndrome de stress post-traumatique

UV : Ultraviolet

Yr : Year

ppm: parties par million

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma explicatif de l'effet de serre	24
Figure 2 : Courbe des émissions annuelles de CO2 issues des énergies fossiles	27
Figure 3 : Répartition des ouvrages selon la date de publication.....	43
Figure 4 : Répartition des ouvrages selon le pays	43
Figure 5 : Répartition des ouvrages selon la langue de publication	44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Répartition des ouvrages selon le titre des ouvrages	41
Tableau II : Répartition des ouvrages selon le type de publication	42
Tableau III : Répartition des ouvrages selon le nom des auteurs	42
Tableau IV : Répartition des ouvrages selon la biocénose concernée	44
Tableau V : Répartition des ouvrages selon les impacts sur l'homme	45
Tableau VI : Répartition des impacts du changement climatique sur l'homme selon les causes	46
Tableau VII : Répartition des impacts du changement climatique sur la faune .	47
Tableau VIII : Répartition des impacts du changement climatique sur la flore .	47

TABLE DES MATIERES

I.	INTRODUCTION :	18
II.	OBJECTIFS	21
	1.Objectif général :	21
	2.Objectifs spécifiques :	21
III.	GENERALITES	23
	3.1-DEFINITION	23
	3.2- LES CAUSES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE	23
	3.2.1- Effet de serre	24
	3.2.2- Pollution atmosphérique	29
	3.3- CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES ET IMPACTS SANITAIRES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES	30
	3.3.1- Impact environnemental	30
	3.3.2- Altération du monde animal	33
	3.3.3- Impact sanitaire	33
IV.	METHODOLOGIE	38
	1.Stratégie de recherche bibliographique :	38
	2.Type et période d'étude :	38
	3.Critères de sélection :	38
	4.Saisie et analyse des données :	39
V.	RESULTATS	41
	5.1. Données générales sur les publications	41
	5.2.Données sur les impacts du changement climatique	45
VI.	COMMENTAIRES ET DISCUSSION	49
VII.	CONCLUSION	55
VIII.	RECOMMANDATIONS	56
IX.	REFERENCES :	58
X.	ANNEXES	62

INTRODUCTION

I. INTRODUCTION :

Depuis des milliers d'années, la relation entre les formes de vie et la météo présente un équilibre délicat, propice à l'existence de toutes les formes de vie sur cette planète (1). Ces dernières années, elle a acquis une importance d'urgence mondiale (1). Le changement climatique fait référence aux changements à long terme des températures et des conditions météorologiques locales, mondiales ou régionales dus aux activités humaines. L'énorme augmentation des émissions de gaz à effet de serre : (CO₂, méthane et oxyde d'azote), au cours des dernières décennies, en grande partie due à la combustion du charbon et des combustibles fossiles, ainsi que la déforestation, sont les principaux moteurs de dérèglement climatique. L'augmentation marquée de la fréquence et de l'intensité des catastrophes naturelles, l'élévation du niveau de la mer, la diminution de la productivité des cultures et la perte de la biodiversité sont les principales conséquences du changement climatique (1).

La consommation mondiale d'énergie en 1990 était d'environ 1 milliard de gigawatts ; en 2020 elle s'approche des 10 milliards de gigawatts. Cette multiplication par dix en un siècle est liée à la croissance de trois fois la population mondiale et une augmentation d'environ trois fois en moyenne de l'utilisation de l'énergie par habitant (2,3). Les émissions mondiales de dioxyde de carbone liées à la consommation de l'énergie augmentent de 31,2 milliards de tonnes métriques en 2010 à 36,4 milliards de tonnes métriques en 2020 (3,4).

On estime que 34% des Disability-Adjusted Life Years , DALY (Années de vie potentielle perdues en raison d'une mortalité prématurée et des années de vie productives perdues en raison d'incapacités) mondiaux sont attribuables aux effets du CC en Afrique subsaharienne (5).

En Afrique, le changement climatique devrait avoir des effets négatifs sur la santé humaine en exacerbant la malnutrition, en contribuant à la mauvaise qualité de l'air et de l'eau , en modifiant la distribution géographique des pathogènes et

vecteurs des maladies infectieuses et en déclenchant des déplacements massifs d'humains (6).

Ces effets s'observent au fil du temps chez tous les êtres vivants à mesure que les animaux et les végétaux évoluent et fleurissent ou disparaissent (7).

Il serait donc important de mener une revue de la littérature afin d'attirer l'attention des acteurs de santé publique sur l'impact du réchauffement climatique sur l'homme, la faune et la flore ; d'où l'intérêt de notre étude.

OBJECTIFS

II. OBJECTIFS

1. Objectif général :

Faire une revue de la littérature sur l'impact du changement climatique sur l'homme, la faune et la flore dans les 10 dernières années.

2. Objectifs spécifiques :

- ✓ Décrire le changement climatique ;
- ✓ Décrire les causes du changement climatique citées dans les articles dans les 10 dernières années ;
- ✓ Proposer des priorités de recherches futures sur le changement climatique à la lumière des phénomènes météorologiques qui s'intensifient.

GENERALITES

III. GENERALITES

3.1-DEFINITION

Selon la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUC), les changements climatiques correspondent à « des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables » (8).

Cette définition soulève plusieurs aspects :

- Le lien (direct ou indirect) de l'activité humaine sur les changements climatiques : si une variation du climat est observée mais n'est pas liée à l'activité humaine, alors il ne s'agit pas d'un changement climatique.
- La variabilité naturelle du climat : celle-ci est à différencier des différentes modifications climatiques.
- Les changements climatiques altèrent la composition de l'atmosphère au niveau mondial ce qui en fait le défi numéro 1 de l'humanité au XXIème siècle selon de nombreux scientifiques (8).

Les variations climatiques s'étudient sur une période donnée, généralement de plusieurs années, pour évaluer statistiquement l'existence d'une modification du climat. Ainsi, l'occurrence d'un évènement climatique extrême (telle une canicule, une tempête ou une inondation) ne peut être directement attribuée aux changements climatiques. Une comparaison d'année à année, de décennie à décennie voire de siècle à siècle est nécessaire pour pouvoir réellement dégager une tendance (8).

3.2- LES CAUSES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les causes du changement climatique sont multiples et variées mais découlent initialement du même évènement : l'activité anthropique (notamment par l'utilisation de combustibles fossiles). Ces changements se sont donc amorcés à partir de l'invention de la machine à vapeur fonctionnant par la combustion du

charbon. La popularisation de cette invention durant le XIX^{ème} siècle constitue le point d'entrée dans la révolution industrielle (8).

3.2.1- Effet de serre

L'effet de serre est un phénomène physique primordial au maintien des conditions nécessaires à la vie sur Terre. Il est rendu possible par la présence de nombreux gaz naturellement émis par la terre qui entrent dans la composition de l'atmosphère. L'activité anthropique (combustion de carburants fossiles dans le secteur industriel, déforestation massive, etc.) libère dans l'atmosphère de grandes quantités de gaz à effet de serre (GES) dont le dioxyde de carbone (CO₂). Cet apport supplémentaire de GES perturbe l'équilibre naturel de l'effet de serre.

a) Principe de l'effet de serre

La chaleur de la Terre provient du rayonnement solaire : lorsque les rayons atteignent l'atmosphère terrestre, une partie est renvoyée dans l'espace (environ 30 %), une autre est absorbée (environ 20 %) et le reste la traverse pour atteindre la surface de la Terre. Le sol absorbe alors l'énergie de ces rayons et la libère sous forme de rayonnement infrarouge (IR). (Figure 1)

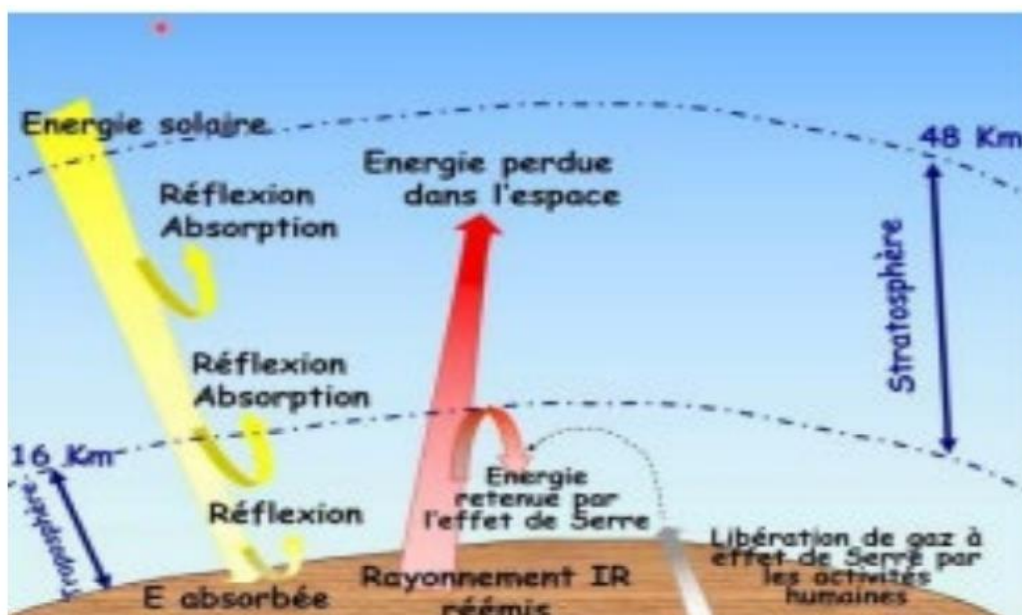


Figure 1 : Schéma explicatif de l'effet de serre (8)

L'émission du rayonnement IR est d'autant plus élevée que la surface a déjà absorbé de l'énergie. Les GES présents dans l'atmosphère absorbent ces rayonnements empêchant ainsi, en partie, le renvoi des rayonnements IR de la Terre vers l'espace. La température moyenne de la Terre dépend de cet équilibre entre l'énergie absorbée et l'énergie perdue dans l'espace. Le GIEC recense plusieurs dizaines de GES dont :

- La vapeur d'eau (H₂O)
- Le dioxyde de carbone (CO₂)
- Le méthane (CH₄)
- L'ozone (O₃)
- Le protoxyde d'azote (N₂O) (9).

Ces GES permettent le renvoi de 95 % des rayons vers la terre et une perte de seulement 5% d'entre eux dans l'espace. Ce schéma se répète inlassablement. Il permet de :

- Limiter les pertes de chaleur de la planète : ce phénomène permet d'obtenir la température que nous connaissons aujourd'hui (15°C en moyenne). Sans cet effet de serre, la température moyenne de surface serait de -18°C.
- Obtenir une température relativement stable entre les moments d'exposition au soleil et la nuit (9).

Si la composition de l'atmosphère était différente, l'atmosphère renverrait plus de rayons vers la planète ou en laisserait partir plus vers l'espace ce qui entrainerait des températures drastiquement différentes. Ainsi, Mercure est la planète la plus proche du soleil, et donc, la plus exposée à ses rayonnements ce qui lui permet d'atteindre 427°C. Cependant, son atmosphère ne retenant pas les rayons, sa température peut chuter jusqu'à -183°C à l'ombre. Vénus, quant à elle, est située entre la Terre et Mercure. Elle ne reçoit que deux fois plus d'énergie de la part des rayonnements du Soleil par rapport à la terre cependant, elle est bien plus chaude que cette dernière (avec 460°C en moyenne) car son atmosphère est composée à 96,5 % de CO₂ qui est un GES très important. La composition de

l'atmosphère, en particulier en GES, est donc un facteur primordial dans la température d'une planète. Or, depuis la révolution industrielle, l'Homme libère dans l'atmosphère une grande quantité de GES notamment via :

- La combustion des carburants fossiles libérant beaucoup de CO₂ dans l'atmosphère.
- Les différentes industries démocratisées produisant différents autres GES

En augmentant la concentration atmosphérique de ces gaz dans l'atmosphère, l'Homme a renforcé l'effet de serre perturbant ainsi « l'homéostasie » de la terre(9).

b) Les six gaz à effet de serre ciblés par le protocole de Kyoto

- Le dioxyde de carbone (CO₂)

En 1750, la concentration en CO₂ de l'air était en moyenne de 277 ppm contre plus de 415 ppm de nos jours. Cette augmentation a deux conséquences directes :

- Un impact sur la santé.
- Une augmentation de la capacité d'absorption de la planète des rayons IR à l'origine d'une diminution du pourcentage de rayons renvoyés vers l'espace. La majorité des émissions de CO₂ anthropiques provient de la combustion des énergies fossiles (pétrole, charbon, gaz naturel). Cette émission est passée de 22 Gt en 1990 à plus de 36 Gt en 2019 (8,10).

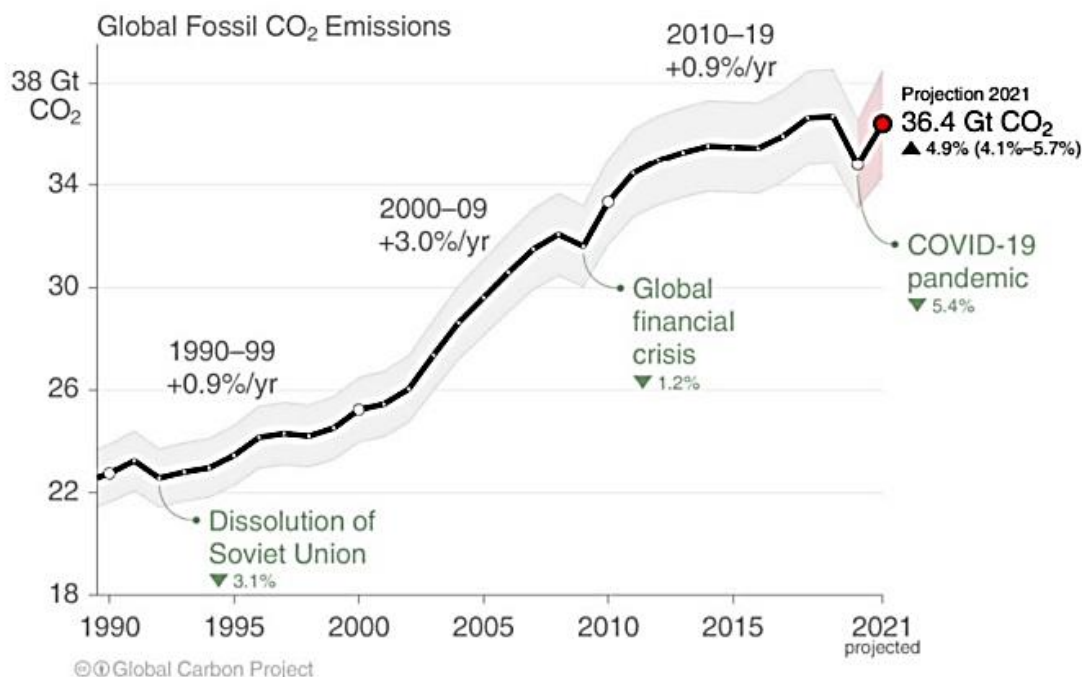


Figure 2 : Courbe des émissions annuelles de CO₂ issues des énergies fossiles (8)

Gt = gigatonnes ; yr = année

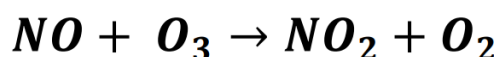
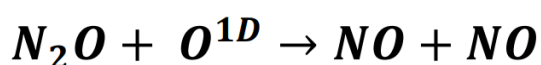
- Le méthane (CH₄)

Le CH₄ est un hydrocarbure représentant 90% du gaz naturel (3ème source d'énergie après le pétrole et le charbon). Ce gaz est produit par la fermentation des matières organiques. 60% des rejets de CH₄ dans l'atmosphère sont d'origine anthropique. Dans l'activité humaine, il est principalement retrouvé dans l'agriculture, l'élevage et les décharges. Les rejets de l'activité agricole proviennent en grande majorité du bétail (environ 30% des émissions). La culture du riz contribue également à augmenter ces rejets : les champs inondés empêchent la pénétration de l'oxygène dans les sols rendant les conditions propices à la prolifération de bactéries émettrices de CH₄. Le principal problème du CH₄ est sa transformation en O₃ au niveau de la troposphère. A la différence de l'O₃ stratosphérique, l'O₃ troposphérique est un polluant important. Le CH₄ est un

GES 25 fois plus puissant que le CO₂, il est cependant retrouvé en bien moindre quantité ce qui relativise son impact. De plus, il se décompose en seulement une dizaine d'années donc réduire son émission pourrait être une action dont les bénéfices se feraient ressentir rapidement contrairement au CO₂ (10).

- **Le protoxyde d'azote (N₂O)**

Le N₂O présente deux inconvénients majeurs : de par sa forte capacité d'absorption des rayonnements IR, il s'agit d'un puissant GES (PRG = 310). De plus, il contribue à détruire la couche d'O₃ de la stratosphère selon le mécanisme suivant :



Or, la couche d'O₃ stratosphérique possède un rôle de filtre bénéfique contre les rayonnements ultraviolets (UV) et notamment contre les UV-B, qui sont des rayonnements de longueurs d'onde comprises en 280 et 315 nm, fortement énergétiques et destructeurs de l'ADN (8).

L'émission de N₂O a plusieurs origines :

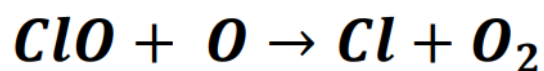
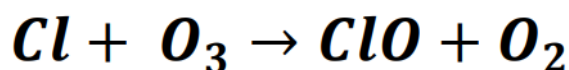
- Naturelle (57%) : par les sols et les océans.
- Anthropique (43%) : par certains procédés industriels, la combustion des carburants fossiles et l'agriculture avec les engrais azotés (près de 70% des émissions mondiales anthropiques).

La concentration atmosphérique en N₂O est actuellement de 331 ppm. Elle a augmenté de 30% au cours de ces quarante dernières années (11).

- **Les gaz fluorés (HFC, PFC et SF₆)**

Les fluorocarbures sont des gaz uniquement émis par l'industrie. Ils sont notamment utilisés dans la réfrigération et la climatisation.

A l'origine, les chlorofluorocarbures (CFC) étaient principalement utilisés, cependant, ces derniers avaient une action importante et auto-entretenue de destruction de la couche d'O₃ stratosphérique par les mécanismes suivants :



Pour remédier à cela, en 1987, un protocole international visant à réduire de moitié les substances appauvrissant la couche d'ozone a été signé : le protocole de Montréal. Ce protocole a imposé aux pays développés d'éliminer le bromure de méthyle (CFC) et de trouver des alternatives. Ce dernier a donc été remplacé par deux fluorocarbures dépourvus de chlore dans leur structure : les hydrofluorocarbures (HFC) et les perfluorocarbures (PFC). Les HFC et les PFC ne sont pas destructeurs de la couche d'ozone. En revanche, ce sont de très puissants GES (138 à plus de 12 400 fois plus puissantes que le CO₂ selon les HFC et 6 630 à 11 100 fois selon les PFC). Les HFC sont retrouvés dans les aérosols, la réfrigération ou la climatisation. Les PFC, quant à eux, sont retrouvés dans la fabrication de semi-conducteurs, en diélectrique, dans les fluides de transfert de chaleur ou encore dans la fusion de l'aluminium. Le SF₆ est le GES le plus puissant (PRG = 23 500). Il est retrouvé dans les équipements électriques à haute tension dont les centrales nucléaires. A l'instar des HFC et des PFC, il n'est pas dangereux pour la couche d'ozone. Ce gaz est très peu produit. Cependant sa production augmente continuellement avec l'industrialisation des pays. Sa durée de vie dans l'atmosphère est de 50 000 ans (8,10).

3.2.2- Pollution atmosphérique

Le code de l'environnement définit la pollution atmosphérique comme « l'introduction par l'Homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et dans les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de

nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et écologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives. » (12). En pratique, les polluants atmosphériques peuvent aussi bien être d'origine anthropique que naturelle. En effet, des phénomènes tels que la foudre, les éruptions volcaniques ou même la végétation, libèrent respectivement dans l'atmosphère du dioxyde de soufre (SO₂), des oxydes d'azote (NO_x) et des hydrocarbures qui sont des polluants atmosphériques. Les polluants atmosphériques produits par l'Homme sont nombreux et variés. Ils proviennent de nombreuses sources : chauffage par combustion, activités industrielles (en baisse grâce aux nouvelles normes limitant leur rejet dans l'atmosphère), domestiques, agricoles, transports (routiers, aériens, ferroviaires, maritimes). En fonction de la météorologie et des vents, ces polluants sont transportés jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres de leurs lieux d'émission. La pollution atmosphérique modifie la composition de l'atmosphère mondiale. Ces modifications sont à l'origine de différents changements climatiques à l'instar des pluies acides ou du smog (8).

3.3- conséquences environnementales et impacts sanitaires des changements climatiques

L'augmentation de la concentration atmosphérique en GES (CO₂, CH₄, NO₂, HFC, PFC et SF₆) et en polluants (NO_x, SO₂, COV, NH₃ et PM) est responsable de nombreux changements au niveau environnemental et plus indirectement, via ces changements environnementaux, au niveau de la santé humaine et animale.

3.3.1- Impact environnemental

Au niveau environnemental, de nombreux phénomènes ont été observés ces dernières années. Le plus notable d'entre eux est l'augmentation des températures. Ce phénomène est à l'origine d'une cascade d'évènements ayant un rôle dans la plupart des changements environnementaux (fonte du pergélisol à

l'origine de la montée des eaux, modification des constantes d'équilibre provoquant une acidification des eaux, modification du cycle hydrologique...). L'écosystème marin est également sensible à l'excès de CO₂ dans l'atmosphère et à la présence d'autres polluants (8).

a) Impact sur les océans

L'augmentation des températures (causée par l'effet de serre) provoque une fonte des glaces (pergélisol, glaciers, calotte glaciaire) responsable d'une augmentation du niveau des océans. La température des eaux augmente également ce qui aboutit à leur désoxygénation et à un déplacement de l'équilibre des réactions chimiques dégradant ainsi la qualité des eaux (13).

b) Impact sur les événements météorologiques

L'augmentation des températures et la saturation de l'atmosphère en polluants perturbent le cycle hydrologique. Cette perturbation se traduit par une perturbation des saisons ainsi que de la fréquence et de l'intensité des événements météorologiques « extrêmes » (8).

- **Inondation** : une inondation est une accumulation anormale d'eau submergeant une terre normalement accessible. Elle peut avoir plusieurs causes : des pluies anormalement intenses ou de longue durée, une terre trop sèche ou trop humide, un débordement des fleuves/rivières (8).
- **Tempête** : une tempête est un événement météorologique extrême caractérisée par la présence de vents forts et souvent accompagnés de précipitations intenses. Elle est provoquée par la rencontre d'un air chaud en bordure océanique et d'un air froid sur les terres aboutissant à une circulation des flux dans le sens antihoraire au niveau de l'hémisphère Nord et dans le sens horaire dans l'hémisphère Sud (8).
- **Sécheresse** : la sécheresse est un événement météorologique extrême définit par l'OMS comme une période prolongée sans eau par rapport au cycle naturel climatique (14). La modification de la répartition des précipitations associée à l'accroissement des températures (provoquant une évaporation plus

importante) sont actuellement responsables d'une augmentation de la fréquence, de la durée et de l'intensité des épisodes de sécheresse. Ces paramètres s'évaluent en fonction du pourcentage de la surface touchée (8,14).

- **Ouragan** : le nom générique des ouragans est "cyclones tropicaux". En dehors des États-Unis, on appelle également ces tempêtes des typhons ou simplement des cyclones. En résumé, les cyclones tropicaux sont des tempêtes dont les vents tourbillonnent rapidement autour d'un centre d'air chaud. Les ouragans ont besoin de quatre ingrédients principaux pour se former. Premièrement, ils ont besoin de chaleur ou d'énergie stockée dans la couche supérieure de l'océan. Ensuite, ils ont besoin d'une forte humidité dans l'air, obtenue par l'évaporation des eaux océaniques au-dessus de 26°C. Troisièmement, les ouragans ont besoin de vents favorables. Et en fin, ils ont besoin d'une rotation de fond pour organiser les orages dispersés en une tempête plus importante qui tourne de plus en plus vite pour prendre la forme en spirale caractéristique d'un cyclone. Tous ces ingrédients entrent en jeu dans la formation des ouragans. Et tous sont affectés par le changement climatique (15).

L'océan a absorbé 90 % du réchauffement qui s'est produit au cours des dernières décennies en raison de l'augmentation des gaz à effet de serre, et les quelques mètres supérieurs stockent autant de chaleur que l'ensemble de l'atmosphère terrestre. Mais la façon dont les vents interagissent avec cette chaleur ou cette énergie dans l'océan joue également un rôle important dans le sort d'une tempête. Les recherches suggèrent qu'avec l'augmentation des températures, il sera plus probable que les tempêtes subissent une intensification rapide, définie comme une augmentation de la vitesse des vents d'ouragan de 35mph (env. 56 km/h) en 24 heures. L'intensification rapide semble déjà être l'une des principales influences du réchauffement de l'océan sur le comportement des ouragans (15).

3.3.2- Altération du monde animal

Les modifications climatiques impactent notre environnement mais également le monde animal. Les changements de température influent directement sur le cycle de vie de certains animaux et peuvent provoquer un cancer de la peau, des troubles de vision et la dégradation du système immunitaire des animaux. Les changements météorologiques conduisent les animaux à changer de lieu de vie. Les animaux pouvant être vecteurs de maladies, leur déplacement provoque l'arrivée de nouvelles maladies pouvant être dangereuses pour les élevages ou l'Homme. Au début des années 2000, un nouveau concept de gestion de la santé est apparu : le concept "One Health". Ce concept vise à prendre en compte les relations entre la santé humaine, animale et l'écosystème en partant du principe qu'une modification d'un de ces trois facteurs aura une influence sur les deux autres. Ce concept a pris de plus en plus d'importance suite à l'épidémie de la COVID-19 qui est une illustration récente d'une zoonose affectant par la suite la santé humaine. Le conseil scientifique COVID-19 a publié un avis le 8 février 2022 encourageant à développer pour les prochaines années une stratégie sanitaire centrée sur le "One Health" (16).

3.3.3- Impact sanitaire

Les changements climatiques évoqués précédemment (altération du monde animal, changement de température, modifications du nombre et de la répartition des animaux vecteurs de maladies, etc) ont déjà des impacts identifiés en matière de santé publique. Les vagues de chaleur ou autres phénomènes météorologiques extrêmes, peuvent de manière directe provoquer des décès mais également avoir des effets indirects par l'appauvrissement des réserves alimentaires (8).

a) Impact cardiovasculaire et métabolique

Les changements climatiques, notamment les changements de température, peut affecter la santé cardiovasculaire des individus. Ainsi, une période de chaleur trop intense peut aggraver l'état de santé de personnes atteintes de maladies chroniques, comme les personnes âgées ou les personnes ayant des facteurs de

risque de pathologies cardiovasculaires et occasionner des décès prématurés. Néanmoins, un épisode de froid intense peut aussi induire une augmentation du risque de crise cardiaque via l'action de thermorécepteurs au niveau cutané qui stimulent le système nerveux sympathique et provoque un réflexe de vasoconstriction. Cette vasoconstriction, par la diminution du diamètre des artères, conduit à une augmentation de la pression systolique et diastolique. La présence de polluants atmosphériques est également responsable de problèmes cardiovasculaires. Pour l'OMS, la présence de polluants gazeux et particulaires est considérée comme un facteur de risque important vis-à-vis de la survenue d'accidents vasculaires cérébraux (AVC) ou de crises cardiaques. A ce jour, plus de 2,3 milliards d'individus sont exposés à travers le monde à des niveaux de PM 2.5 supérieurs à la valeur recommandée par l'OMS (10 µg/m³). Au niveau Européen, plus de 250 millions d'individus ont été exposés à des niveaux supérieurs en 2010. Si la réglementation actuelle était entièrement respectée, ce nombre pourrait chuter de moitié en 2030, évitant ainsi 109 000 décès par an pour causes cardiovasculaires (17).

Obésité : L'obésité est une maladie chronique définie par un excès de graisse dans le corps avec un indice de masse corporelle (IMC) supérieur à 30. Ce dernier est un rapport obtenu en divisant la masse du patient en kilogramme par sa taille en centimètre au carré. Elle affecte le patient d'un point de vue physique, psychologique et social. Cette pathologie est multifactorielle. Elle dépend notamment, sans toutefois s'y limiter, de l'activité physique et de l'alimentation du patient. Elle est principalement retrouvée dans les pays industrialisés où l'alimentation est particulièrement riche. Cette maladie progresse en France avec, en 2020, 17% des adultes touchés (soit plus de 8 500 000 cas) contre seulement 8,5 % en 1997. Cette forte augmentation est également observée au niveau mondial avec, en 1980, 30% des hommes et 29% des femmes touchés contre respectivement 38% et 37% en 2012 (8).

L'obésité est corrélée positivement à une augmentation du risque de développer différentes pathologies dont : le diabète de type 2 ; certains cancers : sein, endomètre, utérus, pancréas, colo-rectal, vésicule biliaire, foie, rein, prostate ; des problèmes cardiovasculaires : hypertension artérielle, cholestérol et triglycérides élevés augmentant significativement le risque d'infarctus et d'accident vasculaire cérébral, angine de poitrine, insuffisance cardiaque ...

b) Impact respiratoire

Les vagues de chaleur peuvent avoir des conséquences directes sur la santé respiratoire. La chaleur ainsi que l'humidité ambiante dans l'atmosphère sont à l'origine de difficultés respiratoires chez une personne asthmatique ou atteinte d'une maladie pulmonaire obstructive chronique. Les feux de forêt peuvent également avoir une conséquence directe sur l'appareil respiratoire du fait de leur émission de substances toxiques dans l'atmosphère. Dans les pays industrialisés, les personnes vivant en ville sont plus susceptibles de développer des pathologies respiratoires allergiques que celles vivant à la campagne. La modification de la saison pollinique a une influence sur la saisonnalité de ces allergies. En effet, les températures chaudes favorisent la distribution des pollens, modifient les zones d'exposition à des pollens et élargissent la durée des expositions (8).

Les inondations peuvent aussi être indirectement responsables d'asthme ou de certaines infections respiratoires en augmentant le taux d'humidité et des moisissures dans l'air intérieur des habitations. Tous ces phénomènes permettent d'illustrer l'importance de la qualité de l'air sur les fonctions respiratoires.

c) Impact infectieux

Les changements climatiques entraînent une perturbation globale de l'écosystème dont une des conséquences est la diffusion d'espèces invasives pouvant transmettre différentes maladies. Ces changements ont poussé les scientifiques à prévoir de plus en plus d'épidémies similaires à celle de la COVID-19 dans le futur. C'est par exemple peut être déjà le cas avec la variole du singe qui a été

définie en niveau d'alerte maximale par l'OMS le 23 juillet 2022. Les maladies infectieuses dépendent principalement de trois facteurs :

- Un pathogène
- Un hôte ou un vecteur
- Transmission environnementale (8).

Afin que la maladie se diffuse au plus grand nombre, des conditions climatiques appropriées sont nécessaires pour le pathogène, le vecteur et l'hôte. De cette façon, si les modifications climatiques actuelles tendent à rendre l'environnement favorable pour l'un de ces trois facteurs, cela participera in fine à la diffusion de la maladie.

METHODOLOGIE

IV. METHODOLOGIE

1. Stratégie de recherche bibliographique :

Il s'agissait d'une revue de la littérature sur l'impact du réchauffement climatique. Une recherche de références a été effectuée dans les banques de données en ligne suivantes couramment utilisées :

Pub Med : est le principal moteur de recherche de données bibliographiques de l'ensemble des domaines de spécialisation de la biologie et de la médecine. Pub Med est gratuit et donne accès à la base de données bibliographique MEDLINE, rassemblant des citations et des résumés d'articles de recherche biomédicale.

Google Scholar : est un outil de recherche multidisciplinaire proposé par Google et mis en œuvre avec la collaboration de nombreuses universités. Il donne accès à des travaux scientifiques dans toutes les disciplines : articles approuvés ou non par des comités de lecture, thèses de doctorat, livres scientifiques ou des citations.

2. Type et période d'étude :

Il s'agissait d'une revue de la littérature dans les 10 dernières années allant de 2013 à 2023 pour décrire l'impact du réchauffement climatique sur l'homme, la faune et la flore.

3. Critères de sélection :

a) Critères d'inclusion :

Ont été inclus dans notre étude :

- Les articles traitants les impacts du changement climatique sur l'homme ;
- Les articles traitants les impacts du changement climatique sur la faune ;
- Les articles traitants les impacts du changement climatique sur la flore.

b) Critères de non inclusion :

N'ont pas été inclus :

- Les articles inaccessibles dans leur version complète.
- Les articles publiés avant janvier 2013 et après décembre 2023.

Les articles sélectionnés ont été (titre et résumé) passés en revue. Dans un premier temps, les titres et résumés des articles retrouvés grâce à la stratégie de recherche ont été passés en revue. Les articles qui ne répondaient pas aux critères d'inclusion ont été écartés dès ce stade. Les données recueillies après lecture complète ont subi une analyse après mise en œuvre des critères d'inclusions.

Pour chaque article nous avons extrait les informations suivantes :

- Titre
- Année
- Auteur
- Pays
- Site de publication
- Type de publication.
- Type d'impact du changement climatique

4. Saisie et analyse des données :

Les données ont été saisies et analysées sur le logiciel SPSS version 26.0. La rédaction a été faite à l'aide du logiciel Microsoft office 2016. La bibliographie a été faite à l'aide du logiciel Zotero.

RESULTATS

V. RESULTATS

Au cours de notre étude, nous avons trouvé 34 articles et thèses dont 13 répondaient à nos critères d'inclusion soit une fréquence de 38,24% (13/34).

5.1. Données générales sur les publications

Tableau I : Répartition des ouvrages selon le titre des ouvrages

Titre	Fréquence	Pourcentage	Références
Changement climatique : causes, conséquences, solutions et implications en matière de santé publique	1	7,7	(18)
Changement climatique, impacts humains et écosystèmes côtiers dans l'Anthropocène	1	7,7	(19)
Epicea : étude des impacts du changement climatique à Paris	1	7,7	(20)
Impacts du changement climatique sur la santé dans les communautés autochtones isolées d'Australie	1	7,7	(21)
Impacts du réchauffement climatique sur les communautés microbiennes marines	1	7,7	(22)
L'impact d'un réchauffement climatique de 1,5 °C et 2,0 °C sur la production et le commerce mondiale	1	7,7	(23)
L'impact environnemental du changement climatique, une corrélation avec le cycle hydrologique et la concentration de la pollution dans la région Litani	1	7,7	(3)
La mer Méditerranée, une impasse pour les poissons endémiques face au changement climatique	1	7,7	(24)
Le changement climatique et son impact sur la biodiversité et le bien-être humain	1	7,7	(1)
Le rôle de la physiologie mécaniste dans l'étude des impacts du réchauffement climatique sur les poissons	1	7,7	(25)
Les effets psychologiques du changement climatique sur les enfants	1	7,7	(26)
Réchauffement climatique, changement climatique et pollution de l'environnement : recette pour une combinaison de stress multifactoriel et un désastre	1	7,7	(27)
Vulnérabilité globale des mammifères marins au réchauffement climatique	1	7,7	(28)
Total	13	100,0	

Tableau II : Répartition des ouvrages selon le type de publication

Type de publication	Fréquence	Pourcentage
Articles	12	92,3
Thèse	1	7,7
Total	13	100,0

Les articles sont les plus représentés soit 92,3%.

Tableau III : Répartition des ouvrages selon le nom des auteurs

Auteurs	Fréquence	Pourcentage
Abirami B et al (22)	1	7,7
Albouy C et al (24,28)	2	15,4
Burke S.E.L et al (26)	1	7,7
Hayek A (3)	1	7,7
Koukoku-Arnaud R et al (20)	1	7,7
Lansbury Hall S et al (21)	1	7,7
Lefevre S et al (25)	1	7,7
Li K et al (23)	1	7,7
Nikendei C et al (18)	1	7,7
Qiang H et al (19)	1	7,7
Shivanna KR (1)	1	7,7
Zandalinas SL et al (27)	1	7,7
Total	13	100,0

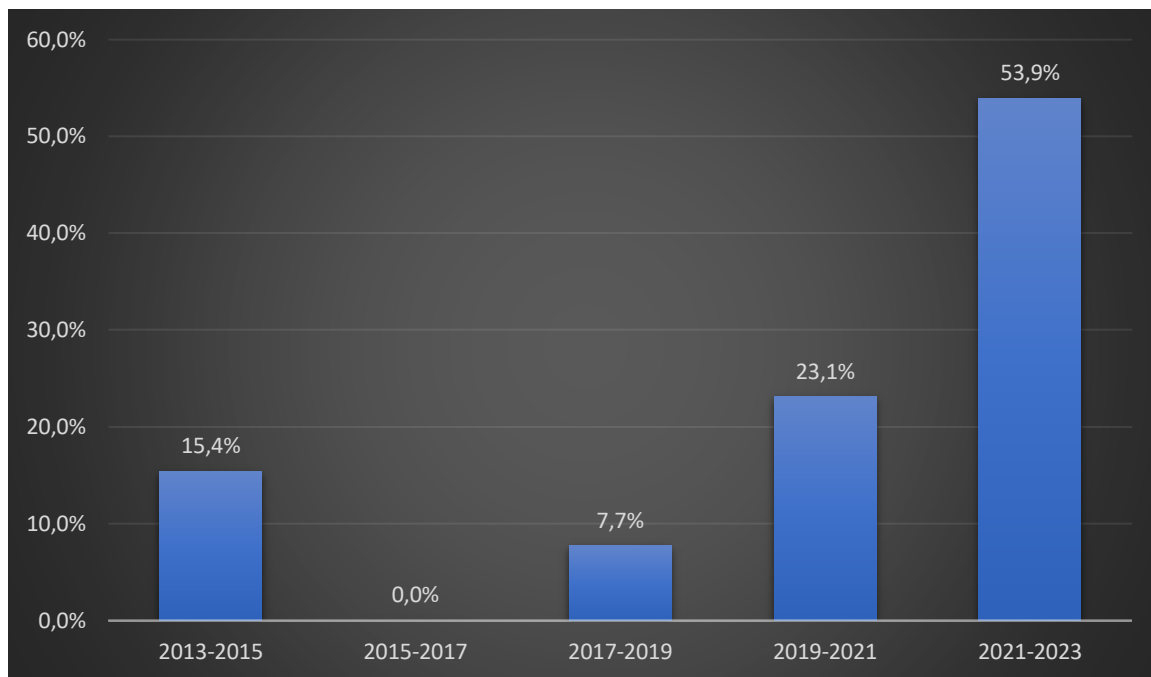


Figure 3 : Répartition des ouvrages selon la date de publication

La majorité de nos ouvrages sont publiés entre 2021 et 2023 soit 53,9%.

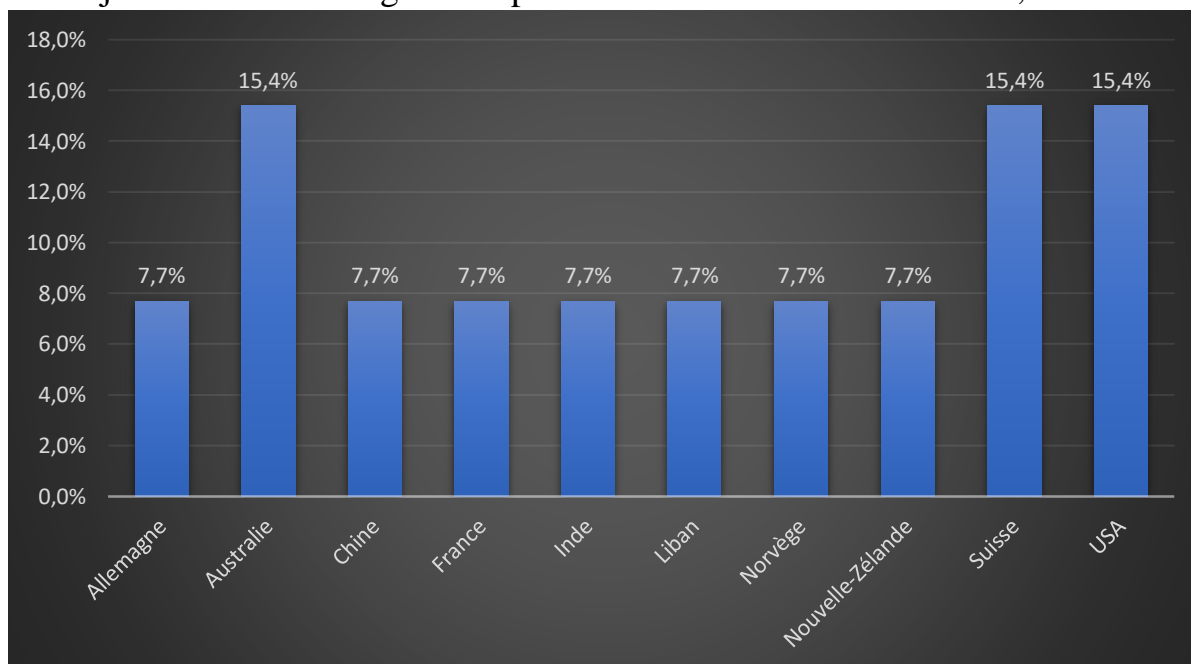


Figure 4 : Répartition des ouvrages selon le pays

L'Australie, la Suisse et les USA sont les pays les plus représentés soit 15,4% chacun.

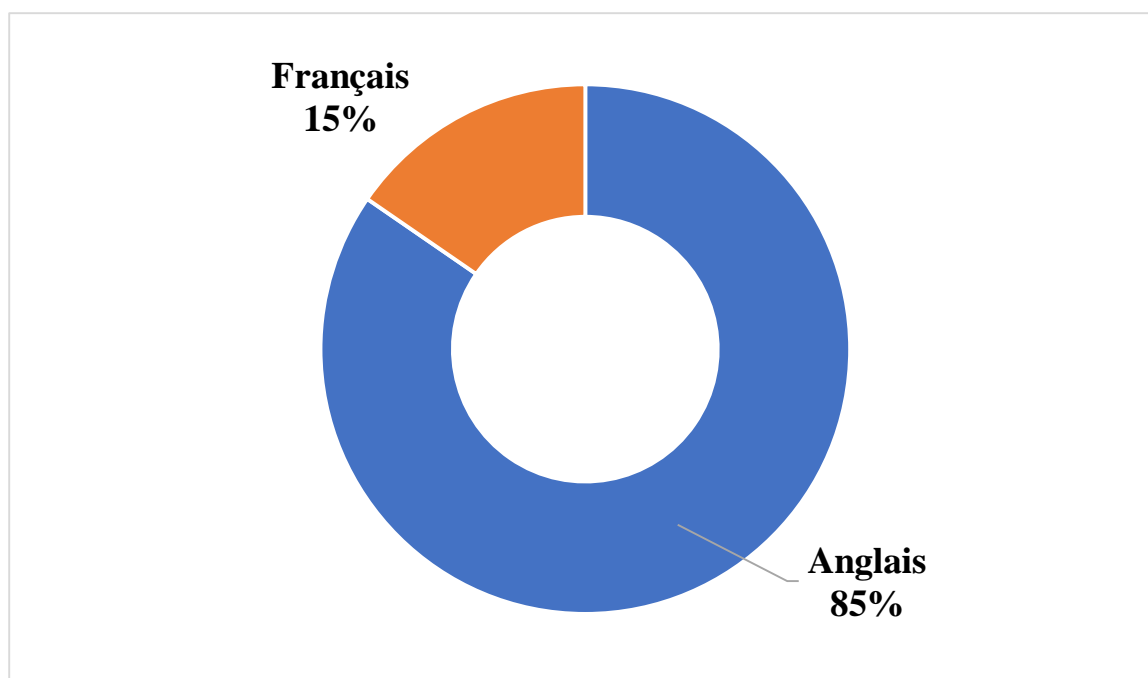


Figure 5 : Répartition des ouvrages selon la langue de publication

Nos ouvrages étaient publiés en anglais dans 85% des cas.

Tableau IV : Répartition des ouvrages selon la biocénose concernée

Biocénose	Fréquence	Pourcentage	Références
Homme	7	53,8	(1,3,18–21,26)
Faune	4	30,8	(22,24,25,28)
Flore	2	15,4	(23,27)
Total	13	100,0	

Plus de la moitié soit 53,8% de nos articles concernaient l'impact du changement climatique sur l'homme.

5.2. Données sur les impacts du changement climatique

Tableau V : Répartition des ouvrages selon les impacts sur l'homme

Impacts sur l'homme	Fréquence (N = 7)	Pourcentage
Problèmes respiratoires	7	100,0
Insuffisance rénale	1	14,3
Aggravation des allergies	6	85,7
Maladies cardiaques et circulatoires	5	71,4
Maladies métaboliques	3	42,9
Infertilité	1	14,3
La santé mentale	2	28,6
Affections dermatologiques	4	57,1
Malnutrition	6	85,7
Décès	5	71,4
Impact économique	2	28,6

Tous nos ouvrages qui concernaient les impacts sur les hommes, ont évoqués les problèmes respiratoires comme principaux impacts du changement climatique. La malnutrition était évoquée dans 85,7% des cas.

Tableau VI : Répartition des impacts du changement climatique sur l'homme selon les causes

Causes des impacts	Impacts sur l'homme	Fréquence
Sécheresse et incendie	Malnutrition	6
	Santé mentale	1
	Affections dermatologiques	2
	Décès	2
Elévation de la température	Maladies cardiaques et circulatoires	4
	Problèmes respiratoires	5
	Maladies métaboliques	2
	Aggravation des allergies	2
	Infertilité	1
Inondation/Pluie abondante	Problèmes respiratoires	6
	Aggravation des allergies	5
	Affections dermatologiques	3
	Santé mentale	1
Perte de la biodiversité	Décès	3
	Malnutrition	2
	Insuffisance rénale	1
	Maladies métaboliques	1
Erosion du sol/ Tremblement de terre	Impact économique	2
	Malnutrition	1
	Santé mentale	1
	Impact économique	2
	Décès	4

Tableau VII : Répartition des impacts du changement climatique sur la faune

Impacts sur la faune	Fréquence (N = 4)	Pourcentage
Disparitions d'espèces	1	25,0
Mortalité massive d'animaux	4	100,0
Migration d'animaux	3	75,0

Parmi nos 4 ouvrages qui concernaient les impacts du changement climatique sur la faune, la totalité a évoqué la mortalité massive des animaux comme principal impact soit 100%. Et les causes citées sont entre autres : sécheresse, incendie, inondation extrême et tempête.

Tableau VIII : Répartition des impacts du changement climatique sur la flore

Impacts sur la flore	Fréquence (N = 2)	Pourcentage
Impact sur la croissance des plantes	1	50,0
Troubles physiologiques (chute de bourgeons, fruits avortés)	1	50,1
Baisse du rendement	1	50,1

Les impacts évoqués par nos ouvrages sur la flore sont : décroissance des plantes, les troubles physiologiques et la baisse du rendement des plantes. Les causes les plus citées sont le stress multifactoriel, la sécheresse et l'élévation de la température.

COMMENTAIRES ET DISCUSSION

VI. COMMENTAIRES ET DISCUSSION

Nous avons mené une étude bibliométrique transversale de type descriptif d'une revue de la littérature dans les 10 dernières années allant de 2013 à 2023 sur l'impact du réchauffement climatique sur l'homme, la faune et la flore. Au cours de cette étude, nous avons trouvé 13 ouvrages répondant à nos critères d'inclusion. Notre étude a eu pour limites dans la recherche documentaire :

- L'inaccessibilité dans leur version complète de certains articles identifiés ;
- Nous n'avons pas pu avoir accès à certaines publications du fait qu'elles étaient payantes.

Mais néanmoins, les résultats trouvés suscitent quelques commentaires et discussion.

Parmi nos 13 ouvrages, un était une thèse et douze étaient des articles. La majorité de nos ouvrages sont publiés entre 2021 et 2023 et en langue anglaise. L'Australie, la Suisse et les USA sont les pays les plus représentés soit 15,4% chacun. Nous n'avons pas trouvé d'ouvrage africain car nos moyens étaient limités, on a eu accès que des ouvrages gratuits faute de ressources. Pourtant selon **Azour J et al.** (29), le changement climatique fait peser de lourdes menaces sur les pays d'Afrique, en particulier sur les pays fragiles et touchés par des conflits. Il est donc important que ces auteurs s'intéressent à ce sujet afin de contribuer à son étude et de proposer des solutions d'adaptation appropriées.

1. Impacts du changement climatique sur l'homme

Le changement climatique fait des ravages sur notre planète, mais il constitue également une menace de plus en plus importante pour la santé. Le changement climatique est ainsi l'une des plus grandes menaces pour la santé humaine (30). La santé humaine est affectée par ces impacts climatiques à travers des impacts directs qui incluent des blessures et des décès dus à des événements extrêmes ; les impacts indirects dus aux changements des systèmes naturels, tels que les impacts sur l'eau, la nourriture et l'air (21).

Au cours de notre étude, tous nos ouvrages qui concernaient les impacts sur les hommes, ont évoqués les problèmes respiratoires comme principaux impacts du changement climatique. La malnutrition était évoquée dans 85,7% des cas.

Concernant les problèmes respiratoires, ils sont engendrés par l'élévation de la température et par les inondations ou pluie abondante.

Selon **Médlicott LC** (30), les problèmes respiratoires lors du changement climatique seraient dû à l'ozone troposphérique, produit lorsque des polluants émis par des sources artificielles comme les voitures ou les usines chimiques réagissent en présence de la lumière du soleil. On a constaté que l'augmentation de l'ozone troposphérique et des microparticules - les minuscules particules solides et liquides flottant dans l'air et produites par des sources naturelles et artificielles - entraîne une diminution de la fonction pulmonaire. Les principaux problèmes respiratoires résultant de la pollution atmosphérique sont : l'asthme, la rhinosinusite, la bronchopneumopathie chronique obstructive et les infections des voies respiratoires.

Concernant la malnutrition, elle est causée par la sécheresse et incendie, la perte de la biodiversité, les érosions et le tremblement de terre.

La modification du régime des précipitations, l'augmentation de la température des océans et les phénomènes météorologiques extrêmes contribuent à une grave malnutrition dans le monde en développement, selon **Médlicott LC** (30). La malnutrition entraîne diverses complications sanitaires : maladies cardiaques, cancers, diabète et troubles de la croissance.

La santé physique n'est pas la seule à être touchée par le changement climatique. Dans notre étude, 28,6% des articles ont évoqué que le changement climatique a un impact sur la santé mentale. À la suite de catastrophes mondiales comme les incendies de forêt, les inondations ou les ouragans, les problèmes de santé mentale ne font qu'empirer.

Après l'ouragan Katrina en 2005, l'une des pires catastrophes de l'histoire américaine, il a été constaté qu'au moins 90% des 8 000 patients traités à la suite de Katrina souffraient d'anxiété à long terme (30).

Selon **Burke SEL et al.** (26), les effets directs et indirects du changement climatique exposent les enfants à des risques de conséquences sur leur santé mentale, notamment le syndrome de stress post-traumatique (SSPT), la dépression, l'anxiété, les phobies, les troubles du sommeil, les troubles de l'attachement et la toxicomanie. Ceux-ci peuvent à leur tour entraîner des problèmes de régulation des émotions, de cognition, d'apprentissage, de comportement, de développement du langage et de performances scolaires.

L'augmentation des températures et la variation accélérée ou amplifiée du climat à court terme favorisent une variété d'événements météorologiques extrêmes, notamment des vagues de chaleur, des tornades, de fortes précipitations, des ouragans et des inondations. Chacune de ces conséquences exacerbe ou augmente le risque d'affection dermatologique (7) comme le mélanome . Ainsi dans notre étude, 57,1% des ouvrages ont cités les affections dermatologiques comme l'un des impacts du changement climatique sur l'homme.

Les changements climatiques entraînent de graves conséquences pour les sociétés humaines : comme l'explique le GIEC, *“la survie de l'espèce humaine dépend d'écosystèmes sains et d'une biodiversité riche”* (31).

Les changements climatiques viennent s'ajouter à une série d'autres facteurs (liés à la démographie, le niveau de revenus, les technologies, le mode de vie, le cadre réglementaire...) qui affecteront les différents secteurs d'activité économique. Ils affecteront différemment les sources d'énergie et les technologies, en fonction des ressources (débit d'eau, vent, ensoleillement), des procédés technologiques ou encore des localisations (régions côtières, plaines inondables) (32).

L'estimation des impacts économiques mondiaux des changements climatiques est délicate à réaliser ; les estimations disponibles varient en fonction des secteurs

économiques pris en compte. Ces estimations incomplètes indiquent des pertes économiques mondiales entre 0,2 et 2,0% du revenu pour un réchauffement de 2°C. Ces pertes augmentent avec l'augmentation du réchauffement (32).

2. Impacts du changement climatique sur la faune

Le changement climatique a plusieurs effets sur la biodiversité. **Maxwell et coll** ont examiné 519 études sur les réponses écologiques aux événements climatiques extrêmes (cyclones, sécheresses, inondations, vagues de froid et vagues de chaleur) entre 1941 et 2015 couvrant les amphibiens, oiseaux, poissons, invertébrés, mammifères, reptiles et plantes. Des réponses écologiques négatives ont été signalées pour 57% de tous les groupes documentés, y compris 31 cas de disparitions locales et 25% de déclin de la population (33).

L'augmentation de la température a un impact sur deux aspects de la croissance et du développement des animaux. L'un d'eux est un changement dans la répartition des espèces et l'autre est le changement dans les événements phénologiques (1).

Parmi nos 4 ouvrages qui concernaient les impacts du changement climatique sur la faune, la totalité a évoqué la mortalité massive des animaux comme principal impact soit 100%, notamment dus aux événements météorologiques extrêmes (incendies, sécheresses, inondations...). Selon le **réseau action climat France**, une vague de chaleur en Australie en 2018 a entraîné la mort de plus de 23 000 chauves-souris en seulement deux jours (34).

Le changement climatique accentue le risque de disparitions d'espèces, voire cause directement des extinctions. C'est le cas pour le crapaud doré, disparu dans les années 1990 à la suite d'inondations extrêmes au Costa Rica, ou encore du melomys de Bramble Cay, un rongeur d'Océanie disparu en raison de l'élévation du niveau de la mer et des tempêtes (34). Dans notre étude, la disparition d'espèce a été citée comme impact du changement climatique sur la faune dans 75% de nos ouvrages.

Parmi les espèces marines, les coraux sont les groupes les plus touchés en raison de l'augmentation de la température et de l'acidité des océans. Les coraux vivent

en symbiose avec les algues qui fournissent de la couleur et de la photosynthèse aux coraux. Les coraux sont extrêmement sensibles à la chaleur et à l'acidité ; même une augmentation de 2 à 3°F de l'eau de mer au-dessus de la normale entraîne l'expulsion des algues symbiotiques de leurs tissus, conduisant à leur blanchiment (1). Selon l'UNESCO, les récifs coralliens des 29 sites du patrimoine mondial contenant des récifs cesseraient d'exister en tant qu'écosystèmes fonctionnels d'ici la fin de ce siècle si les émissions de gaz à effet de serre continuent d'être émises au rythme actuel (28).

La fonte des glaces dans la région arctique due au réchauffement climatique menace la survie des animaux indigènes tels que l'ours polaire, le renard arctique et le loup arctique. L'élévation du niveau de la mer entraîne également l'extinction d'un grand nombre d'espèces végétales et animales menacées et endémiques dans les zones côtières et les îles submergées (19).

3. Impacts du changement climatique sur la flore

De nombreuses études ont indiqué que le changement climatique entraîne des pertes croissantes de productivité agricole (35). Les modèles de perte de rendement globale pour le blé, le maïs et le riz indiquent une augmentation des pertes de rendement de 10 à 25 % par degré Celsius de réchauffement (36).

Li K et al.(23) ont montré que le risque de réduction du rendement du maïs dans le scénario de 2,0 °C était beaucoup plus grave que dans le scénario de 1,5 °C ; les ratios de variation du rendement étaient séparément de 0,18 % et de - 10,8 % dans les scénarios de 1,5 °C et 2,0 °C. La tendance à la réduction de la production totale de maïs est évidente.

Outre le rendement des cultures, le changement climatique entraînerait une diminution de la valeur nutritionnelle des céréales alimentaires. Par exemple, l'augmentation de la concentration atmosphérique de CO₂ réduit les quantités de protéines, de minéraux et de vitamines dans le riz (37). Pour certaines espèces, telles que l'abricotier, les hivers doux peuvent même créer des troubles physiologiques (chute de bourgeons, fruits avortés) (27).

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

VII. CONCLUSION

Le changement climatique est désormais devenu la menace mondiale qui pèse le plus rapidement sur le bien-être humain. Au cours de cette revue de la littérature, nous avons discuté des principaux impacts du changement climatique, tels que l'augmentation des températures, les événements météorologiques extrêmes et la montée du niveau de la mer. Nous avons également examiné les principales causes du changement climatique, notamment les émissions de gaz à effet de serre provenant des activités humaines telles que la combustion des combustibles fossiles et la déforestation. Il est donc crucial que les gouvernements, les entreprises et les individus travaillent ensemble pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, développer des sources d'énergie renouvelable et adopter des pratiques durables. En prenant des mesures dès maintenant, nous pouvons espérer atténuer les effets du changement climatique et préserver notre planète pour les générations futures.

VIII. RECOMMANDATIONS

En plus des bienfaits pour la biodiversité elle-même, certaines mesures présentent des bénéfices pour limiter les impacts du changement climatique :

- ✓ Dans les villes, créer des parcs, des mares, végétaliser les rues, les toits, les murs afin de réduire l'effet des vagues de chaleur ;
- ✓ Développer l'agroécologie (dont l'agriculture biologique) pour diversifier les récoltes et le bétail, mais aussi améliorer la santé des sols, ce qui permet une meilleure résilience aux événements extrêmes (sécheresses, inondations...).
- ✓ Réduire les risques d'inondations autour des rivières en protégeant les zones humides, en restaurant les cours naturels des rivières.

REFERENCES

IX. REFERENCES :

1. Shivanna KR. Climate change and its impact on biodiversity and human welfare. Proc Indian Natl Sci Acad Part Phys Sci. 2022;88(2):160-71.
2. Donnelly WH. ENERGY: Production, consumption and consequences : ed John Helm National Academy Press, Washington, DC, 1990, 296 pp, \$35. Energy Policy. 1992;20(3):273-4.
3. Hayek A. L'impact environnemental du changement climatique, une corrélation avec le cycle hydrologique et la concentration de la pollution dans la région Litani [Thèse de médecine]. [Liban]: L'Université Libanaise et L'Université Paris-Est Créteil (Cotutelle); 2021.
4. U.S. Energy Information Administration. International Energy Outlook 2013. DOE/EIA; 2013.
5. Amegah AK, Rezza G, Jaakkola JJK. Temperature-related morbidity and mortality in Sub-Saharan Africa: A systematic review of the empirical evidence. Environ Int. mai 2016;91:133-49.
6. Coates SJ, Enbiale W, Davis MDP, Andersen LK. The effects of climate change on human health in Africa, a dermatologic perspective: a report from the International Society of Dermatology Climate Change Committee. Int J Dermatol. mars 2020;59(3):265-78.
7. Fathy R, Rosenbach M. Climate Change and Inpatient Dermatology. Curr Dermatol Rep. 2020;9(4):201-9.
8. Bouguelmouna T. Le changement climatique et ses impacts en termes de santé publique [Thèse de pharmacie]. [France]: Université de Bordeaux; 2022.
9. Watts N, Adger WN, Agnolucci P, Blackstock J, Byass P, Cai W, et al. Health and climate change: policy responses to protect public health. Lancet Lond Engl. 7 nov 2015;386(10006):1861-914.
10. Nations Unies. Protocole de Kyoto à la convention-cadre des nations unies sur les changements climatiques. FCCC/INFORMAL/83; 1998.
11. Tian H, Xu R, Canadell JG, Thompson RL, Winiwarter W, Suntharalingam P, et al. A comprehensive quantification of global nitrous oxide sources and sinks. Nature. oct 2020;586(7828):248-56.
12. Article L220-2 - Code de l'environnement - Légifrance [Internet]. 2010 [cité 17 déc 2023]. Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000022494826
13. IMBIE team. Mass balance of the Antarctic Ice Sheet from 1992 to 2017. Nature. juin 2018;558(7709):219-22.
14. Drought [Internet]. [cité 17 déc 2023]. Disponible sur: <https://www.who.int/health-topics/drought>

15. Office fédéral de météorologie et de climatologie. Ouragans et changement de climat. MétéoSuisse [Internet]. 2022 [cité 2 janv 2024]. Disponible sur: <https://www.meteosuisse.admin.ch/portrait/meteosuisse-blog/fr/2022/9/ouragans-et-changement-de-climat.html>
16. Saboul F. Stratégie « ONE HEALTH ». La santé publique et ses utopies. *Commun Organ.* 2023;63(1):157-71.
17. *achia_brochure-fr.pdf* [Internet]. [cité 17 déc 2023]. Disponible sur: https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/achia_brochure-fr.pdf
18. Nikendei C, Bugaj TJ, Nikendei F, Kühl SJ, Kühl M. Climate change: Causes, consequences, solutions and public health care implications. *Z Evidenz Fortbild Qual Im Gesundheitswesen.* nov 2020;156-157:59-67.
19. Qiang H, Silliman BR. Climate Change, Human Impacts, and Coastal Ecosystems in the Anthropocene. *Curr Biol CB.* 7 oct 2019;29(19):R1021-35.
20. Kounkou-Arnaud R, Desplat J, Lemonsu A, Salagnac JL. Epicea : étude des impacts du changement climatique à Paris. *La Météorologie.* 2014;(84):42-8.
21. Lansbury Hall N, Crosby L. Climate Change Impacts on Health in Remote Indigenous Communities in Australia. *Int J Environ Health Res.* mars 2022;32(3):487-502.
22. Abirami B, Radhakrishnan M, Kumaran S, Wilson A. Impacts of global warming on marine microbial communities. *Sci Total Environ.* 15 oct 2021;791:147905.
23. Li K, Pan J, Xiong W, Xie W, Ali T. The impact of 1.5 °C and 2.0 °C global warming on global maize production and trade. *Sci Rep.* 14 oct 2022;12(1):17268.
24. Albouy C, Ben Rais Lasram F, Guilhaumon F, Somot S, Thuiller W, Mouillot D. The Mediterranean Sea as a 'cul-de-sac' for endemic fishes facing climate change. *Glob Change Biol.* 2013;16(12):3233-45.
25. Lefevre S, Wang T, McKenzie DJ. The role of mechanistic physiology in investigating impacts of global warming on fishes. *J Exp Biol.* 24 févr 2021;224(Pt Suppl 1):jeb238840.
26. Burke SEL, Sanson AV, Van Hoorn J. The Psychological Effects of Climate Change on Children. *Curr Psychiatry Rep.* 11 avr 2018;20(5):35.
27. Zandalinas SI, Fritschi FB, Mittler R. Global Warming, Climate Change, and Environmental Pollution: Recipe for a Multifactorial Stress Combination Disaster. *Trends Plant Sci.* juin 2021;26(6):588-99.
28. Albouy C, Delattre V, Donati G, Frölicher TL, Albouy-Boyer S, Rufino M, et al. Global vulnerability of marine mammals to global warming. *Sci Rep.* 17 janv 2020;10(1):548.

- 29.** Azour J, Selassie A. IMF. 2023 [cité 19 déc 2023]. Changement climatique : les pays fragiles d'Afrique payent le plus lourd tribut. Disponible sur: <https://www.imf.org/fr/Blogs/Articles/2023/08/30/africas-fragile-states-are-greatest-climate-change-casualties>
- 30.** Medlicott LC. euronews. 2022 [cité 19 déc 2023]. Quel est l'impact du changement climatique sur le corps humain ? Disponible sur: <https://fr.euronews.com/green/2022/07/18/quel-est-limpact-du-changement-climatique-sur-le-corps-humain>
- 31.** Environment UN. UNEP - UN Environment Programme. 2022 [cité 19 déc 2023]. Sixième rapport d'évaluation du GIEC : changement climatique 2022. Disponible sur: <http://www.unep.org/fr/resources/rapport/sixieme-rapport-devaluation-du-giec-changement-climatique-2022>
- 32.** Le site fédéral belge pour une information fiable sur les changements climatiques. Klimaat | Climat. [cité 19 déc 2023]. Les conséquences économiques du changement climatique. Disponible sur: <https://climat.be/changements-climatiques/consequences/economie>
- 33.** Maxwell SL, Butt N, Maron M, McAlpine CA, Chapman S, Ullmann A, et al. Conservation implications of ecological responses to extreme weather and climate events. *Divers Distrib*. 2019;25(4):613-25.
- 34.** Réseau Action Climat France. Réseau Action Climat. 2022 [cité 19 déc 2023]. Biodiversité et climat : même combat. Disponible sur: <https://reseauactionclimat.org/biodiversite-et-climat-meme-combat/>
- 35.** Zhu T, Fonseca De Lima CF, De Smet I. The heat is on: how crop growth, development, and yield respond to high temperature. *J Exp Bot*. 20 nov 2021;72(21):7359-73.
- 36.** Deutsch CA, Tewksbury JJ, Tigchelaar M, Battisti DS, Merrill SC, Huey RB, et al. Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science*. 31 août 2018;361(6405):916-9.
- 37.** Zhu C, Kobayashi K, Loladze I, Zhu J, Jiang Q, Xu X, et al. Carbon dioxide (CO₂) levels this century will alter the protein, micronutrients, and vitamin content of rice grains with potential health consequences for the poorest rice-dependent countries. *Sci Adv*. 23 mai 2018;4(5):eaq1012.

ANNEXES

X. ANNEXES

• FICHE SIGNALETIQUE

Nom : KEITA

Prénom : Zoumana

Titre de la thèse : L'impact du réchauffement climatique sur l'homme, la faune et la flore dans les 10 dernières années : Revue de la littérature

Centre d'intérêt : Santé publique/Santé environnementale/Epidémiologie

Année universitaire : 2022-2023

Lieu de dépôt : Bibliothèque de la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie.

Résumé :

Le réchauffement climatique fait référence aux changements à long terme des températures et des conditions météorologiques locales, mondiales ou régionales dus aux activités humaines. Il serait donc important de mener une revue de la littérature afin d'attirer l'attention des acteurs de santé publique sur l'impact du réchauffement climatique sur l'homme, la faune et la flore ; d'où l'intérêt de notre étude. Il s'agissait d'une revue de la littérature dans les 10 dernières années allant de 2013 à 2023. Au cours de notre étude, nous avons trouvé 34 articles et thèses dont 13 répondaient à nos critères d'inclusion soit une fréquence de 38,24% (13/34). Les articles sont les plus représentés soit 92,3%. La majorité de nos ouvrages sont publiés entre 2021 et 2023 soit 53,9%. L'Australie, la Suisse et les USA sont les pays les plus représentés soit 15,4% chacun. Nos ouvrages étaient publiés en anglais dans 85% des cas. Plus de la moitié soit 53,8% de nos articles concernaient l'impact du changement climatique sur l'homme. Tous nos ouvrages qui concernaient les impacts sur les hommes, ont évoqués les problèmes respiratoires comme principaux impacts du changement climatique. La malnutrition était évoquée dans 85,7% des cas. Parmi nos 4 ouvrages qui concernaient les impacts du changement climatique sur la faune, la totalité a évoqué la mortalité massive des animaux comme principal impact soit 100%. Et les causes citées sont entre autres : sécheresse, incendie, inondation extrême et tempête. Les impacts évoqués par nos ouvrages sur la flore sont : décroissance des plantes, les troubles physiologiques et la baisse du rendement des plantes. Les causes les plus citées sont le stress multifactoriel, la sécheresse et l'élévation de la température.

Mots clés : Réchauffement climatique, faune, flore

DATA SHEET

Last name: KEITA

First name: Zoumana

Title of thesis: L'impact du réchauffement climatique sur l'homme, la faune et la flore dans les 10 dernières années : Revue de la littérature (The impact of climate change on man, fauna and flora over the last 10 years: a review of the literature)

Area of interest: Public health/Environmental health/Epidemiology

Academic year: 2022-2023

Place of deposit: Library of the Faculty of Medicine, Pharmacy and Odontostomatology.

Summary:

Climate change refers to long-term changes in local, global or regional temperatures and weather conditions due to human activities. It would therefore be important to conduct a review of the literature in order to draw the attention of public health actors to the impact of global warming on humans, fauna and flora; hence the interest of our study. This was a review of the literature over the last 10 years, from 2013 to 2023. During our study, we found 34 articles and theses, 13 of which met our inclusion criteria, i.e. a frequency of 38.24% (13/34). Articles are the most represented, at 92.3%. The majority of our works (53.9%) were published between 2021 and 2023. Australia, Switzerland and the USA are the most represented countries (15.4% each). Our books were published in English in 85% of cases. More than half (53.8%) of our articles dealt with the impact of climate change on humans. All our studies on the impact of climate change on humans mentioned respiratory problems as the main impact of climate change. Malnutrition was mentioned in 85.7% of cases. Of our 4 books on the impacts of climate change on wildlife, 100% cited massive animal mortality as the main impact. The causes cited included drought, fire, extreme flooding and storms. The impacts on flora mentioned in our works are: plant decline, physiological disorders and lower plant yields. The most frequently cited causes are multifactorial stress, drought and rising temperatures.

Key words: Climate change, fauna, flora

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'Etre suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

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'honoraire. Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y 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 la 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 mes 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.

Je le jure !