Volume 2 / 2021-2022

"Nous avons imaginé un journal pluridisciplinaire dans lequel des chercheur.e.s pourraient publier leurs articles dans une version « vulgarisée », en accès libre. Ces articles vulgarisés seraient ensuite validés après un travail de relecture de collégien.ne.s, et/ou lycéen.ne.s mis.e.s en contact avec le.la chercheur.e."

journal-decoder.fr

Sommaire

Quelques mots de l'équipe éditoriale (page 4)
Témoignages de Karine Danglot et Sandrine Moja (page 5)
Témoignage de Manuella Van Praët (page 7)

Les articles 2021 & 2022
Les dispositifs de soins au sein de la privation de liberté : Le détenu, un patient comme les autres ? (page 8)
Conception d'une Serre Lunaire – Partie 1 (page 14)
Conception d'une Serre Lunaire – Partie 2 (page 23)
Comment ça se reproduit une plante ? (page 30)
Mesure de la sédentarité chez des collégiens et des lycéens : protocole d'étude (page 33)
The influence of climate change on songbirds in France (page 38)
Impact du changement climatique sur la production de blé pour la plaine Indo-Gangétique en Inde (page 45)
Des huiles essentielles au secours de l'agriculture biologique (page 52)
Monkeys learn from high status individuals! (page 62)
Etude de la qualité de l'eau d'un ruisseau en amont de la rivière Aisne (page 69)
Régénération du chêne en présence de compétiteurs (la molinie ou les chênes adultes) (page 85)
Découverte d'une nouvelle espèce de poisson marin des grandes profondeurs, Polyipnus laruei (page 97)

Risque d’un réchauffement climatique plus important à court terme induit par la variabilité multi-centennale de la circulation océanique (page 107)
Chagrin d'amour chez les poissons (page 118)
Les mésanges, un langage familier : Les mésanges d’espèces et lieux différents peuvent-elles communiquer entre elles ? (page 125)
Changement climatique : mécanismes, impacts et solutions (page 130)
Comment conseillers et agriculteurs contribuent au développement d’un modèle d’aide à la décision pour la gestion agro-écologique de la flore adventice ? (page 147)
L’histoire de la propagation des renouées du Japon en France (page 150)
Nature and relationships of Sahelanthropus tchadensis (page 156)

Les posters

Estimation des flux de plastiques transitant en Seine : quelles méthodes pour quels résultats ? (page 174)
Les transferts d’azote souterrain : le chêne facilite la croissance de la molinie (Page 175)

Ce deuxième volume DECODER dont vous entamez la lecture a une forte consonance biologique. En effet, nous avons en 2021-2022 tissé une collaboration étroite avec l'académie d'Amiens dans le cadre de l'année de la biologie. De fait, un nombre conséquent de chercheur·se·s ont collaboré avec des enseignant·e·s de cette académie, contribuant fortement à ce 2ème volume, bien plus riche en nombre d'articles que le précédent. Encore une fois, l'engagement des enseignant·e·s, des chercheur·se·s et des élèves a été total, quelle que soit l'origine géographique des classes, et participe à la qualité scientifique de ce volume.

Toutefois, si le nombre de sollicitations des enseignant·e·s a été conséquent, entraînant une recherche accrue de chercheur·se·s afin de répondre à cette demande, ceci est extrêmement gratifiant pour DECODER, d'autant que cela a permis de publier et de rendre accessible au grand public 19 articles et 2 posters. Cette interaction avec les services de l'inspection académique a grandement facilité la visibilité de DECODER auprès des enseignant·e·s tout en apportant une fiabilité à notre démarche. Nous espérons avoir été à la hauteur des attentes. Cette démarche nous semble pertinente à la fois pour le journal, pour les enseignant·e·s et pour l'association pour catalyser les interactions, reprenant ainsi un terme biologique. In fine, c'est la médiation scientifique qui se trouve alors améliorée.

A ce titre, nous avons proposé à l'inspectrice de l'académie d'Amiens, une enseignante et une chercheuse ayant travaillé ensemble (Des huiles essentielles au secours de l'agriculture biologique), de partager leur ressenti sur cette collaboration dans les éditos suivants. Nous vous en conseillons vivement la lecture.

Enfin, cette année très prolifique en articles nous a aussi permis d'organiser une enquête auprès des chercheur·se·s et enseignant·e·s ayant participé en 2021-2022. Si les résultats ont montré une satisfaction globale, des points d'amélioration ont été signalés auxquels nous tenterons de répondre. Ceux-ci nous ont également permis de les prendre en compte, et de les partager en les extrapolant aux projets de science participatives, à l'ensemble de la communauté scientifique, dans un nouvel article de revue que nous avons publié (en anglais) dans Quantitative Plant Biology ce mois d'Octobre. Cet article met en lumière l'impact positif qu'apportent les sciences participatives bien au-delà du projet initial mais aussi des contraintes diverses des différents acteurs (dont les classes) pour mener à bien ce type de projet. Celui-ci est en libre accès sur ce lien : https://doi.org/10.1017/qpb.2022.16.
Encore un immense merci à tous les participant·e·s à ce volume et à toutes celles et ceux qui s'engagent pour la médiation scientifique !

L'équipe DECODER

Dans cet édito nous avons pris le parti du témoignage à deux voix afin de mettre en lumière notre ressenti sur un travail collaboratif entre le secondaire et la recherche universitaire. A l'initiative du projet une professeure de SVT, Karine Danglot, qui engage sa classe de seconde dans un challenge en lien avec l'année de la biologie. Son idée, mener des expériences scientifiques sur le rôle des huiles essentielles des plantes. Les scientifiques en herbe devront alors poser une hypothèse, expérimenter, se questionner mais encore valoriser leurs résultats par un article dans le journal Décoder. Tout au long de leurs travaux, leurs professeurs de SVT et de physique chimie les forment et les épaulent. Afin que la démarche de publication scientifique soit supervisée par un chercheur, Antoine Vernay, pour Décoder, contacte le Laboratoire BVpam de l'université de Saint-Etienne. Ce laboratoire, membre de l'Institut écologie et environnement du CNRS est spécialisé dans l'étude des parfums produits par les plantes. Une enseignante-chercheuse du LBVpam qui travaille sur les huiles essentielles, Sandrine Moja, intriguée mais séduite par l'idée, rejoint le projet.

Témoignage de Karine Danglot - Lycée Calvin de Noyon

Dans le cadre de l'année de la biologie, j'ai souhaité travailler avec mes élèves de seconde générale, du Lycée Jean Calvin de Noyon, sur les huiles essentielles. Ils ont dû par rapport à la problématique dégagée ensemble, proposer une hypothèse et un protocole expérimental. Une fois les résultats obtenus, les élèves ont rédigé un article publié dans le journal Décoder. Sandrine Moja est intervenue régulièrement dans la rédaction de l'article.

La partie expérimentale s'est faite en deux temps, les élèves ayant eu des résultats peu probants lors de leur premier protocole. Ils ont dû revoir leur démarche pour obtenir cette fois-ci des résultats exploitables. Ils ont pu ainsi constater que l'obtention de résultats nécessite de se remettre en question et de ne pas rester sur sa première idée.

La partie rédaction a nécessité l'aide de Mme Moja, les élèves n'ayant jamais appris à rédiger un article scientifique mais seulement des comptes rendus de travaux pratiques. J'ai donc relayé régulièrement les conseils prodigués pour obtenir l'article publié.

Les élèves ont pu échanger avec Mme Moja lors d'une visioconférence, au cours de laquelle ils ont pu découvrir le métier de chercheur et un laboratoire universitaire.

En temps qu'enseignante, ce projet m'a permis de :

-Impliquer les élèves dans une démarche scientifique complète

-Montrer la remise en question permanente d'un chercheur

-Montrer l'intérêt de la rigueur scientifique notamment dans la réalisation d'un protocole

-Valoriser tous les élèves, chacun ayant pu développer son point fort.

-Faire découvrir le métier de chercheur, ce qui pourra aboutir à des vocations

-Croiser les compétences entre le secondaire et l'universitaire

Témoignage de Sandrine Moja – LBVpam UMR 5079

Le projet de la classe de Karine Danglot a immédiatement retenu mon attention et attisé ma curiosité. J'ai trouvé que l'angle expérimental proposé était un outil de vulgarisation très intéressant. Le travail en groupe et sur un temps long était à mon sens idéal pour appréhender une question biologique et permettre aux élèves de s'approprier la méthodologie scientifique. Notre première rencontre par visioconférence avec Karine et Antoine nous a permis de définir les objectifs et notre feuille de route. Je n'avais pas choisi le thème et par son titre « comment les huiles essentielles fournissent-elles une protection aux plantes ?», le projet me paraissait (en octobre 2021) un énorme défi à relever pour des élèves de seconde. Lorsque j'ai reçu le plan d'expériences, tout avait été réfléchi méthodiquement, les protocoles étaient clairs avec des conditions témoins et des répétitions prévues. La démarche expérimentale validée, ma contribution à ce stade s'est limitée à quelques petites précisions et quelques éléments sur la synthèse des composés odorants produits par les plantes. Pendant que les élèves expérimentaient, j'ai préparé un document didactique afin de guider la mise en forme des résultats sous la forme d'un article scientifique. Trois mois plus tard les résultats étaient là. Bien entendu comme toute expérience sur du matériel biologique, le protocole prévu avait dû être ajusté ! La première version de l'article, déclinée selon les parties spécifiques d'un article était un très bon compte rendu de TP bien illustré. Nous avons échangé avec Karine qui relayait auprès des groupes mes corrections et instructions. Notre collaboration s'est terminée par un échange avec les élèves en visioconférence pour présenter le laboratoire BVpam et ses activités de recherche. L'article « des huiles essentielles au secours de l'agriculture biologique » est le fruit d'une collaboration riche d'expériences pour nous tous. Je reste admirative du travail qui a été réalisé par la classe. J'ai apprécié cette collaboration bien évidemment pour le sujet mais surtout pour ses différentes finalités. En effet, faire réaliser concrètement de la science à des jeunes en prenant le temps et en voir les résultats est très motivant. D'autre part, pouvoir partager cette expérience par Décoder auprès d'un plus grand nombre donne l'opportunité de communiquer autour d'une thématique de recherche fondamentale. Cela donne aussi l'espoir de stimuler les rencontres et projets futurs d'autres scientifiques du secondaire et du supérieur.

A l'issu de ce travail, nos élèves ont été Lauréats du concours académique de l'année de la biologie pour le département de l'Oise.

Nous remercions le Journal Decoder et en particulier Antoine Vernay pour sa disponibilité tout au long de ce projet.

Karine Danglot, professeur de SVT au Lycée Jean Calvin de Noyon
Sandrine Moja, enseignante chercheuse, Univ Lyon, UJM-Saint-Etienne

Afin de créer une dynamique en lien avec l'année de la biologie dans notre académie (année scolaire 2021-2022), nous cherchions des partenaires pour permettre aux enseignants de faire entrer la recherche dans leur classe, et nous avons découvert l'association Décoder. De nombreux enseignants de l'académie s'en sont emparés afin de faire travailler leurs élèves sur une publication scientifique en français ou encore en anglais en lien avec le scientifique, auteur de l'article. Cette expérience a été très enrichissante pour les élèves qui ont collaboré avec leur chercheur, tant dans l'appréhension de ce qu'est le métier, que dans la compréhension de comment se construit la science, tout en se confrontant à la difficulté de comprendre une publication à destination de la communauté scientifique avec de nombreux mots spécifiques leur étant inconnus. Ce travail a été un véritable challenge pour les élèves et leur professeur qui n'ont pas baissé les bras et qui ont relevé le défi grâce à l'attention portée par les membres de l'association Décoder. De nombreux articles vulgarisés ont abouti et les élèves les ont présentés en mai-juin lors de trois colloques départementaux à une assemblée d'autres élèves, très fiers de leur travail accompli. L'accompagnement de nos élèves par les chercheurs de l'association Décoder a été d'une grande qualité. Disponibles et investis, ils ont partagé leur passion auprès des plus jeunes afin de faire naître peut-être de futures ambitions scientifiques.

Manuella Van Praët
Rectorat de l'Académie d'Amiens

Les dispositifs de soins au sein de la privation de liberté : Le détenu, un patient comme les autres ?

Dr. Barbara Gonçalves[1] (chercheuse) et la classe de 3ème4 du collège Albert Camus de Mme Dessolin[2]
(la liste des élèves est mentionnée en fin d'article)

Article original/*Original article*: B. Gonçalves, « Les dispositifs de soins au sein de la privation de liberté : Le détenu, un patient comme les autres ? », in Soins et privation de liberté (dir. Jean-Baptiste Perrier), 2015, LGDJ, Editions du Centre Michel de l'Hospital

Institution : [1]Université Clermont Auvergne, Centre Michel de l'Hospital, 41 Boulevard François Mitterrand TSA 80403, 63002 Clermont-Ferrand Cedex 1
[2]Collège Albert Camus, Rue du Sous-marin Casabianca, 63000 Clermont-Ferrand

© Stocker - stock.adobe.com

Résumé :

Tous les droits se trouvent limités lorsqu'une personne est en prison, y compris le droit à la santé. Depuis 1994, le détenu est pourtant soumis au régime de la sécurité sociale comme toute autre personne et est reconnu comme un usager du service public de la santé. Mais en réalité, l'accès aux soins est-il possible en prison et est-il identique à celui existant en milieu libre ?

Mots clés : santé ; prison ; droit

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

« Certaines personnes estiment qu'en nourrissant et en entretenant bien les détenus on se conforme à la loi, et que cela suffit. Si avili[i] qu'il soit, tout individu exige d'instinct le respect de sa dignité d'homme. [...] Et puisqu'il en est un, on doit le traiter comme tel. »

Dostoïevski, Souvenirs de la maison des morts, 1862

Le livre de Véronique Vasseur « Médecin-chef à la prison de la santé[1] », a eu un impact important sur la réputation des prisons françaises. Elle reprend les mots de Dostoïevski et démontre qu'au XXème siècle, le droit à la santé en détention est loin d'être assuré de manière optimale, malgré des évolutions majeures depuis le début des années 1990.

Plusieurs rapports ont été rédigés pour alerter le législateur des risques de pandémie. Ces risques sont dus aux pathologies[ii] développées dans les établissements pénitentiaires, et de l'état de santé dégradé des personnes privées de liberté. Partant, la population carcérale[iii] s'est vue qualifiée de « population à risque », les détenus étant souvent issus de « milieux où sévissent les problèmes sociaux les plus graves » et n'ayant que « rarement accès aux dispositifs d'éducation sanitaire et de soins avant [leur] incarcération »[2].

Ceci a conduit le législateur à intervenir pour permettre aux personnes privées de liberté d'avoir accès à un système de soins comparable à celui du milieu libre. Depuis une loi de 1994[3], les détenus dépendent du régime commun de sécurité sociale. Le législateur a aussi et confié au service public hospitalier la charge d'assurer les examens de diagnostic et les soins, dispensés aux détenus. Cela aurait dû faire du prisonnier un usager du service public de santé comme les autres mais, en pratique, le système ne fonctionne pas comme il devrait.

Pourtant, protéger la santé des détenus est une question primordiale, le traitement réservé à ces derniers montrant la place qui leur est accordée dans la société et si celle-ci est prête à leur laisser une seconde chance une fois la peine accomplie. C'est pourquoi, la loi pénitentiaire adoptée en 2009 confirmera le droit des détenus à l'accès aux soins[4].

Avec ces deux lois, en vingt ans, un vrai système de soins a pu émerger[iv] (I) Cependant en raison des lacunes du système judiciaire comme pénitentiaire, les détenus restent plus touchés par la maladie que la population libre (II).

I Une prise en compte croissante de la santé au sein de la détention

En quelques années, les prisons et le système de santé ont évolué. Cela a permis la mise en place d'unités de soins en prison (A) et d'aménagements de peines pour raison médicale (B).

A Le développement progressif des unités de soins dans les établissements pénitentiaire

La sécurité en prison oblige l'administration a encadré les droits des

[1] Véronique VASSEUR, Médecin-chef à la prison de la santé, 9ème éd., Le livre de poche, 2012, 215 p.

[2] Haut Comité de la Santé Publique, Santé en milieu carcéral, Rapport sur l'amélioration de la prison en charge sanitaire des détenus, janvier 1993, p. 18.

[3] Loi n° 94-43 du 18 janvier 1994 relative à la santé publique et à la protection sociale

[4] Loi n° 2009-1436 du 24 novembre 2009 pénitentiaire, JORF n°0273 du 25 novembre 2009, p. 20192.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

prisonniers. Leurs droits sont souvent plus réduits que ceux des personnes libres. Le système de santé a toutefois connu de nettes améliorations pour arriver à un accès aux soins globalement satisfaisant des personnes privées de liberté. Malgré les lacunes dues aux établissements pénitentiaires eux-mêmes, ne permettant pas toujours l'aménagement matériel nécessaire aux consultations et à la préservation du secret médical, le détenu est presque devenu un patient comme les autres.

Des unités de soins en détention et des unités spécifiques en établissements hospitaliers se sont progressivement développées pour construire un système complet et cohérent. La collaboration entre les hôpitaux et les prisons permet de mieux soigner les prisonniers, mais le système de soin peut encore s'améliorer

Les différents soignants ont parfois du mal à collaborer. Ceci entrave le suivi médical du détenu. Surtout, certains détenus se heurtent à la barrière de la langue. Il est difficile pour eux d'expliquer leurs symptômes ou de comprendre l'information médicale. Si le recours à un interprète est prévu, il peut prendre du temps. Même s'il est possible par téléphone, il ne permet pas d'instaurer une relation de confiance entre le praticien et son patient, ni de préserver le secret médical. De plus, l'absence de maîtrise de la langue empêche toute thérapie psychiatrique.

De plus, si le nombre de personnels médicaux affectés dans les unités de soin en prison n'a cessé d'augmenter, le système carcéral est, comme le milieu libre, touché par le manque de praticiens dans certaines zones géographiques ou certaines spécialités. En plus, les postes de médecin en prison ne sont pas toujours attirants, ce qui rend le recrutement plus difficile.

Enfin, l'absence de spécialistes s'associe à la difficulté d'organiser des extractions médicales. Le développement de la télémédecine qui simplifierait l'accès aux spécialistes a été proposé mais suppose un investissement financier et matériel important.

B Les possibilités d'aménagement de la peine privative de liberté pour raison médicale

Parallèlement, au fil du temps, des aménagements de peine sont apparus pour imposer des soins aux détenus (1) ou pour permettre au détenu de sortir de prison pour suivre un traitement médical adapté ou en raison d'un état de santé incompatible avec les conditions de détention (2).

1 Les aménagements de peine à vocation sécuritaire

Depuis longtemps déjà, le Code pénal prévoyait déjà « l'obligation de soin », mesure prise en compte lors des demandes d'aménagement de peine. La loi du 17 juin 1998[5] est allée plus loin et a permis d'imposer un suivi médical au condamné sous peine de sanction, « l'injonction de soins ». Cette possibilité concerne de plus en plus d'infractions aujourd'hui.

Mais ces mesures ont rapidement montré leurs faiblesses, étant régulièrement utilisées par les condamnés comme un moyen d'éviter l'incarcération, sans réelle volonté de

[5] Loi n°1998-468 du 17 juin 1998 relative à la prévention et à la répression des infractions sexuelles, JORF du 18 juin 1998, p. 9255.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

réinsertion.

2 Les aménagements de peine à vocation humanitaire

Au-delà du caractère sécuritaire de l'injonction de soin, l'état de santé peut être pris en compte pour le prononcé d'un aménagement de peine favorable du détenu. Toutefois, ces aménagements dépendent, pour certaines infractions, des résultats d'un examen psychiatrique du détenu ou du suivi d'un traitement médical ayant été sollicité par le juge.

En plus de ces aménagements de peine classiques, un aménagement de peine spécifique a été mis en place par la loi du 4 mars 2002[6] : la suspension de peine pour raison médicale, permettant au détenu de sortir de prison pour suivre un traitement lourd ou car son état est incompatible avec la détention. Si cette mesure a le mérite d'exister, elle reste cependant difficile à obtenir pour le détenu.

Ces dernières années, les dispositifs de soins au sein de la privation de liberté se sont développés pour parvenir un dispositif de soins complet et permettre la prise en compte de l'état de santé du détenu pour assouplir l'exécution de la peine privative de liberté. Néanmoins, ces dispositifs restent en eux-mêmes imparfaits. Surtout, les défauts des systèmes pénitentiaire et judiciaire nuisent de manière notable à la santé des détenus.

II Des « entraves » à l'amélioration significative de l'état de santé des détenus

En parallèle de l'amélioration du système de soin carcéral, des problèmes nouveaux sont apparus et se sont aggravés[v]. Outre le fait que les détenus soient une population à risque déjà plus touchée par la maladie avant l'emprisonnement, les dégradations des conditions de détention (A) et le nombre croissant de détenus atteints de troubles mentaux (B) entravent fortement l'amélioration de l'état de santé des personnes privées de liberté.

A Les conditions de détention, facteur de détérioration de l'état de santé des détenus

En lui-même, l'enfermement est créateur de nombreux facteurs de stress, tels que la perte de liberté et des repères identitaires sociaux, la honte de l'emprisonnement, la violation de l'intimité, l'absence d'activité ou encore la misère affective. L'emprisonnement devient alors synonyme d'angoisse pouvant conduire à l'apparition de certaines maladies comme les troubles sensoriels, de la digestion ou musculaires, symptômes souvent psychosomatiques[7].

Certains régimes de détention, telle la mise à l'isolement ou en cellule disciplinaire, peuvent également entraîner le développement de troubles psychiatriques.

Par ailleurs, les conditions matérielles de détention et la vétusté[vi] des établissements pénitentiaires aggravent certaines pathologies,

[6] Loi n° 2002-303 du 4 mars 2002 relative aux droits des malades et à la qualité du système de santé

[7] Haut Comité de la Santé Publique, Santé en milieu carcéral, Rapport sur l'amélioration de la prison en charge sanitaire des détenus, janvier 1993, p. 20.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

psychiatriques comme somatiques, quand elles ne les font pas naître. Loin d'être sans danger, le caractère pathogène du milieu carcéral peut parfois se révéler fatal, notamment pour les malades suivant une chimiothérapie ou atteints du VIH (Virus qui peut conduire au développement du Sida).

Cette situation s'est par ailleurs amplifiée en raison d'une hausse de la surpopulation carcérale. Cela empêche toute intimité et multiplie les risques de conflit, nuisant à la stabilité du détenu. L'objectif de l'encellulement[vii] individuel est loin d'être atteint. Pourtant puisqu' « il vise à offrir, à chaque personne incarcérée, un espace où elle se trouve protégée d'autrui et où elle peut donc ainsi préserver son intimité et se soustraire, dans cette surface, aux violences et aux menaces des rapports sociaux en prison »[8], il serait utile à la protection de la santé, notamment psychologique du détenu.

S'ajoute à ces problématiques, le fait pour le détenu d'être, trop souvent, confronté à la folie, insupportable et contagieuse de ses compagnons de cellule.

B <u>L'augmentation du nombre de personnes atteintes de troubles mentaux en détention</u>

Si la prison intensifie les maladies mentales, il y a aussi de plus en plus de personnes déjà touchées mentalement condamnées à la prison. La nouvelle rédaction des articles 122-1 et 122-2 du Code pénal faisant une différenciation entre « l'abolition du discernement »[viii] et « l'altération du discernement »[ix] au moment des faits a conduit à la condamnation de nombreuses personnes atteintes de troubles, démontrant ainsi une faiblesse du système judiciaire. Les experts favorisent l'altération du discernement et les tribunaux ne souhaitent pas prendre le risque de préférer une hospitalisation à un emprisonnement. D'autant que la baisse des capacités en hospitalisation dans les services de psychiatrie a encouragé les magistrats[x] dans leur démarche puisqu'ils ont pris conscience de l'insuffisance de lits et de structures de prise en charge à l'extérieur de la prison.

Pour toutes ces raisons, alors que le taux d'irresponsabilité pénale[xi] pour cause de maladie mentale était de 17% au début des années 1980, il est passé à 0,17% en 1997 pour ne connaître quasiment plus de changement. On remarque alors aujourd'hui que le taux de pathologies psychiatriques est 20 fois plus élevé en prison que dans la population générale et que 20% des prisonniers au moins sont atteintes de maladies psychiatriques que seul l'hôpital peut soigner ou accompagner[9].

[8] Contrôleur général des lieux de privation de liberté, Avis du 24 mars 2014 relatif à l'encellulement individuel dans les établissements pénitentiaires, JORF du 23 avril 2014.

[9] Comité Consultatif National d'Ethique pour les sciences de la vie et de la santé, La santé et la médecine en prison, Avis n°94, 2006, p. 25.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

[i] Emprisonné.
[ii] Maladies.
[iii] En prison.
[iv] Être créé.
[v] Rendre plus grave, condamnable, pénible, dangereux, violent, etc.
[vi] Qui est vieux, dépassé ou en piteux état.
[vii] Enfermer dans une cellule.
[viii] La personne malade n'est pas responsable de ses actes judiciairement parlant.
[ix] Si la personne est malade elle reste responsable de ses actes mais les juges doivent en tenir compte.
[x] Juges exerçants la profession de rendre la justice ou de requérir au nom de l'État et de la loi.
[xi] Lorsqu'une personne ne peut pas être judiciairement punie.

Ont participé au travail d'écriture de cet article, en collaboration avec Dr. Barbara Gonçalves, chercheuse en droit public (par ordre alphabétique) : Sous l'encadrement de Mme Dessolin, ALIC Izzet, ALTIN Rumeysa, BAKHANA Sokaina, BALCI Ayhan, BARROUZ Hanaa, BEKKALI Bilal, BEN HASSEN Bayram, BENAYAD Lyna, BOURHIM Badr, CINAR Samet, DALYAN Irem, DELAROCHE Ludovic, EN-NAOUR Ikram, GHEZI-DUVEAU Lubna, GUL Eda-Nur, KERSSANE Adam, MARJANI Zakaria, MIOLANE Aleyna, SATILMIS Ravzanur, TOURRETTE Louis, ZARROUK Saad

Comment citer cet article : Barbara Gonçalves scientifique et la 3ème4 du collège Albert Camus de Clermont-Ferrand (FR), *Les dispositifs de soins au sein de la privation de liberté : Le détenu, un patient comme les autres ?,* Journal DECODER, 2021-06-30.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

Article publié le 30 juin 2021/*Article published on the 30th June 2021* www.journal-decoder.fr

Article de recherche vulgarisé/*Research outreach article*

Conception d'une Serre Lunaire – Partie 1

Lucie Poulet[1] (chercheuse) et la classe de 4ème S1 du collège La Présentation de Marie de Mme Chéhili, Mme Lelong et M. Marin[2] *(la liste des élèves est mentionnée en fin d'article)*

Article original/*Original article*: Conrad Zeidler, Vincent Vrakking, Matthew Bamsey, Lucie Poulet, Paul Zabel, Daniel Schubert, Christel Paille, Erik Mazzoleni, Nico Domurath, *Greenhouse Module for Space System: A Lunar Greenhouse Design,* Open Agriculture, Volume 2, Issue 1

Institution : [1]NASA Kennedy Space Center – USRA, Floride, USA
[2]Collège La Présentation de Marie, 162 Rue Maréchal Joffre, 13300 Salon-de-Provence, France

Résumé :

Le ravitaillement des futurs équipages sur la Lune ou Mars et la provision de nourriture fraîche se compliquent avec l'allongement des durées des missions. Une serre entièrement intégrée dans la base permettrait aux astronautes de faire pousser leurs propres fruits et légumes et ainsi d'être plus indépendants de la Terre. Cet article présente la conception et le fonctionnement dans son ensemble d'une telle serre, située au pôle Nord de la Lune, de son architecture, à son transport vers la surface lunaire, sans oublier l'organisation des cycles de culture pour une production de plus de 4100 kg de légumes frais sur les 24 mois de la mission, ainsi que ses besoins en masse, énergie et eau.

Mots clés : Lune ; Plantes ; Serre

I Introduction

1. Qui est à l'origine de ce projet ?

MELISSA (Micro-Ecological Life- Support System Alternative) de l'agence spatiale européenne (ESA).

2. A qui l'agence européenne confit-elle l'étude de ce projet ?

Au centre aérospatial allemand (DLR).

3. Quels sont les objectifs de cette étude ?

- Réaliser tous les calculs pour obtenir les mesures exactes de ce module de Serre Lunaire qui devra s'intégrer dans une base lunaire déjà existante.
- Envisager la possibilité du recyclage de l'eau et de l'air.

4. Une Serre Lunaire, oui mais pourquoi faire ?

- Cette serre permettrait 100% de la production des besoins alimentaires d'un équipage de six personnes pour une période de 655 jours et 17h00, durée correspondant à 2 « années lunaires ».
- Diminuer le ravitaillement d'une base lunaire en oxygène, eau et nourriture.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

5. Quel serait son positionnement géographique ?

Sur le bord du cratère Peary : Cratère le plus proche du pôle Nord lunaire (entre 89,34° et 89,39° de latitude N et 126,21° et 131,09° de longitude) permettant ainsi un éclairement naturel presque constant (Figure 1).

6. Quelle est la production envisagée ?

- 33 kg de blé tendre
- 31 kg de blé dur
- 25 kg de soja
- 41,2 kg de pommes de terre
- 38,8 kg de riz
- 1 kg de laitue
- 2,2 kg de betteraves

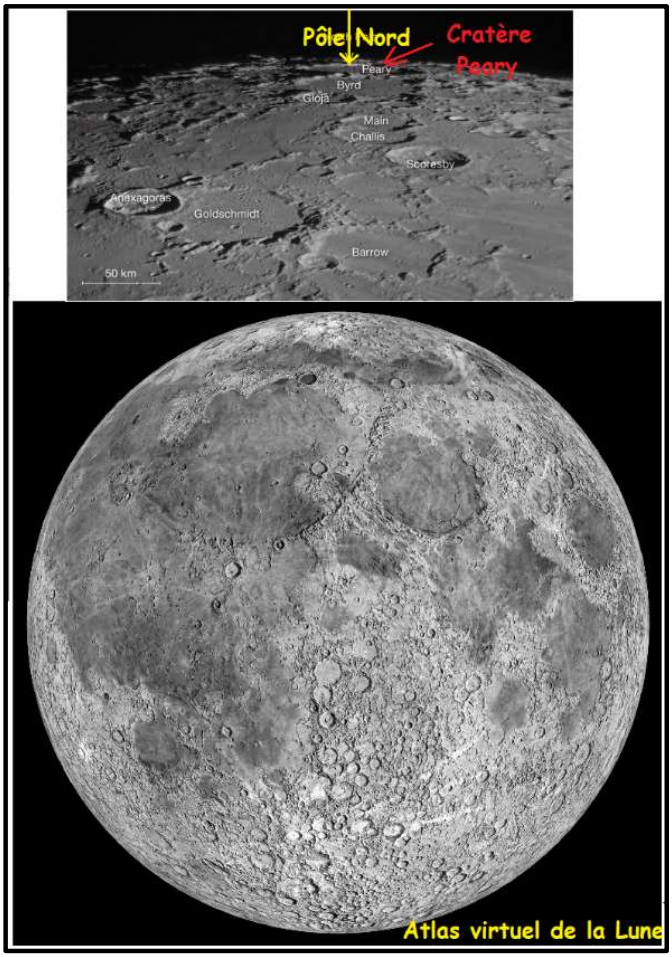


Figure 1 : Localisation du cratère de Peary au pôle Nord de la Lune (source : image issue du logiciel libre Atlas virtuel de la Lune) ; en haut : zoom sur le pôle Nord pour situer le cratère de Peary plus précisément (source : site « Sky and telescope » George Tarsoudis).

II Parlons architecture

1 Description du module / noyau

Le noyau est cylindrique et comporte trois étages. Toutes les connexions du noyau aux pétales (fluide de refroidissement, eau d'irrigation, tuyaux d'air, d'électricité, couloirs) peuvent être fermées hermétiquement (complètement, ne laissant passer ni air ni liquide) (Figure 2).

Niveau supérieur du noyau central

- Quatre systèmes de gestion de l'air, indépendants les uns des autres, chacun connecté à un pétale, et un plus petit pour le noyau central ;
- Système de pressurisation (système qui maintient une pression atmosphérique normale), qui inclut un stockage des différents gaz et un compresseur ;
- Interface, limite commune avec le système de capture de la lumière et les fibres optiques, fils en verre ou en plastique qui conduisent la lumière aux pétales.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

Niveau intermédiaire

- Système pour le traitement complet des récoltes ;
- Système de commande et de traitement des données ;
- Bureaux ;
- Accès aux différents pétales pour les astronautes.

Niveau inférieur :

- Deux couloirs indépendants vers le module d'habitation. En cas de problème de pressurisation dans un couloir, le deuxième reste utilisable ;
- Système de distribution des nutriments (qui inclut les réservoirs de stockage) ;
- Système de contrôle de la température ambiante ;
- Système de contrôle et de distribution de l'électricité.

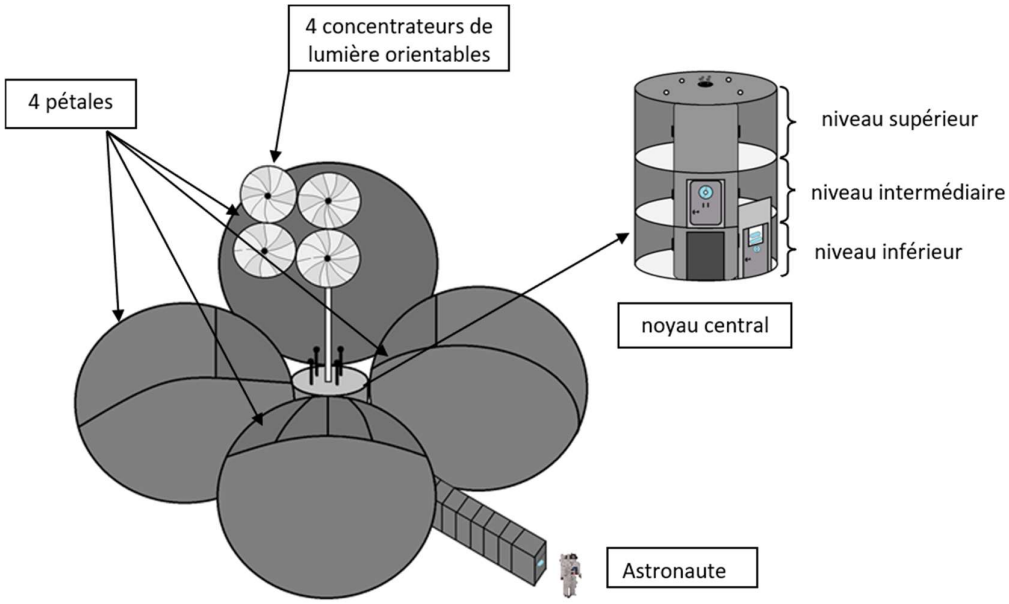


Figure 2 : images de la serre lunaire avec ajout d'un astronaute (reproduit et modifié à partir de l'article original)

2 Des pétales comme lieu de culture des plantes

Quatre pétales fonctionnent comme des chambres de culture. Ils sont indépendants les uns des autres et ont une configuration identique. Leurs conditions environnementales (température, taux d'humidité, …) sont adaptées aux espèces qui y sont cultivées (Figure 3).

Au centre un couloir central qui dessert, de chaque côté, des étagères sur lesquelles poussent les plantes. Une plateforme mobile permet d'accéder aux étagères les plus hautes. En bas des étagères se trouvent les réservoirs de nutriments et les pompes ainsi que le système d'échange entre le noyau central et les pétales.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

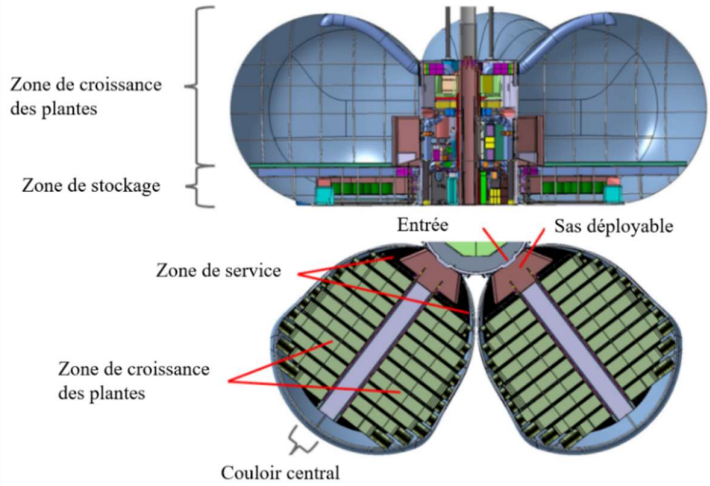


Figure 3 : les pétales zones de culture (image issue de l'article original).

Disposition dans les pétales (Partie supérieure, Figure 4)

- Couloir central de 1.2 m ;
- Étagères de chaque côté sur lesquelles poussent des plantes ;
- Plateforme mobile permettant d'accéder aux étagères les plus hautes ;
- Sas à l'entrée (pièce étanche qui sépare l'atmosphère des pétales de celle du noyau central).

Disposition dans les pétales (Partie inférieure) :

- Réservoirs de nutriments ;
- Pompes ;
- Interfaces entre le noyau central et les pétales ;
- Stockage d'outils divers.

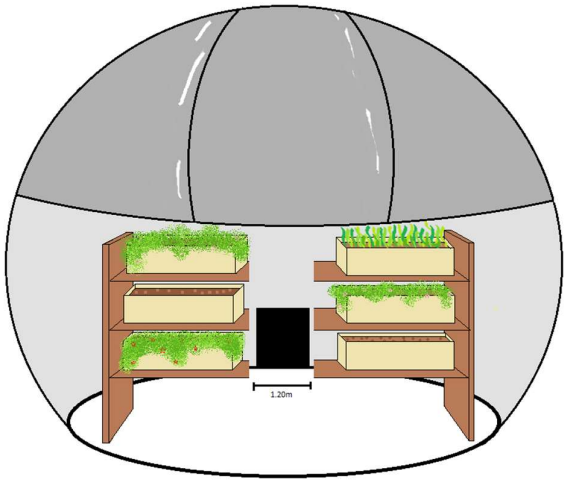


Figure 4 : représentation de l'organisation à l'intérieur d'un pétale.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

3 Interfaces entre la serre et la base lunaire ?

L'échange principal est situé dans la partie supérieure des couloirs (Figure 5) reliant la serre au module. Ce couloir comprend les conduites de fluides de refroidissement, les conduites de CO_2 concentré, les conduites d'air venant de la cabine (enrichi en CO_2 à cause de la respiration des astronautes **(1)**), les conduites d'air sortant des pétales (enrichi en dioxygène grâce à la photosynthèse des plantes **(2)**), les lignes électriques, les lignes de données et les lignes d'eau douce.

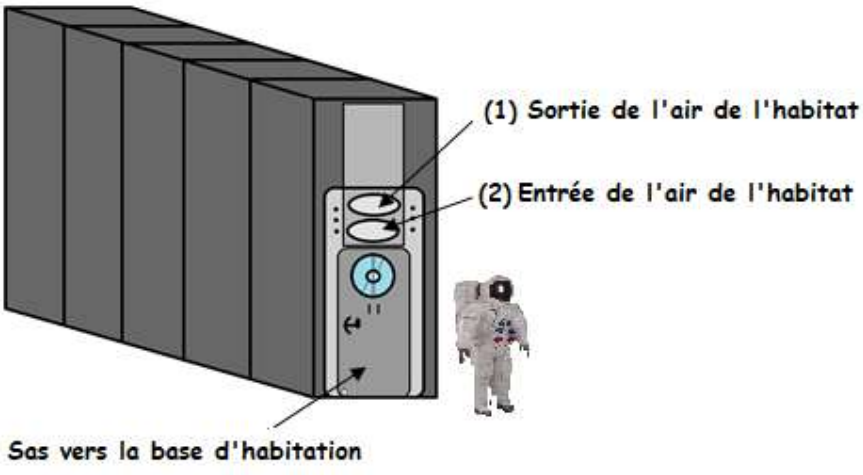


Figure 5 : liaison entre la serre et la base lunaire (dessin réalisé à partir des images provenant de l'article original).

III Le « Space Launch System » comme moyen de transport

La NASA travaille actuellement sur le « Space Launch System », car c'est le lanceur qui possède la plus grande capacité de charge utile. De plus il a l'énorme avantage de permettre la mise en orbite de la serre en un seul lancement.

Les dimensions de la serre ont d'ailleurs été calculées en fonction de la place possible dans le lanceur. La capacité de charge utile est de 70 à 130 tonnes (environ une dizaine d'éléphants), avec une coiffe d'environ 8,4 m (deux girafes adultes) x 17,3 m (1 baleine adulte) (Figure 6).

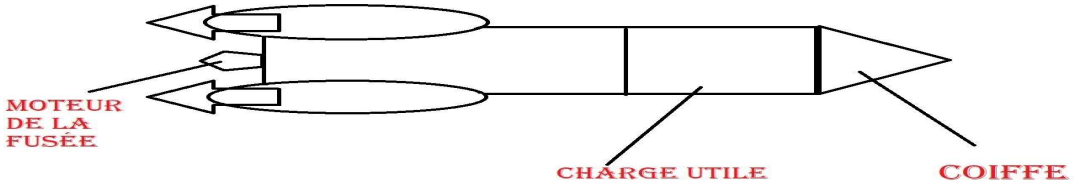


Figure 6 : Schéma simplifié d'une fusée.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

Une fois en orbite, un véhicule de transfert pourra récupérer la serre et l'emporter jusqu'à la base lunaire (Figure 7).

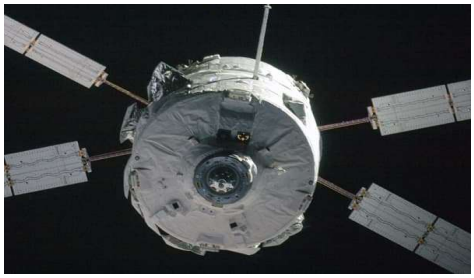


Figure 7 : exemple d'un véhicule de transfert : ici le véhicule de transfert européen (cargo spatial) Jules Vernes pour la station spatiale ISS (Photo NASA).

Les ingénieurs ont tout de même réfléchi à économiser un maximum d'espace, rendant possible l'emballage des pétales de culture, qui ont la particularité d'être gonflables, autour du noyau.

L'intérieur du noyau de la serre pourra abriter ses propres systèmes préinstallés ainsi que tout le matériel nécessaire aux plantations.

Des fixations seront utilisées pour maintenir les pétales et les couloirs déployables lors des phases de lancement et de transfert.

En arrivant sur la Lune des plaques rigides vont être coupées permettant ainsi le déploiement de la serre. Les pétales vont alors se gonfler et l'intérieur sera rigidifié grâce à un squelette en aluminium. Ainsi la serre deviendra rigide.

Et voilà maintenant tu sais comment se passera l'acheminement de ce projet.

IV De la nourriture sur la lune ?

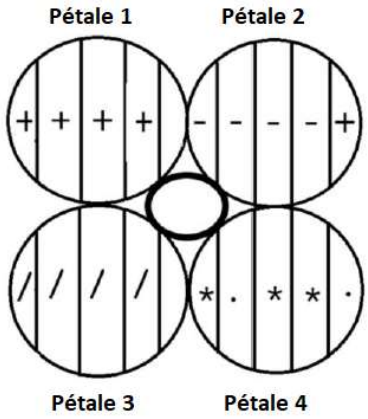
1 Est-ce que j'aurai assez à manger ?

1. Comment se nourrir sur la Lune ?

Pour que les astronautes puissent se nourrir sur la Lune (ce qui permettrait de ne pas emmener trop de nourriture avec eux), il faut d'abord planter des graines (riz, pomme de terre, soja, blé dur et tendre) dans des pétales de culture présentés précédemment.

2. Est-ce que cette production par cycles est faisable ?

Oui, une production par cycles est faisable car les plantes sélectionnées peuvent être stockées de plusieurs semaines à plusieurs mois après le moment de la récolte (Figure 8).



Légende :
+ : Blé tendre
- : Blé dur
* : Pomme de terre
/ : Soja
. : Riz
Chaque colonne dans les pétales représente un cycle.

Figure 8 : schéma des cycles de culture dans chaque pétale.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

3. Existe-t-il des plantes cultivées en alternance ?

Oui certaines plantes sont cultivées en alternance (comme la pomme de terre et le riz) dans la sphère 4.

4. Que permet le fait d'avoir un seul type de plante par sphère à la fois ?

Cela permet de perfectionner les conditions environnementales de cette culture, ce qui entraîne une production de masse par les plantes plus élevée par cycle.

Dans le Tableau 1, on voit la quantité produite envisagée pour chaque plante par jour, cycle et en tout dans la mission.

Dans le Tableau 2, nous voyons la quantité de dioxygène produit et de dioxyde de carbone consommé par jour, par cycle et par mission.

Les laitues et les betteraves n'apparaissent pas dans les tableaux car elles sont produites sur de petites surfaces en raison de leurs besoins en production relativement faibles. Elles sont cultivées en tandem avec les cultures dont nous venons de parler dans un pétale donné.

Masse (kg)	**Blé tendre**	**Blé dur**	**Pomme de terre**	**Soja**	**Riz**	**Total**
Par jour	1.0	1.8	3.0	1.1	5.0	-
Par cycle	147.4	222.7	307.9	154.0	473.6	-
Sur la mission	737.1	890.9	923.6	616.1	947.3	4115.0

Tableau 1: quantité de biomasse produite.

Masse (kg)	**Blé tendre**	**Blé dur**	**Pomme de terre**	**Soja**	**Riz**	**Total**
CO_2 par jour	2.7	3.2	3.8	2.9	4.2	-
O_2 par jour	2.0	2.4	2.9	2.2	3.2	-
CO_2 par cycle	394.7	394.7	394.7	394.7	394.7	-
O_2 par cycle	296.0	296.0	296.0	296.0	296.0	-
CO_2 sur la mission	1973.5	1578.8	1184.1	1578.8	789.4	7105.0
O_2 sur la mission	1480.1	1184.1	888.1	1184.1	592.1	5329.0

Tableau 2: quantité d'oxygène produite et quantité de CO_2 consommée.

2 Et combien ça coûte ? Parlons kilos...

L'installation d'une serre lunaire demande une bonne évaluation de sa masse et de sa consommation électrique.

La marge d'erreur pour les systèmes ayant une technologie connue et déjà utilisée est de 5% (par exemple : les panneaux de LEDs et leurs systèmes de refroidissement en eau). Pour les systèmes utilisant une technologie en cours de développement, comme les collecteurs de lumière solaire transmise par fibres optiques (la fibre optique est un câble qui permet de propager des ondes lumineuses entre deux lieux), la marge d'erreurs est de 10%.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

En revanche pour les systèmes utilisant une technologie encore jamais testée, la marge d'erreurs augmente, elle est de 20%. Exemple : le système de déploiement des pétales (étalement des pétales de cultures).

De plus, en tenant compte de ces trois pourcentages de marge d'erreurs des différents systèmes, une marge supplémentaire de 20% a été appliquée sur leur ensemble.

La consommation électrique est de 418 kW (Figure 9). La masse totale est en tout de 95 tonnes, ce qui rentre dans les critères du lanceur de la fusée (Figure 10).

Quant à l'eau il faut 29 tonnes qui peuvent être amenées depuis la Terre ou produite directement sur la Lune, pour assurer le fonctionnement complet de la serre, des plantes mais également des systèmes de refroidissement. Certes une quantité importante d'eau est déjà incluse dans le voyage mais ces 29 tonnes ne suffisent pas, l'apport d'eau depuis la Terre sera une obligation à moins de trouver un moyen d'en produire sur la Lune.

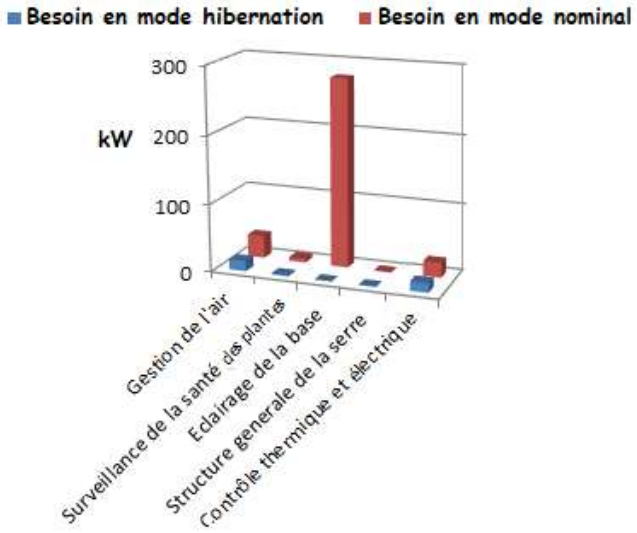


Figure 9 : Puissances consommées par les sous-systèmes de la serre (en kW).

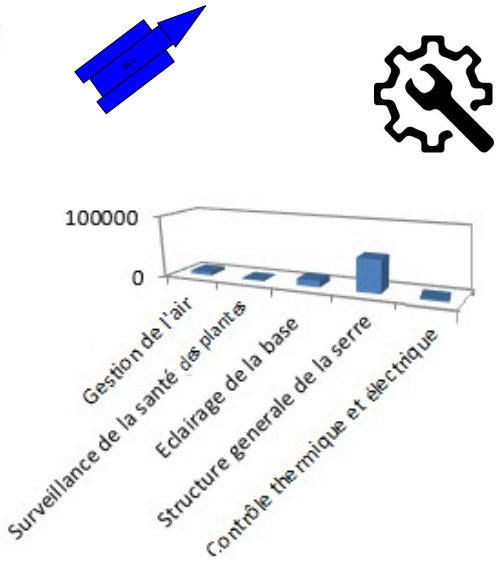


Figure 10 : Masses des sous-systèmes (en kg).

V Conclusion

La première partie traite de la partie architecturale et le fonctionnement d'ensemble de la serre lunaire. Le projet propose une structure hybride gonflable-rigide, qui serait reliée à une base lunaire plus large. Le but de cette serre serait de pouvoir nourrir 6 membres d'équipage, sur une mission de 24 mois.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

Ont participé au travail d'écriture de cet article, en collaboration avec Lucie Poulet, chercheuse en génie des procédés, (par ordre alphabétique) : ALBIGES Cyrielle, BARAS César, BERNARD Lorenzo, BONNELLE Robin, BRUNEL Héloïse, COUDERC Nguissine, COUDERC Sacha, DEPAQUIS Océane, DHERS Coralie, DINLEMEZ Karim, DJAMANE Danaé, DUCARNE Nicolas, DUFOUR Léo, EYNARD Adam, FOURNIER Ewan, FRICHOT Calixte, GRESLE Benjamin, LE CLEC'H Gaël, LEDUC Maxence, LEOCADIE Clara, MACKE Ambre, NADOUCE Lisa, NAVARRE--GAROT Tristan, PEREZ Gabriel, PEREZ Marie, PETETIN Laura, RAGUET Sarah, RAVENET Amélie, SABATY Marylou, SAUZEAU--CANCRE Fabian, SZEPESSY Ivan, TALARICO Serena.

Comment citer cet article : Lucie Poulet et la 4ème S1 du collège La Présentation de Marie (Salon de Provence (FR)), *Conception d'une Serre Lunaire – Partie 1,* Journal DECODER, 2021-06-30.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

Conception d'une Serre Lunaire – Partie 2

Lucie Poulet[1] (chercheuse) et la classe de 4ème S1 du collège La Présentation de Marie de Mme Chéhili, Mme Lelong et M. Marin[2] *(la liste des élèves est mentionnée en fin d'article)*

Article original/*Original article*: Conrad Zeidler, Vincent Vrakking, Matthew Bamsey, Lucie Poulet, Paul Zabel, Daniel Schubert, Christel Paille, Erik Mazzoleni, Nico Domurath, *Greenhouse Module for Space System: A Lunar Greenhouse Design,* Open Agriculture, Volume 2, Issue 1

Institution : [1]NASA Kennedy Space Center – USRA, Floride, USA
[2]Collège La Présentation de Marie, 162 Rue Maréchal Joffre, 13300 Salon-de-Provence, France

Résumé :

Le ravitaillement des futurs équipages sur la Lune ou Mars et la provision de nourriture fraîche se compliquent avec l'allongement des durées des missions. Une serre entièrement intégrée dans la base permettrait aux astronautes de faire pousser leurs propres fruits et légumes et ainsi d'être plus indépendants de la Terre. Le modèle retenu est un module gonflable avec un cœur rigide, comprenant une surface arable de 650 m² et produisant plus de 4100 kg de légumes frais sur les 24 mois de la mission. Cet article présente qu'une analyse détaillée des sous-systèmes de la serre, des techniques de culture, à l'éclairage, sans oublier l'arrosage, l'aération et la gestion thermique de la serre.

Mots clés : Lune ; Plantes ; Serre

I Introduction

1. Qui est à l'origine de ce projet ?

MELISSA (Micro-Ecological Life- Support System Alternative) de l'agence spatiale européenne (ESA).

2. A qui l'agence européenne confit-elle l'étude de ce projet ?

Au centre aérospatial allemand (DLR).

3. Quels sont les objectifs de cette étude ?

- Réaliser tous les calculs pour obtenir les mesures exactes de ce module de Serre Lunaire qui devra s'intégrer dans une base lunaire déjà existante.
- Envisager la possibilité du recyclage de l'eau et de l'air.

4. Une Serre Lunaire, oui mais pourquoi faire ?

- Cette serre permettrait 100% de la production des besoins alimentaires d'un équipage de six personnes pour une période de 655 jours et 17h00, durée correspondant à 2 « années lunaires ».
- Diminuer le ravitaillement d'une base lunaire en oxygène, eau et nourriture.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

5. Quel serait son positionnement géographique ?

Sur le bord du cratère Peary : Cratère le plus proche du pôle Nord lunaire (entre 89,34° et 89,39° de latitude N et 126,21° et 131,09° de longitude) permettant ainsi un éclairement naturel presque constant (Figure 1).

6. Quelle est la production envisagée ?

- 33 kg de blé tendre
- 31 kg de blé dur
- 25 kg de soja
- 41,2 kg de pommes de terre
- 38,8 kg de riz
- 1 kg de laitue
- 2,2 kg de betteraves

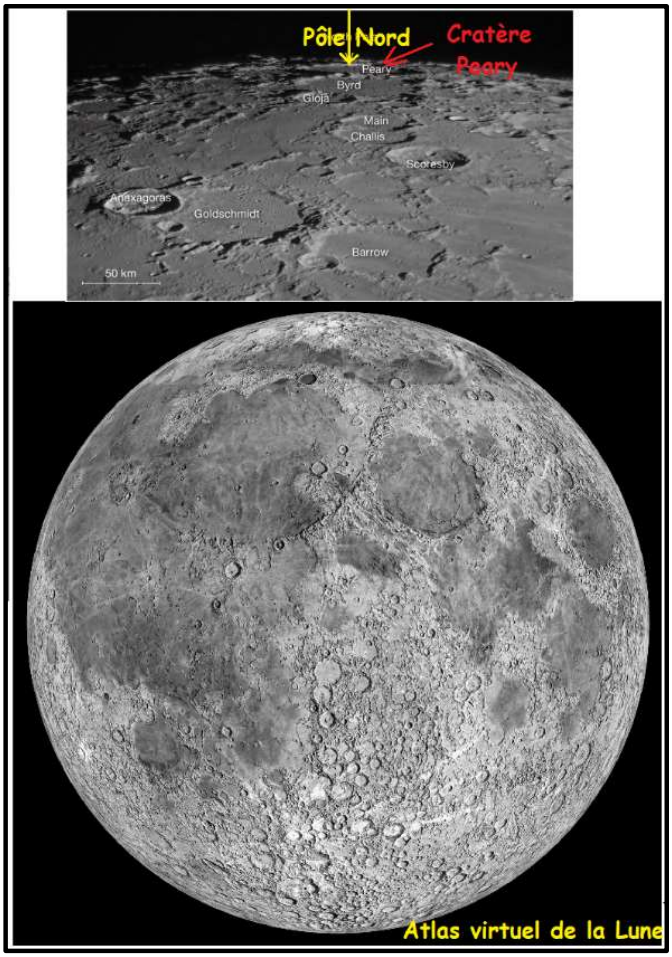


Figure 1 : Localisation du cratère de Peary au pôle Nord de la Lune (source : image issue du logiciel libre Atlas virtuel de la Lune) ; en haut : zoom sur le pôle Nord pour situer le cratère de Peary plus précisément (source : site « Sky and telescope » George Tarsoudis).

II Comment faire pousser des plantes ?

A l'intérieur des pétales de culture, seront installés des canaux en V, dans lesquels seront disposées des bobines de culture contenant les semences, toutes préemballées avant le départ (Figure 2).

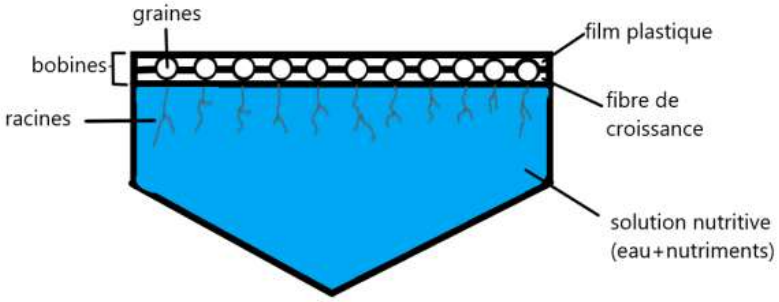


Figure 2 : Canaux de plantation.

Ces bobines sont constituées de 3 composants : un film plastique comme couche extérieure, une fibre de croissance en dessous qui absorbe la solution nutritive, et la graine entre les deux (Figure 3).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

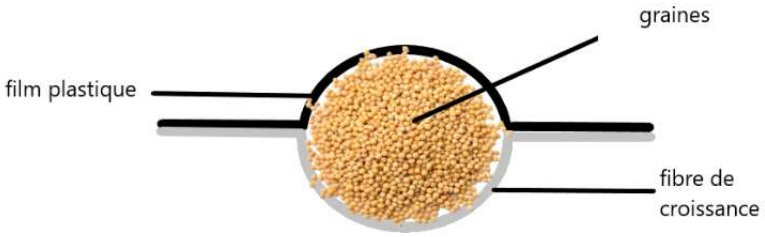


Figure 3 : schéma d'une bobine. Image de l'article original, modifiée.

1 Que trouve-t-on à l'intérieur de la serre ?

Chacun des canaux est pensé de façon à ne perdre aucun espace. Chaque pétale possède un total de 96 canaux divisés en 2 sections avec une longueur totale de 274 m. Les bobines déployées ont une largeur de 60 cm ce qui donne une surface de croissance de 165 m^2 par pétale. Ainsi, avec les 4 pétales, la serre a une surface de culture de 658 m^2. En incluant une marge de 20%, cela correspond à 124 bobines, soit 383 kg.

2 Comment nourrir les plantes ?

Les plantes vont pouvoir pousser grâce à l'approvisionnement en solution nutritive géré par le système de distribution. La qualité de la solution nutritive est contrôlée sur le plan chimique, microbien et de la température et est adaptée en fonction de la plante cultivée. Deux méthodes sont utilisées :

- Aéroponie : les racines vont se développer hors-sol, dans "l'air", et sont aspergées par la solution nutritive :
- Hydroponie : les racines baignent dans la solution nutritive.

Pour fournir les nutriments nécessaires au développement des plantes et permettre l'ajustement nécessaire de la solution, la serre a besoin de 8,74 kg de sels nutritifs par jour (par recyclage) en plus des 333,9 kg apportés de la Terre.

La solution nutritive non absorbée s'écoule dans des canaux en forme de V et peut être absorbée par d'autres plantes plus loin. L'eau non absorbée ou non évaporée retourne dans les réserves de stockage contenues dans chaque pétale.

3 Aérer sans ouvrir les fenêtres…

Les plantes n'ont pas toutes besoin des mêmes conditions pour pousser (nutriments, lumière et air). Chaque espèce a besoin d'un environnement spécifique. L'air de chaque pétale va donc être géré séparément. Pour cela deux modes de gestion sont possibles (Figure 4) :

- le mode nominal : le pétale est en boucle d'air fermée, avec une circulation en continu. Il n'y a donc pas d'échange avec l'habitat de la base lunaire.
- le mode de respiration : connexion à la boucle d'air du module d'habitation, et donc échange de CO_2, de l'habitat vers le pétale, et d'O_2 du pétale vers l'habitat.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

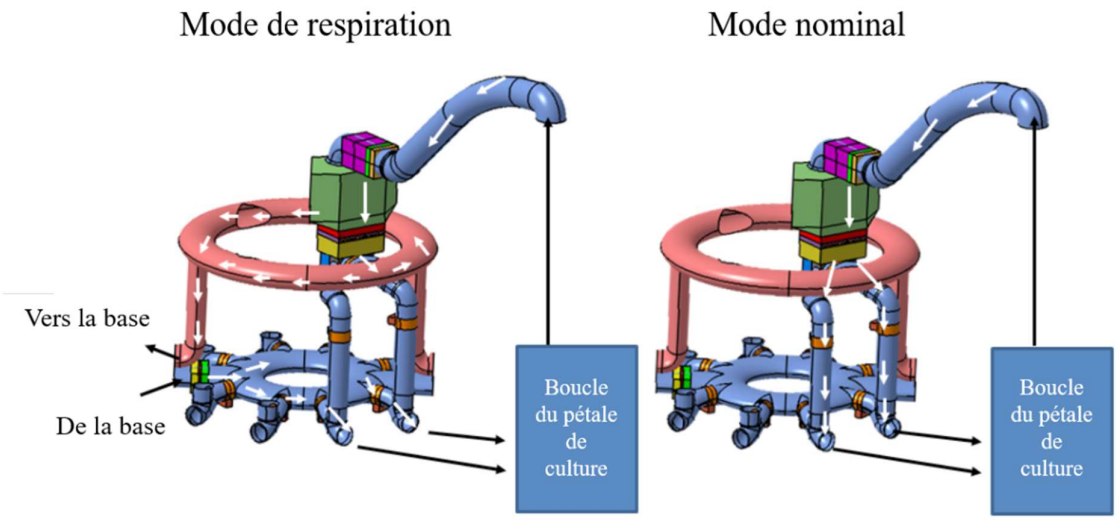


Figure 4 : Gestion de la circulation de l'air dans un pétale

III Ne pas oublier la lumière !

Pour pousser les plantes ont besoin de lumière. Alors comment faire ?

Le système d'éclairage est composé de deux éléments : une technologie de collecte de lumière naturelle et des diodes électroluminescentes (LED) (Figure 5). Ces deux systèmes sont complémentaires et ont comme avantage des besoins en énergie moins importants. Le système de lumière naturelle a été dimensionné de façon à couvrir 64% des besoins d'éclairage total des plantes.

La serre est implantée près du pôle nord lunaire, ce qui lui permet un éclairage presque constant (84% du temps au niveau du sol) et donc l'utilisation d'un système d'éclairage naturel indirect.

Quatre concentrateurs vont capter l'énergie solaire et la convertir en énergie lumineuse, on les appelle les concentrateurs paraboliques (5 mètres de diamètre). Au centre de chaque concentrateur se trouve un câble de fibres optiques qui sert à conduire la lumière vers les concentrateurs paraboliques (ce câble est composé d'environ 4386 fibres optiques). Chaque collecteur est équipé d'un réflecteur dichroïque (un objet capable de séparer les faisceaux lumineux en 2), ce qui permet d'enlever les infrarouges (rayonnement électromagnétique) et de ne garder que la lumière visible ce qui diminue la charge thermique (la chaleur). La lumière est ensuite transmise aux panneaux lumineux, composés de 20 fibres optiques et de LED.

Les panneaux lumineux resteront maintenus à une distance de 15 cm des végétaux pour assurer des conditions d'éclairage optimales.

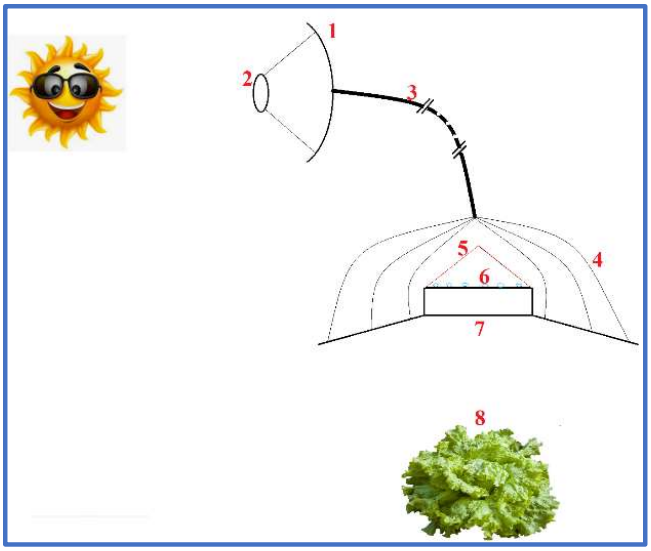
Que se passe-t-il en cas de panne ?

En cas de panne d'un des deux systèmes l'autre peut fournir environ la moitié des besoins énergétiques mais pas la totalité, soit 64%.

Une panne d'une courte durée de l'un des systèmes d'éclairage ralentira la vitesse de croissance des plantes sans mettre en danger la production.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.



1 : Concentrateur parabolique (diamètre 5 m)
2 : Collecteur de lumière naturelle (1 câble constitué de 4386 fibres optiques) + réflecteur dichroïque (filtre la lumière infrarouge génératrice de chaleur : seule la lumière visible est transmise)
3 : Câble de fibres optiques
4 : Fibres optiques
5 : Système d'ajustement de la hauteur
6 : Système de refroidissement à eau
7 : Panneau de LED
8 : Laitue

Figure 5 : Schéma de la collecte de lumière.

IV La régulation de la chaleur dans la serre

Il faut 3 systèmes pour permettre de dissiper la chaleur dans la serre (Figure 6) :

1- Le refroidissement à eau qui dissipe la chaleur des panneaux de LED ;

2- Des échangeurs de chaleur qui permettent le refroidissement de l'air dans la serre et le noyau central ;

3- Des radiateurs pour dissiper la chaleur des pétales et du noyau en mode hibernation

1 Comment refroidir toute la serre en utilisant de l'eau ?

Comme les LED sont supposées être efficaces à 30% (éclairage) mais que deviennent les 70% restants ? Et bien ces 70% sont convertis par les LED sous forme de chaleur ; 90% de cette chaleur est évacuée par l'eau de refroidissement hors de la serre, dans le module d'habitation ce qui correspond au maximum à 172,3 kW pour tous les pétales combinés (les 4). En régulant les périodes d'éclairage des différents pétales, la consommation électrique pourrait être réduite.

Etant donné que chaque espèce de plantes a des besoins différents, la taille des échangeurs correspondant à la quantité de chaleur maximale qui devra être dissipée dans le pétale avec le blé dur est de 89,8 kW : les échangeurs de chaleur ont été construits pour transporter cette quantité de chaleur.

2 Comment refroidir et déshumidifier l'air ?

Le pétale avec le blé dur est celui où il faut évacuer la quantité de chaleur la plus importante. La chaleur qui doit être expulsée (la charge thermique) est de 128,7 kW environ. Comme cette charge thermique est la plus importante (la plus grande) parmi toutes les cultures envisagées dans les pétales, les échangeurs utilisés pour la déshumidification et le refroidissement de l'air ont été dimensionnés pour évacuer cette quantité maximale de chaleur.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

3 Des radiateurs pour évacuer la chaleur

En mode hibernation, le système de régulation thermique ne fonctionne plus. Il faut donc dissiper l'élévation de température dans chaque pétale ainsi que dans le noyau à l'aide de collecteurs de chaleur, reliés à des radiateurs extérieurs. La taille de ces radiateurs (surface radiative) est déterminée par la quantité de chaleur à dissiper pendant la phase d'hibernation durant laquelle plus aucun système électrique ne fonctionne. Avec une température maximale de 28°C à l'intérieur de la serre, la surface nécessaire des radiateurs devrait être de 442,5 m². Les radiateurs devraient être positionnés dans le cratère Peary, ce qui empêcherait le soleil d'interagir avec ceux-ci permettant un rejet de la chaleur plus efficace. Utilisation d'un « produit en croix » : comme 1 m² de radiateur permet d'évacuer environ 418,9 W et qu'en mode hibernation, il faut évacuer la chaleur supplémentaire de chaque pétale soit 145900 W, ainsi que celle produite dans le noyau 39500 W, il faut donc dissiper 185400 W. Le calcul nous donne une surface radiative de 442,5 m².

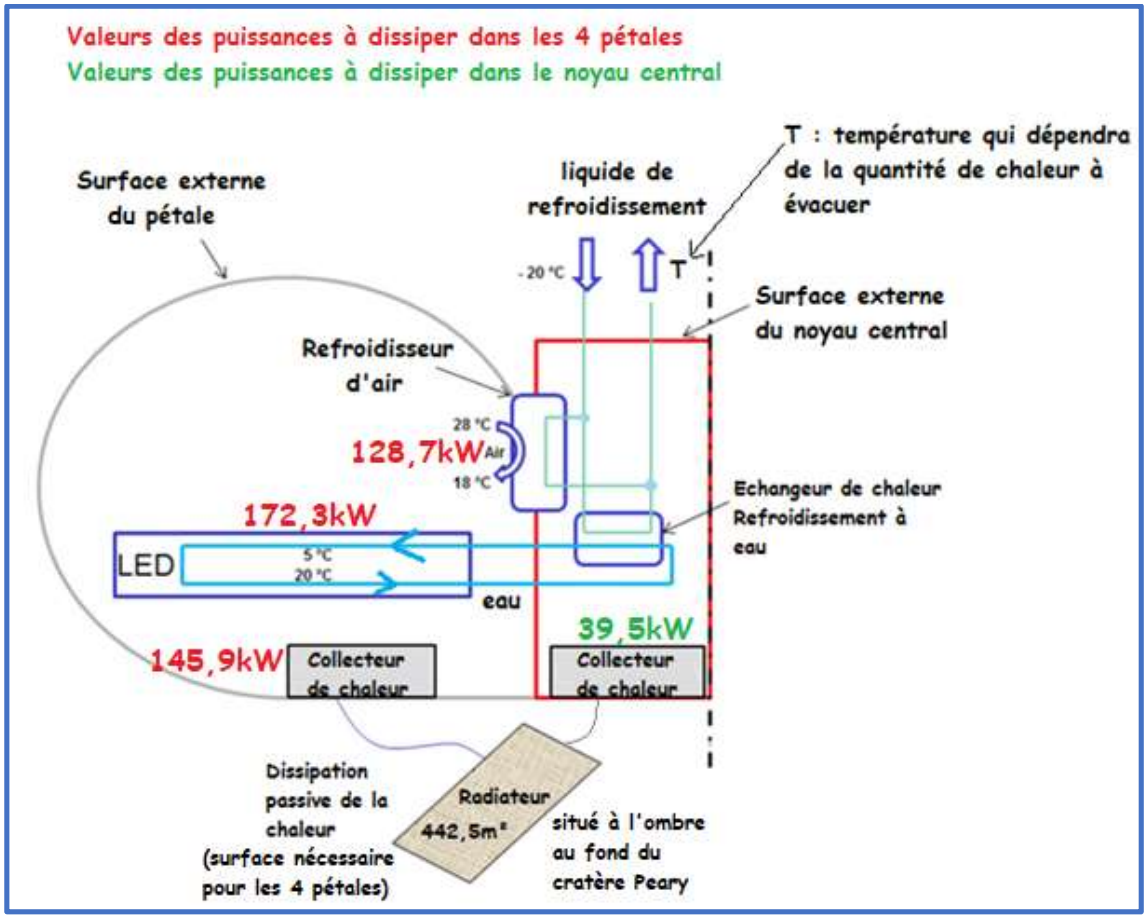


Figure 6 : Schéma représentant le système de contrôle thermique d'un pétale.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

V Conclusion

La deuxième partie résume l'étude de la possibilité de la conception des sous-systèmes de la serre, de la culture, de l'arrosage, de l'aération, de l'éclairage et de la gestion de la chaleur. La surface cultivable disponible est de 658 m², les plantes poussent dans des canaux dits en « V » en aéroponie et en hydroponie.

L'éclairage se fait à partir de lumière naturelle en utilisant des fibres optiques, et grâce à des panneaux de LED. La chaleur est dissipée au moyen d'échangeurs à eau, et de radiateurs en mode hibernation.

Ont participé au travail d'écriture de cet article, en collaboration avec Lucie Poulet, chercheuse en génie des procédés, (par ordre alphabétique) : ALBIGES Cyrielle, BARAS César, BERNARD Lorenzo, BONNELLE Robin, BRUNEL Héloïse, COUDERC Nguissine, COUDERC Sacha, DEPAQUIS Océane, DHERS Coralie, DINLEMEZ Karim, DJAMANE Danaé, DUCARNE Nicolas, DUFOUR Léo, EYNARD Adam, FOURNIER Ewan, FRICHOT Calixte, GRESLE Benjamin, LE CLEC'H Gaël, LEDUC Maxence, LEOCADIE Clara, MACKE Ambre, NADOUCE Lisa, NAVARRE--GAROT Tristan, PEREZ Gabriel, PEREZ Marie, PETETIN Laura, RAGUET Sarah, RAVENET Amélie, SABATY Marylou, SAUZEAU--CANCRE Fabian, SZEPESSY Ivan, TALARICO Serena.

Comment citer cet article : Lucie Poulet et la 4ème S1 du collège La Présentation de Marie (Salon de Provence (FR)), *Conception d'une Serre Lunaire – Partie 2,* Journal DECODER, 2021-06-30.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

Comment ça se reproduit une plante ?

Antoine Vernay[1] (chercheur) et la classe de CM2 de l'école Ferdinand FLOCON de Mme Quiblier[2] *(la liste des élèves est mentionnée en fin d'article)*

Article concept/*Concept article*

Institution : [1] Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, ENTPE, UMR 5023 LEHNA, F-69622, Villeurbanne, France

[2]EEA Ferdinand Flocon, 5 rue Ferdinand Flocon, 75018 Paris

©A.Vernay, Umea (Suède), juillet 2020

Résumé :

Différents moyens existent pour permettre la reproduction des plantes à fleur. La reproduction sexuée avec des échanges de grain de pollen entre plantes différentes ou la reproduction asexuée, par la production de clones. Cet article rédigé par une classe de CM2 de l'école Ferdinand Flocon illustre schématiquement ce processus biologique.

Mots clés : reproduction sexuée ; reproduction asexuée ; fleur ; pollinisation

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.

Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*

Journal DECODER, 2021.

Une plante, comme tous les êtres vivants se reproduit et se développe. Dans cet article, nous parlerons des plantes à fleur qui sont les plus nombreuses sur Terre aujourd'hui comme les fraisiers, les rosiers. Les fleurs sont des parties souvent colorées et qui ont une odeur sur une plante. Leur rôle est important pour créer de nouvelles plantes.

Mais pourquoi les plantes se reproduisent-elles ? Pourquoi créent-elles de nouvelles plantes ? Si elles ne se reproduisaient pas, elles disparaîtraient et il n'y aurait plus de plantes sur Terre. Donc grâce à la reproduction, des jeunes plantes apparaissent, qui remplacent les anciennes qui meurent.

Il y a deux modes de reproduction :

Reproduction sexuée

La reproduction sexuée, c'est comme pour les animaux, il faut deux plantes « parents » de la même espèce pour faire naître une nouvelle plante. Cette jeune plante ne ressemblera pas complètement à ses parents.

Dans la fleur, il y a une partie mâle (avec des grains de pollen) et une partie femelle (sur le pistil) (Figure 1).
Le vent ou les insectes permettent au pollen de tomber dans le pistil d'une autre fleur (Figure 1).

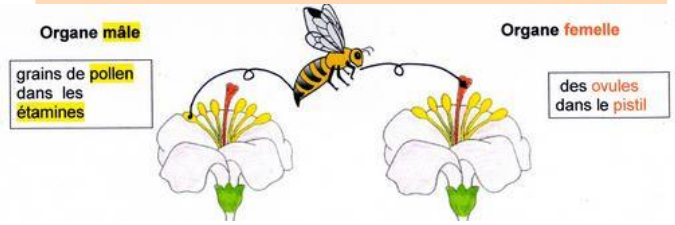


Figure 1 : Pollinisation par une abeille

Cette rencontre entre le pollen et l'ovule dans le pistil va créer une graine qui germera et formera une nouvelle plante (Figure 3).

Reproduction asexuée

La reproduction asexuée, c'est qu'on va copier une plante. Cette jeune plante sera un « clone » de son parent.

Par exemple, les fraisiers produisent des tiges un peu spéciales qu'on appelle des stolons. Ils vont pousser au-dessus du sol horizontalement et aller plus loin, se planter et faire un nouveau fraisier (Figure 2).

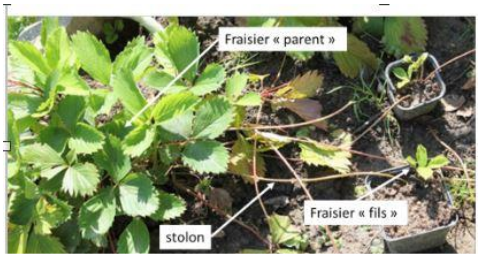


Figure 2 : Reproduction des fraisiers par stolons.

Par exemple, les bambous produisent des tiges (rhizomes) qui vont pousser sous terre horizontalement et ressortir de terre où un nouveau bambou naîtra (Figure 4).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

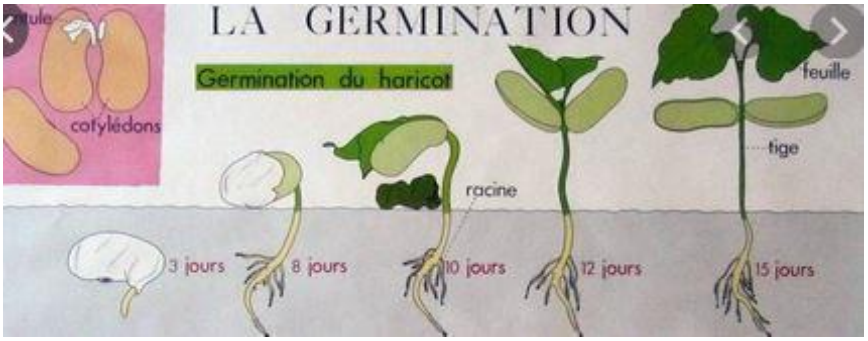


Figure 3 : étape de germination et de développement de la plantule

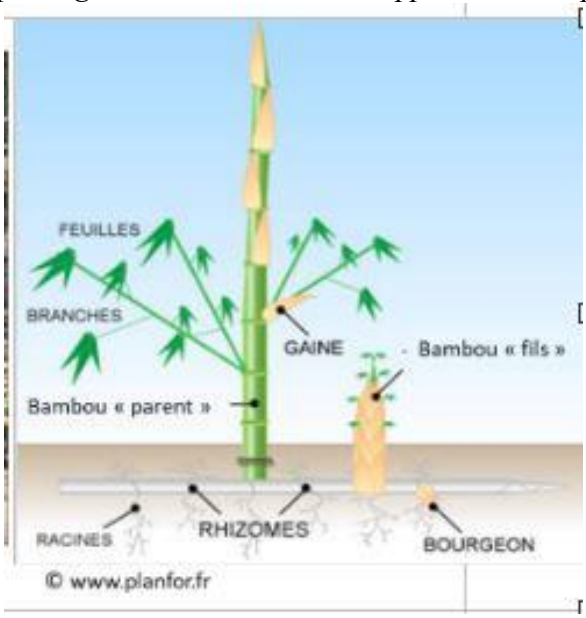


Figure 4 : Croissance par rhizome du bambou

Ont participé au travail d'écriture de cet article, en collaboration avec Antoine VERNAY, chercheur en écologie végétale (par ordre alphabétique) : Camille ANNONI, Nils BIGARDS, Pierre BOIMOND, Amine CHAGRA, Cassiopée CONDESSE MANGION, Zoé COUDRAY, Eléa DALLE, Djenabou DIABIRA, Alik DJALILOV, Salomé EINAUD, Césarée GENET-BONNET, Wael GHERBI, Léon GUERRY GORI, Jean JABIOL ALFARO, Nadine KENNOUCHE, Marie RANJASOA, Jade RAPHAEL, Oscar TISSIER, Mathieu TODIRICA, Saki WALTER

Comment citer cet article : Antoine Vernay et la classe de CM2 de l'école Ferdinand FLOCON (Paris (FR)), *Comment ça se reproduit une plante ?,* Journal DECODER, (2021-08-29)

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021.

Article publié le 29 Août 2021/*Article published on the 29th August 2021*

www.journal-decoder.fr

Article de recherche vulgarisé/*Research outreach article*

Mesure de la sédentarité chez des collégiens et des lycéens : protocole d'étude

Ludivine Paris[1,2] (chercheuse) et les élèves de la classe Pierre de Coubertin/Alice Milliat du collège Saint-Joseph (Cusset) de Carole Zacharie[3] et Stéphane Lestrade[3] (la liste des élèves est mentionnée en fin d'article)

Institution : [1] Projet Cap2025, Université Clermont Auvergne, 49 bd François Mitterrand, 63001 Clermont-Ferrand
[2] Vichy City Lab, Vichy Communauté, 9, place Charles de Gaulle, CS 92956 – 03209 VICHY Cedex
[3] Collège Saint-Joseph, 26 All. Pierre Berthomier, 03300 Cusset

Résumé :

Les impacts de l'activité physique (AP) et puis ceux de la sédentarité sur la santé ont été bien décrits. De plus, il est maintenant bien reconnu que les effets bénéfiques de l'AP ne suffisent pas à éliminer les effets néfastes de la sédentarité. Malgré ces connaissances et les campagnes de sensibilisation une part importante de la population reste inactive et sédentaire, quel que soit l'âge. Ainsi la prévention et la promotion des comportements sains ont pris une place importante auprès de tout public. En particulier, les enfants et les adolescents sont des cibles privilégiées pour lesquels l'acquisition des bons comportements dès le plus jeune âge est indispensable. Face à ces enjeux, divers dispositifs sont déployés pour promouvoir la santé par la pratique d'une AP et la lutte contre la sédentarité, à l'image de la classe Pierre de Coubertin/Alice Milliat et du City Lab sur l'agglomération de Vichy Communauté.

À travers ces démarches, les élèves de 3ème du collège Saint-Joseph ont travaillé sur un questionnaire d'évaluation de l'AP et de la sédentarité. Ce questionnaire sera par la suite rempli par les élèves de 4ème, 3ème et 2nde du collège et lycée Saint-Joseph. L'objectif est, d'une part

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021

de comparer les temps d'AP et de sédentarité selon le sexe et les niveaux de classe, d'autre part d'évaluer l'impact de l'école sur les activités et la sédentarité.

À terme l'ambition de ce projet est de faire évoluer les mentalités et les comportements. Cette étude servira de support pour proposer des solutions innovantes afin d'être plus actif au quotidien et limiter le temps passé assis, notamment à l'école.

Mots clés : Activité physique ; sédentarité ; adolescents ; collège ; lycée

I Introduction

Ces dernières années, les politiques de santé publique mettent l'accent sur les bienfaits de l'activité physique et sur les effets délétères associés à l'inactivité et à la sédentarité.

L'activité physique (AP) se définit comme « tout mouvement corporel produit par la contraction des muscles squelettiques et dont le résultat est une augmentation substantielle de la dépense énergétique par rapport à la dépense de repos » (Berthouze-Aranda S.E. et Reynes E, 2011). On distingue 4 contextes d'AP à savoir i) le travail, ii) les activités domestiques, iii) les déplacements et iv) les loisirs dans lesquels on différencie les activités non structurées et les activités structurées, dont le sport. En effet, ce dernier est défini comme « une activité physique planifiée, structurée et répétitive dans le but d'accroître les capacités physiques ».

Souvent confondues, l'inactivité physique et la sédentarité sont deux comportements différents. La sédentarité correspond au temps passé en position assise ou allongée tout en étant éveillé (Tremblay et al, 2012). L'inactivité physique est, quant à elle, définit comme un manque d'AP au regard des recommandations internationales (Tremblay et al, 2012). Ces facteurs augmentent le risque de surpoids et d'obésité et de nombreuses maladies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète et les cancers (Berthouze-Aranda S.E. et Reynes E, 2011 ; Sittarame D et Golay A, 2013). Il est à noter que le risque est d'autant plus élevé lorsque ces deux comportements sont associés. Enfin, ils sont d'autant plus dangereux qu'ils entrainent les individus dans un cercle vicieux, les amenant à être de moins en moins actifs et de plus en plus sédentaires et ainsi intensifier les risques pour la santé (Berthouze-Aranda S.E. et Reynes E, 2011).

Quels que soient le type (jardinage, marche à pied, activités récréatives…), l'intensité et la fréquence à laquelle elle est réalisée, l'AP est d'une importance capitale, non seulement pour lutter contre l'inactivité physique et la sédentarité, mais également pour promouvoir la santé. En effet, l'AP est largement reconnue pour ses bienfaits quels que soient le sexe, l'âge et l'état de santé (Inserm, 2008, 2019). À titre d'exemple chez les enfants et les adolescents, l'AP favorise une bonne croissance, renforce le tissu osseux, améliore la confiance en soi et réduit les risques d'obésité et de maladie. De plus, elle a une influence à plus long terme en favorisant un mode de vie actif à l'âge adulte.

Face à ces constats, l'Organisation Mondiale pour la Santé recommande aux adolescents d'être actifs et de pratiquer 60 minutes par jour d'AP d'intensité modérée à élevée. Un adolescent qui n'atteint pas ce niveau de recommandation est considéré comme physiquement inactif et augmente ainsi les risques pour sa santé.

Malgré la sensibilisation de la population à ces comportements, une part non négligeable de la population française reste inactive et trop sédentaire. Selon l'étude INCA 3 réalisée par

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021

l'Anses, 67% des adolescents et 37% des adultes n'atteignent pas le niveau de pratique d'AP recommandé pour être en bonne santé. De plus, 60% des adolescents passent plus de 3h devant un écran et 84% des adultes passent plus de 3h par jour en position assise.

Afin d'agir efficacement, il est tout d'abord indispensable d'évaluer et quantifier les comportements. Certains outils de mesure ne sont réservés qu'aux pratiques de laboratoire car ils sont très onéreux et nécessitent une expertise de fonctionnement et d'interprétation des résultats. C'est le cas par exemple des capteurs permettant de mesurer des paramètres physiologiques tels que la fréquence cardiaque, la température et l'accélérométrie (i.e. Actiheart et Armband). Plus récemment, les outils connectés (podomètre, montre et smartphone) sont de plus en plus répandus, abordables et utilisables par tout un chacun et permettent de quantifier l'AP sur la base de données d'accélérométrie ou de localisation. D'autres outils, qui peuvent sembler plus archaïques, sont également de précieuses sources d'informations dans la quantification de l'AP. À titre d'exemple, le journal de bord est un outil qui permet de détailler toutes les activités (type, durée et intensité) de la journée. Enfin, il existe de nombreux questionnaires d'auto déclaration pour rapporter les activités pratiquées (type, intensité, durée) sur une période donnée.

Les enfants et les adolescents représentent un public cible prioritaire. En effet, la promotion des comportements sains chez les jeunes prend tout son sens puisque les habitudes s'acquièrent dès le plus jeune âge. Ainsi, afin que les générations futures aient un mode de vie sain, de nombreuses actions leurs sont dédiées : enseignement de l'EPS dans les établissements scolaire, messages publicitaires, aires de jeux dans l'espace public, parcours de santé, … En tant qu'adolescents nous nous sentons fortement concernés par ces problématiques. Nous faisons partie de la classe Pierre de Coubertin/Alice Milliat, créé en 2019 (BO du 21 février 2019). Ce dispositif a pour objectif de constituer des groupes de jeunes ambassadeurs des jeux olympiques et paralympiques de Paris 2024. Nous avons pour mission de transmettre les valeurs de l'olympisme et donc, entre autres, du sport et des AP.

Parallèlement, dans le cadre du Label I-SITE et du projet « Cap 2025 » l'Université Clermont Auvergne et Vichy Communauté ont créé un « City Lab » pour promouvoir la santé au travers de la pratique de l'AP et la lutte contre la sédentarité. Au croisement de ces deux démarches, Ludivine Paris, docteur en Activité Physique et Santé et coordinatrice du City Lab, est intervenue sur les notions de bases de l'AP, de la sédentarité et de la santé. Suite à cette présentation, nous nous sommes engagés dans une démarche de recherche dont l'ambition est de faire évoluer les mentalités dans notre collège, et plus largement dans notre société. Plus spécifiquement nous souhaitons réduire le temps de sédentarité et promouvoir un mode de vie plus actif.

II Méthode

1 Population

Nous avons plus particulièrement pour cible les adolescents scolarisés en classe de 4ème, 3ème et 2nde en 2020-2021. En effet, en tant qu'élèves de 3ème nous nous sentons concernés par cette tranche d'âge. Nous avons aussi conscience que cette période correspond à une baisse de l'activité physique chez les jeunes. Cibler trois niveaux de classe nous permettra de déterminer d'éventuelles améliorations ou dégradations de notre sédentarité au fur et à mesure de l'âge. Nous souhaitons ainsi faire émerger ce qui influence les jeunes dans leur rapport à l'activité

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021

physique et la sédentarité.

2 Mesure

Afin de mesurer la sédentarité, un questionnaire d'auto déclaration a été spécifiquement élaboré. Cette méthode nous a semblé plus judicieuse car moins onéreuse qu'équiper tous les élèves d'outils connectés. Nous aurions également pu mesurer la dépense énergétique totale d'une semaine via un journal de bord mais nous craignions la surévaluation des données transmises par nos pairs.

Le questionnaire est constitué de 9 rubriques, elles-mêmes constituées d'une dizaine de questions chacune. Comme nous espérons aussi comprendre pourquoi les jeunes font beaucoup d'activité physique et sportive ou au contraire pourquoi ils en font peu, une des rubriques concerne leur motivation face à cette pratique. Ainsi, si évaluer le temps de sédentarité et faire un lien avec ce qui motive les élèves est une première étape, nous recherchons également s'il existe une corrélation entre le taux de sédentarité du foyer et celui de l'élève.

Les questions ont été choisies pour convenir à tous les types de profil, du plus sédentaire au plus actif. La majorité des questions sont à choix multiples pour faciliter des réponses courtes et claires et inciter les élèves concernés à répondre sérieusement. Le questionnaire est diffusé via l'espace numérique de travail de l'établissement sous la forme d'un Google Forms. Nous extrairons ensuite les résultats sous forme de fichier Excel afin de nous partager le travail de traitement des données.

3 Calculs

À partir des données collectées les temps moyens d'AP et de sédentarité seront calculés. Dans un premier temps, nous comparerons ces différents temps selon le sexe et le niveau de classe. Puis dans un second temps, des comparaisons entre les jours de la semaine et les jours de week-end, et ainsi que les moments de la journée seront effectuées pour évaluer l'impact de l'école sur la sédentarité. Pour finir nous évaluerons la motivation des élèves afin d'identifier les freins et les barrières à la pratique d'une AP.

III Conclusion

Pour conclure, avec l'aide de nos professeurs et de Ludivine Paris, nous espérons non seulement avoir une meilleure vue d'ensemble du niveau de sédentarité dans notre établissement mais surtout proposer des aménagements, des actions concrètes pour favoriser les prises de conscience et, dans l'idéal aller vers un changement des habitudes.

Nous utiliserons nos analyses pour favoriser la mise en place d'un système qui limitera la sédentarité dans notre établissement et encouragera la pratique physique de tous : aménager la cour, les classes, et mettre en place des dispositifs spatiaux, trouver des sources de motivations externes pour encourager les élèves à l'activité physique. Ainsi, nous irons rencontrer les instances directrices de l'établissement afin de, par exemple, demander la mise en place un marquage au sol dans la cour indiquant le nombre de mètres parcourus ou bien l'ouverture de créneaux d'activités sportives encadrées à la pause méridienne. Nous pourrons également rechercher des financements afin d'équiper certaines salles de classe de vélo-bureaux par exemple.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021

Références :

Berthouze-Aranda, S. E. & Reynes, E. « La sédentarité : un processus physio-psychologique et un facteur de risque pour la santé pour tous » *Science & Sports*, 2011; 26: 191-196

Inserm (dir.). Activité physique : contextes et effets sur la santé. Rapport. *Paris : Les éditions Inserm*, 2008; XII - 811 p. - (Expertise collective)

Inserm (dir.). Activité physique : Prévention et traitement des maladies chroniques. *Collection Expertise collective. Montrouge : EDP Sciences*, 2019; XVI-805 p.

Sittarame, F & Golay, A. (2013). « Comportement d'inactivité physique : une réponse adaptative inappropriée au maintien de la santé dans nos sociétés ? » *Revue Médicale Suisse*, 2013; 9: 679-683.

Tremblay, M.S. Colley, R.C. Saunders, T.J. Healy, G.N & Owen, N. « Physiological and health implications of a sedentary lifestyle » *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 2010; 35(6):724-740

Ont participé au travail d'écriture de cet article, en collaboration avec Dr Ludivine Paris, chercheuse en Activité Physique et Santé (par ordre alphabétique) : Matthieu COUTIERE, Clara DEBERT, Emma DE FERRIER, Agathe GAUDRON, Lou-Anne MANGIN, Emma-Louise PEPE, Tiago PETITRENAUD.

Comment citer cet article : Ludivine Paris et les élèves de la classe Pierre de Coubertin/Alice Milliat du collège Saint-Joseph (Cusset, FR), *Mesure de la sédentarité chez des collégiens et des lycéens : protocole d'étude*. Journal DECODER, 2021-08-29

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2021

The influence of climate change on songbirds in France

Nicolas DUBOS[1] (chercheur), la classe de DNL du collège Jean Racine à Château-Thierry et Fanny BITAULD[2] (professeur des SVT et de DNL ; *la liste des élèves est mentionnée en fin d'article)*.

Institution: [1]CIBIO, Research Centre in Biodiversity and Genetic Resources, InBIO, Universidade do Porto, Campus Agrário de Vairão, Rua Padre Armando Quintas, No 7, 4485-661 Vairão, Portugal

[2] Collège Jean Racine, 24 Rue Paul Doucet, 02400 Château-Thierry

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

I Introduction

Nicolas Dubos is a researcher in ecology specialised in climate change effects on biodiversity. He studied at the *Muséum d'histoire naturelle* and published an article in *Global Ecology and Biogeography* about "the contrasting effects of climate warming on French birds".
He asked the following question: **Are climate change effects homogenous across the world?**

According to Nicolas Dubos, climate change effects are more negative in warm regions. To answer this question, he analysed data on nine species of songbird in France.

His first hypothesis is that birds reduce their size as temperature increases, but in warm regions only. During the hot season, bird' metabolism[1] spends more energy to avoid overheat, causing the body to run out of energy for body growth. Besides, during the hot seasons, the availability of food in the ecosystem is reduced, which makes foraging very difficult.

His second hypothesis is that birds increase their size with rising temperatures in cold regions. During the spring, the cold is more constraining than the heat in these regions, and an increase in temperature may benefit juvenile birds. Warmer conditions would result in energy saving, and bird' metabolism would invest more energy into body growth. The effect on food availability is also reversed compared to warm regions: since the rain is not limiting in cold regions, warmer conditions would benefit plant growth, insect activity and hence, food availability in the ecosystem.

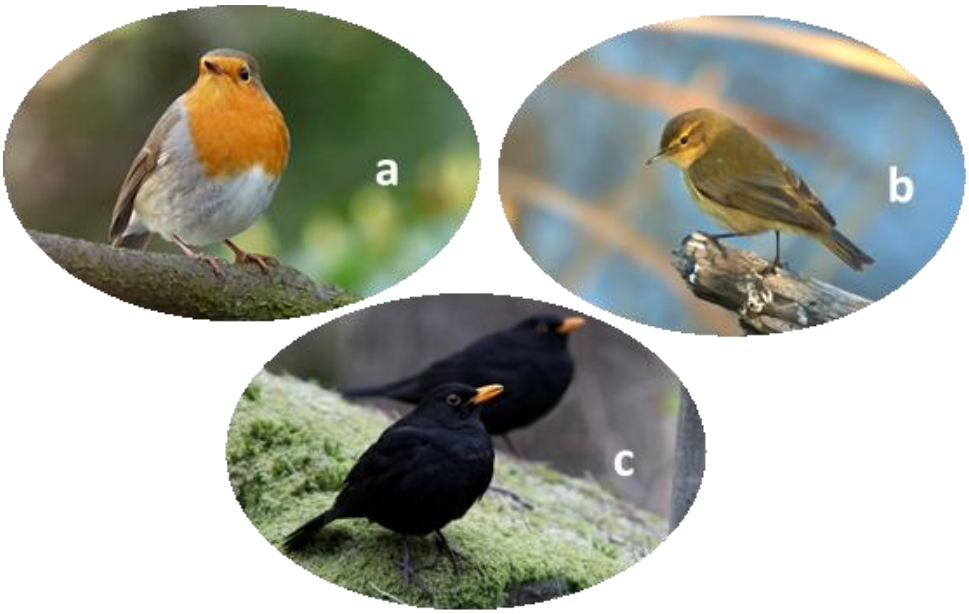
What are songbirds?

Passerines represents the largest group of bird species. They are scattered throughout the planet, with the exception of the Antarctica. Passerines gather one third of French birds and two thirds of the world's avian fauna. Divided into 69 families, passerines are qualified as songbirds and have complex muscles to control their syrinx allowing to produce vocalisation. Most of them are anisodactyl; they have four fingers, three of which point forwards and the last backwards. Passerine' eggs are often colored and the chicks born naked and blind. Their diet and their morphology vary according to the species and the season. Most of them are insectivorous during spring and granivorous during winter. Members of this group range in size from 14 to 28 centimeters.

[1] The chemical and physical processes by which a living thing uses food for energy and growth.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.



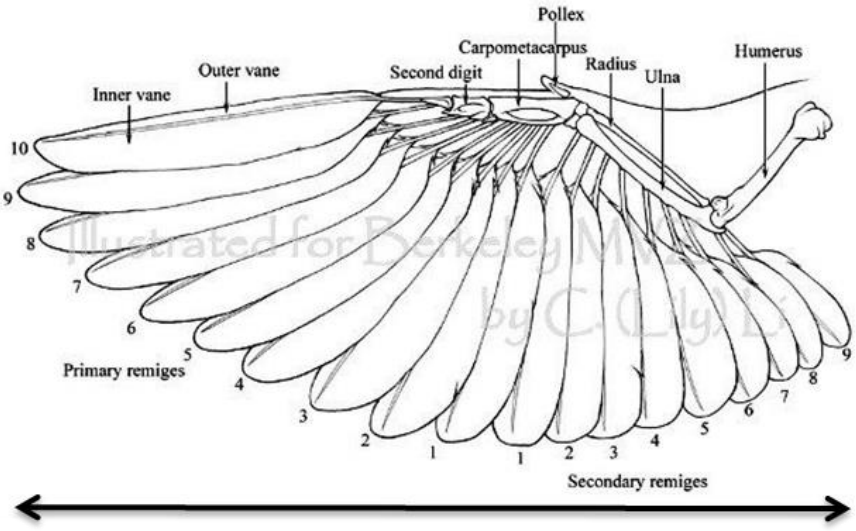
Photographies of *Erithacus rubecula (a), Phylloscopus collybita (b) and Turdus merla (c)*

II Methods

The authors used a statistical model to measure the effect of temperature anomaly on passerine body size and tested for a difference of effect between hot and cold areas. They used data from a national bird survey to test whether the effect of temperature anomaly reverses through latitude (in 204 studies sites). They used the size of the wings as an indicator of the overall body size because both measures are related, and wing length is the most frequent measure, i.e with the biggest data, allowing to produce robust statistics. For the same reason, they used the 9 species with the largest data available: *Acrocephalus scirpaceus*, *Aegithalos caudialus*, *Cyanystes caeruleus*, *Erithacus rubecula*, *Parus major*, *Phylloscopus collybita*, *Sylvia atricapilla*, *Sylvia communis* and *Turdus merla*.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.



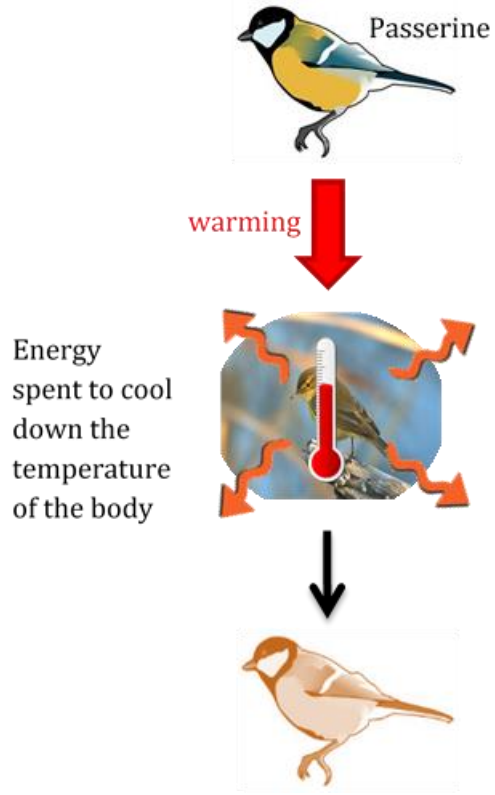
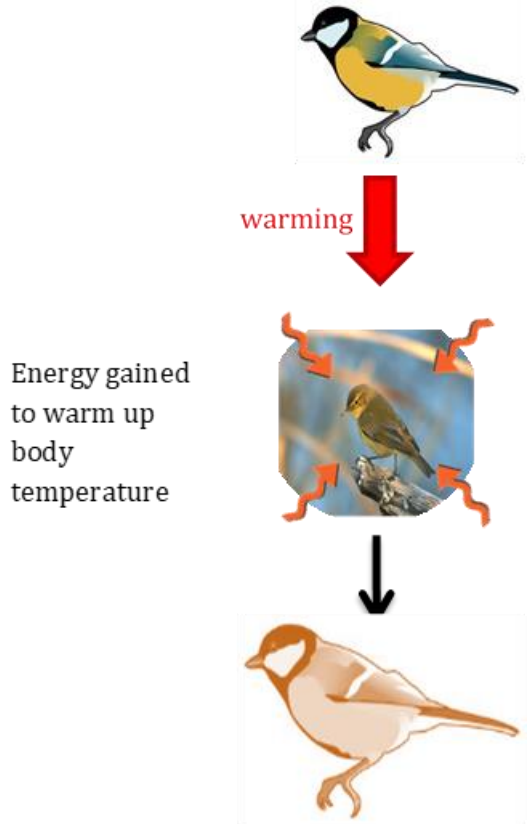
Drawing showing the wing's amount

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

III Results

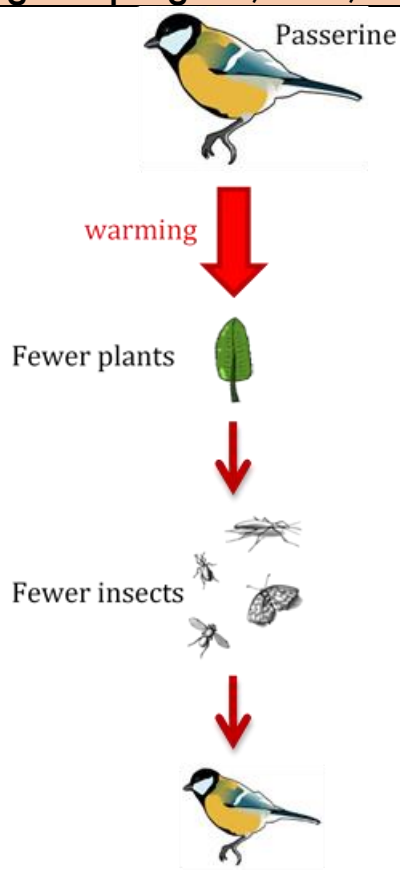
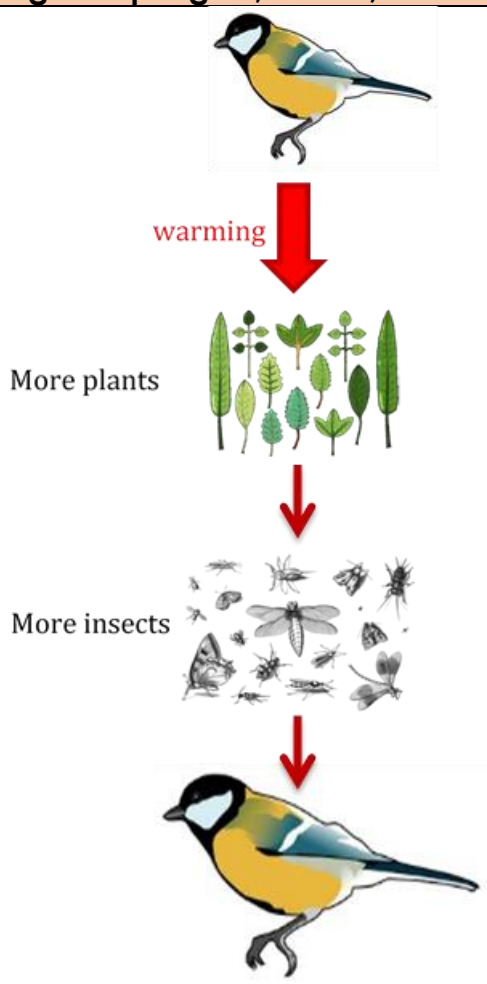
Direct effect : the bird's thermoregulation

In the hot areas of France During the spring : 16,9 – 19,58°C	In the cold areas of France: During the spring : 8,37 – 11,01°C
	
In hot regions (Mediterranean), the hotter the spring, the more energy using for thermoregulation. Birds have to spend energy to cool down the temperature of their body	In cold regions of France, global warming induces energy saving thermoregulation, which can be invested in growth. Birds are less hot so they need to spend less energy to cool down their body and they can use this energy to grow. In the most extreme cases, warming represents an energy gain, leading to larger body size.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Indirect effect : the amount of food available

In the hot areas of France During the spring : 16,9 – 19,58°C	In the cold areas of France: During the spring : 8,37 – 11,01°C
	
In hot regions (Mediterranean), the hotter the spring, the least is food search activity for chicks. Moreover, rainfall is lesser, implying fewer plants and insects. Consequently juvenile growth is hampered due to the fewer nutrient content in the environment. At the hottest areas in France, birds respond to climate change by shrinking.	In cold regions of France, global warming induces energy saving for thermoregulation, which can be invested in growth. As the rain is not limiting in the north, rain and warmer temperatures promote the development of plants and therefore insects. At the colder places in France, there is more food in warm years, so

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

	juveniles respond to climate change by growing more than usual.

IV Conclusion

Passerines respond to climate change by either reducing, maintaining or increasing their size. It can be explained by contrasting effects of heat on the food availability in the environment (plants, insects,…). Juveniles grow less during hot years but only in the southern part of France. Heat and drought are the main pressures in areas that are closer to the equator. Birds living in hot areas live closer to their upper tolerance boundary, and a slight warming may push them out of their comfort zone.

With this research, we conclude that species that are closer to the equator are therefore more vulnerable, are more at risk of extinction. Hence we have to keep a closer eye on them.

He recaps his research with Benjamin Freeman (*Universty of British Columbia*) in a rap clip!! https://www.youtube.com/watch?v=7M-YdF6zLP0

Ont participé au travail d'écriture de cet article, en collaboration avec Nicolas DUBOS (chercheur en écologie) : BUSATO Nathan, COLLET Benjamin, DJOULDEM Amanda, FRERE Mathéo, GUICHARD Lorenzo, JACOB Gislain, MONNET Kimberley et PEUGNIEZ Nolan.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Article publié le 11 Avril 2022/*Article published on the 11th April 2022* www.journal-decoder.fr

Article scientifique à l'initiative de la classe/*Scientific article initiated by the class*

Impact du changement climatique sur la production de blé pour la plaine Indo-Gangétique en Inde

Anne-Sophie Daloz[1] (enseignante-chercheuse) et la Classe de 4ème PASCAL du collège Anna de Noailles (Oise) de Mr Saudmont[2] *(la liste des élèves est mentionnée en fin d'article)*

Institution: [1] CICERO, Center for International Climate Research, Norvège
[2] Collège Anna de Noailles, 305 Rue Marcel Annoepel, 60430 Noailles

I Introduction

L'alimentation dans un monde impacté par le changement climatique

Comme le précise ce graphique la population mondiale augmente (Figure 1). La quantité de nourriture produite doit augmenter pour subvenir aux besoins grandissants des populations. En parallèle, les effets du changement climatique se font ressentir de plus en plus, notamment sur l'agriculture, avec souvent des effets négatifs sur les cultures et plus généralement la production de nourriture. Dans cet article, nous nous intéressons au cas d'une région en Inde (Asie), grande productrice de blé, afin de mieux comprendre les conséquences des impacts directes et indirectes du changement climatique.

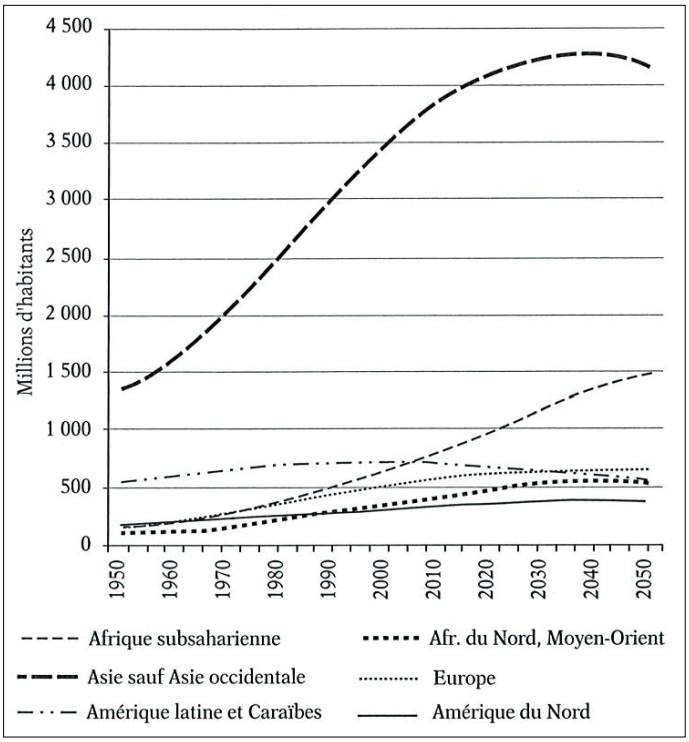


Figure 1 : Evolution de la population mondiale depuis 1950 et prévisions. (Source : https://www.senat.fr/rap/r11-504/r11-5042.html).

Les besoins du blé pour sa croissance.

Pour sa croissance, le blé a besoin de lumière, d'eau, de sels minéraux et de dioxyde de carbone pour sa croissance (Figure 2).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

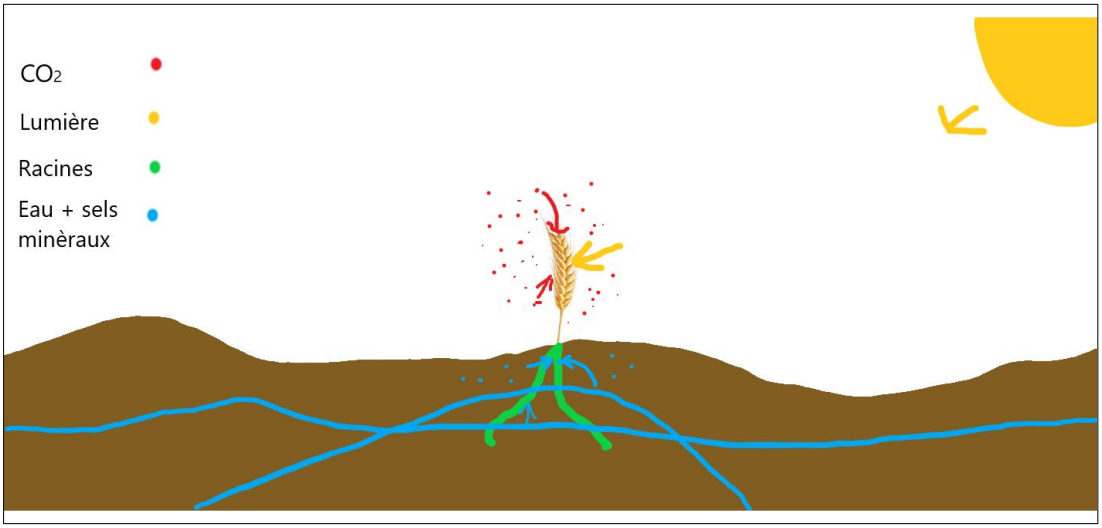


Figure 2 : Schéma résumant les besoins du blé (végétal) pendant sa croissance.

Localisation de la région Indo-Gangétique et description de son rôle pour l'Inde et le reste du monde

La plaine Indo-Gangétique (Indo-Gangetic Plain en anglais ; IGP) est une plaine très fertile d'Asie, en Inde, bordant les montagnes himalayennes. Cette région est extrêmement importante pour l'Inde et le reste du monde. En effet, cette région contribue grandement à la production de blé indienne, qui représente 13% de la production mondiale. En même temps, comme le reste du monde, cette région est et va être impactée par le changement climatique.

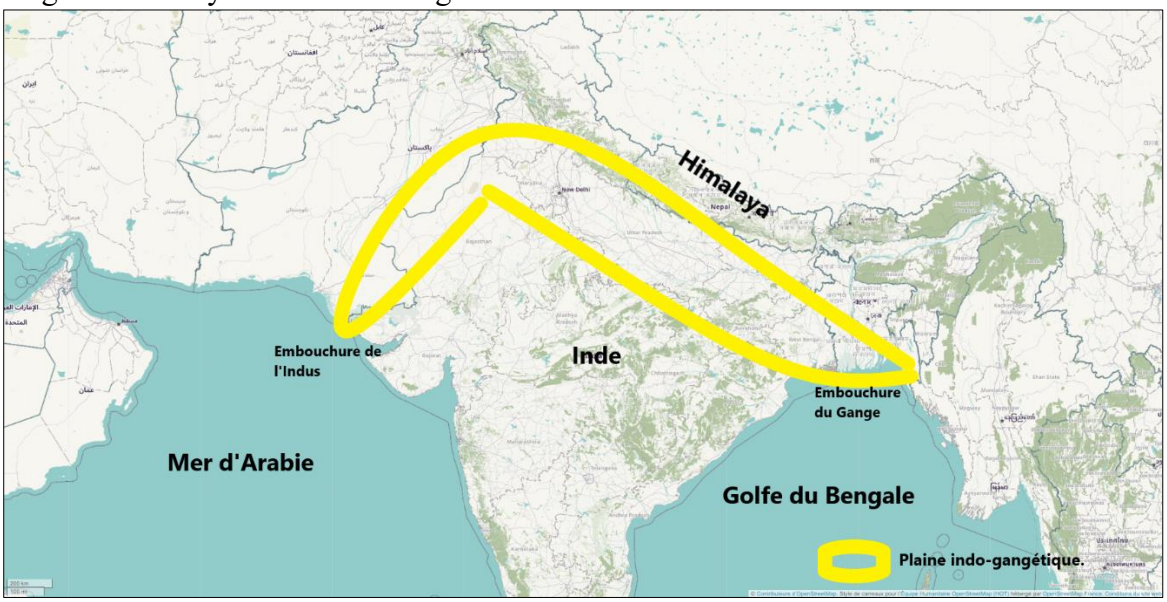


Figure 3: Carte localisant la plaine Indo-Gangétique en Inde (I.G.P.). (Modifié depuis source : fond de carte par OpenStreetMap France, sous licence CC BY-SA , © les contributeurs OpenStreetMap, sous licence ODbL)

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Impacts du changement climatique sur l'agriculture, définitions :

1) Impacts directs : un objet influe directement sur le sujet.

Quand on considère les impacts directs du changement climatique (Figure 3), nous nous intéressons à l'impact du changement climatique (augmentation de CO_2 : gaz présent naturellement dans l'atmosphère) sur l'environnement des plantes. Dans notre cas, nous nous intéressons à la modification des températures et de la quantité de pluie.

2) Impacts indirects : un objet influe sur un autre objet qui influe sur le sujet.

Pour les effets indirects (Figure 3), nous nous intéressons à des procédés qui exercent une influence sur la croissance de la plante et qui eux-mêmes sont impactés par le changement climatique. Dans notre cas, nous nous intéressons à l'irrigation des champs. L'irrigation est largement utilisée dans cette région de l'Inde depuis ce qu'on appelle la révolution verte. Dans cette région du monde, l'irrigation dépend de plusieurs facteurs comme la fonte des glaciers de l'Himalaya ou la quantité de pluie qui tombe par exemple. Le changement climatique exerce sur une influence sur ces facteurs. Par conséquent, plusieurs études montrent que le secteur de l'irrigation devrait être en difficultés dans le futur en IGP.

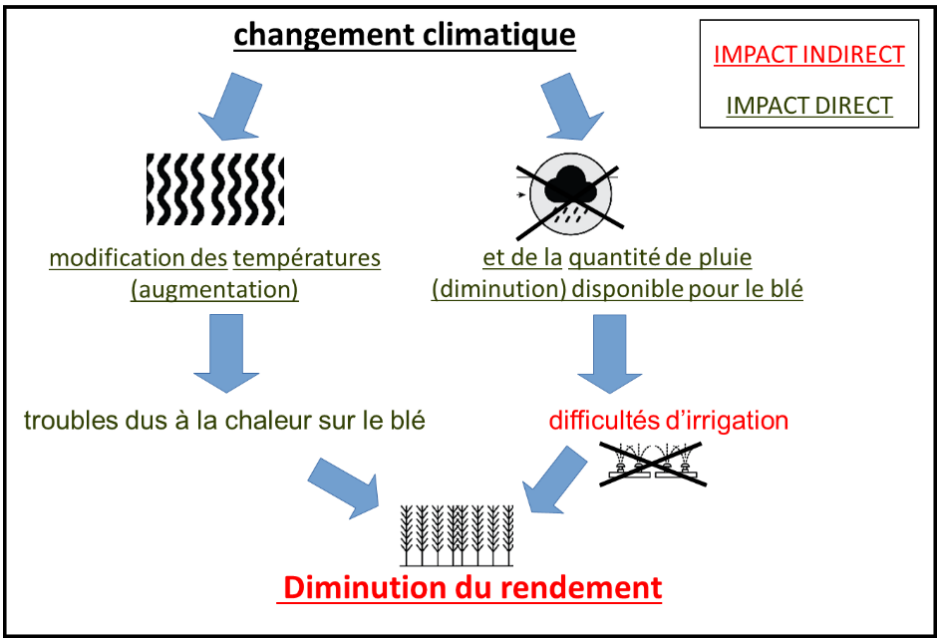


Figure 4 : Schéma résumant les impacts directs et indirects sur la production de blé dans l'I.G.P.

Dans ce contexte, nous nous intéressons aux questions suivantes :

- Quel est l'impact direct du changement climatique sur la production de blé en Inde (IGP) ?

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

- Quel sont les impacts directe et indirecte du changement climatique sur la production de blé en Inde (IGP) ?

II Modèles et méthodes

Pour travailler sur ces questions nous combinons[1] deux types de modèles* : modèle de climat et modèle de culture. Ces modèles sont très complexes[2], le premier modèle représente les conditions climatiques en Inde (température et pluie) pour le climat actuel mais aussi le climat futur. Le deuxième représente le cycle de vie d'une plante. Une partie des données produites par le modèle de climat va être incorporée[3] dans le modèle de culture pour modéliser l'impact[4] du changement climatique sur la croissance du blé.

* Un modèle climatique est une représentation du monde avec différents éléments (océans, nuages, terre, etc.) Il simule les conditions climatiques futures et présentes à partir de calculs. Ces calculs sont très complexes et peuvent être longs et sont réalisés grâce à des ordinateurs qui peuvent faire presque la taille qu'un terrain de foot (80%/90%). Les modèles nous aident à réfléchir à des solutions pour lutter contre le réchauffement climatique par exemple.

Lexique:
1: assemblons
2: difficiles, durs
3: mis, saisie informatiquement
4: les conséquences
5: dessin scientifique
6: méthode, étapes suivies

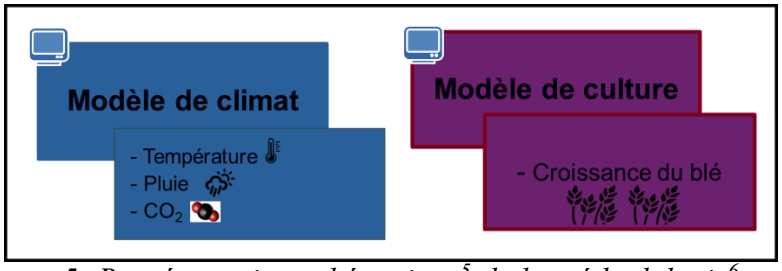


Figure 5: Représentation schématique[5] de la méthodologie[6] employée afin de calculer la production du blé pour les climats présents et futur

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

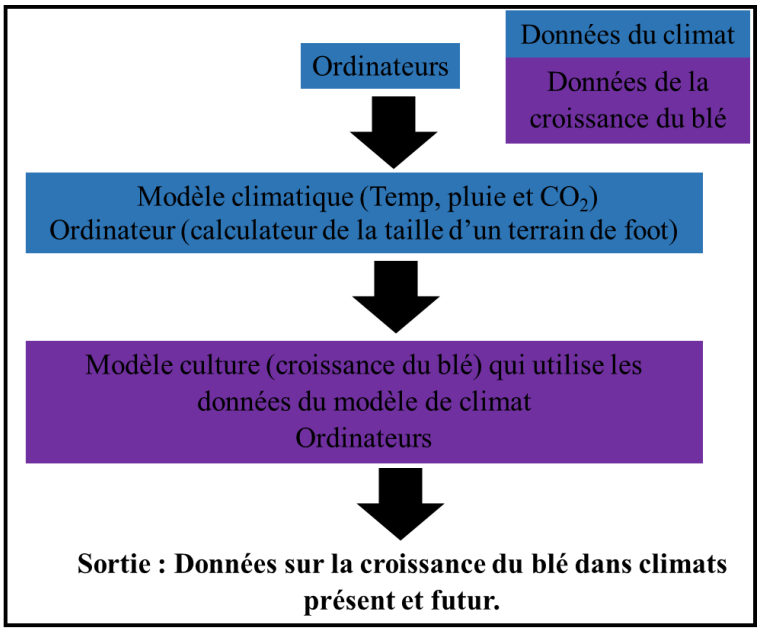


Figure 6 : Schéma représentant les modèles utilisés.

III Résultats

1 Impact du changement climatique sur la température et la pluie

Le modèle climatique* montre une augmentation des températures sur l'Inde. Pour la pluie, les résultats sont moins clairs mais on remarque une petite augmentation des pluies durant les mois de croissance du blé (novembre à avril ; Figure 7).

***Modèle climatique :** Un modèle climatique simule les interactions entre l'atmosphère, l'océan et les surfaces continentales. Grâce au modèle, les scientifiques ont des représentations numériques de la répartition géographique de différents paramètres, tels que la répartition des vents, des nuages, des masses d'eau...

2 Conséquences pour la production de blé

La simulation montre que ces changements dans l'environnement des plantes provoquerait une diminution entre -1% et -8% dans la production de blé dans le futur.

3 Inclusion des effets indirectes

Une fois l'impact de **l'irrigation*** inclus (limitation), la production de blé diminuerait entre -4% et 36%. Prendre en compte les effets indirects du changement climatique est essentiel.

***Irrigation :** arrosage artificiel et méthodique des terres

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

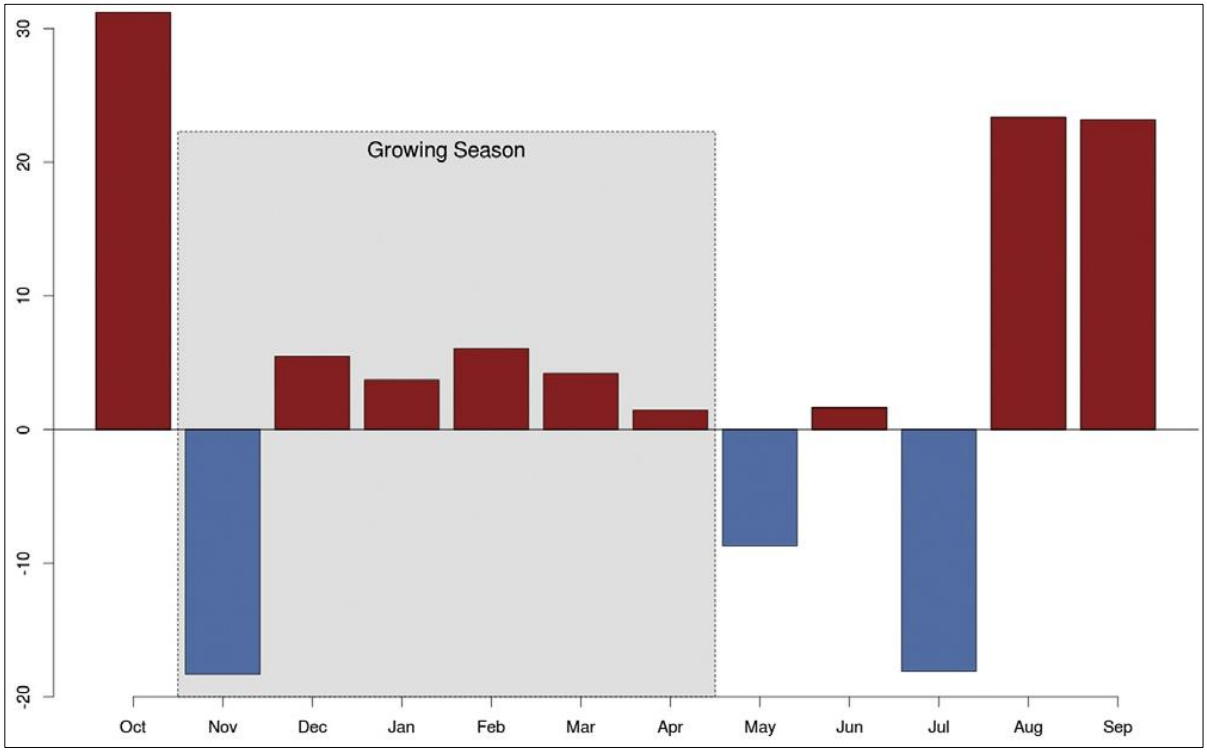


Figure 7 : Difference de quantite de pluie entre les climats futur et present (% ; source: Daloz et al. (2021).

IV Conclusion et discussion

L'étude des impacts du changement climatique est compliquée, comme on le voit dans cette étude. Il faut prendre en compte les effets directs et indirects liés au réchauffement de la planète. Il est important de prendre en compte cette complexité et de ne pas s'intéresser seulement à ce qui est évident. L'amélioration des modèles climatiques mais aussi leur association permettent prendre en compte cette complexité et de mieux comprendre l'impact du changement climatique.

Mieux comprendre les impacts du changement climatique est important puisque cela permet de mieux se préparer afin d'essayer d'éviter ou de limiter les effets du changement climatique et de mieux protéger les populations et les **écosystèmes***.

***Écosystèmes :** Unité écologique de base formée par le milieu et les organismes qui y vivent.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Élèves impliqués dans le travail d'écriture (par ordre alphabétique) :

Beaupied Célia, Bekhti Yasmine, Bellino Fabio, Boudin Tilia, Breemeersch Cali, Cerny-Lehuede Timoté, Chartier Léana, Da Silva Martins Enzo, Daventure Léo, De la Fuente Marie-Lou, Decaix Lana, Dubos Aimé, Dusautoir Raphaël, Eckert Hugo, Geyasridaran Hajaane, Houel Manon, Kielbasa Mathilde, Le Gac Louisa, Ledent Sasha, Lefevre Timéo, Mery Maïlys, Ottenin-Besse Chloé, Rousselot Tristan, Savoyant Drouard Ninon, Servais Sacha, Soeira Nunes Léandro, Solon Mathis, Tamion Pauline, Tournier Thomas de la classe de S.V.T. 4e PASCAL de M Saudmont G. du collège Anna De Noailles (Oise, Année scolaire 2021-2022).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

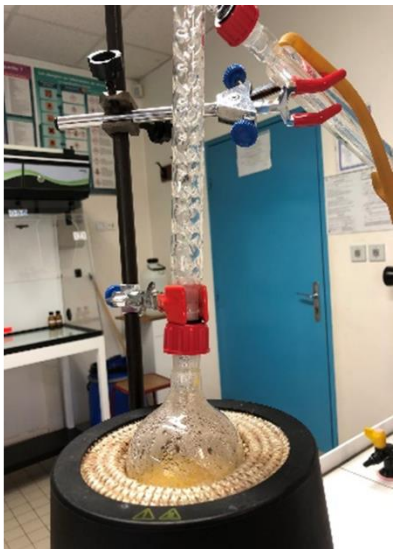
Article publié le 11 Avril 2022/*Article published on the 11th April 2022* www.journal-decoder.fr

Article scientifique initié par la classe/*Scientific article initiated by the class*

Des huiles essentielles au secours de l'agriculture biologique

Sandrine Moja[1] (enseignante-chercheuse) et la classe de 2nde 11 du Lycée Jean Calvin (Noyon) de Mme Danglot[2] et Mr Dubois[2] *(la liste des élèves est mentionnée en fin d'article)*

Institution : [1] Univ Lyon, UJM-Saint-Etienne, CNRS, LBVpam UMR 5079, 23 rue du Dr Paul Michelon F-42023, SAINT-ETIENNE, France
[2] Lycée Jean Calvin rue Jean Calvin 60400 Noyon



Résumé :

Les élèves de la classe de seconde 11 du lycée Jean Calvin de Noyon se sont demandés comment les plantes se protégeaient face aux champignons. Pour pouvoir répondre à cette problématique ils ont testé cela sur de la levure de boulanger (*Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E. C. Hansen, 1883). Cet organisme est un eucaryote (pourvu d'un noyau) unicellulaire utilisé souvent dans les laboratoires comme modèle. Au niveau des plantes, les élèves se sont tournés vers les huiles essentielles (HE) d'orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck, 1765) et de citron (*Citrus limon* (L.) Burm. f., 1768) utilisées dans l'agriculture biologique pour leur effet antifongique. Les élèves ont réalisé en travaux pratiques de chimie, l'extraction d'HE d'orange. Puis deux protocoles ont été mis en place. Le premier a permis de cultiver des levures à 30°C pendant 8 jours, puis à placer des supports imbibés de l'HE à différentes concentrations (0, 25%, 50 % ou 75 %). Les résultats n'ayant pas montré de différence sur l'état des levures, les élèves ont effectué un 2e protocole en plaçant les HE en même temps que les levures. Au bout d'une semaine, ils ont pu observer, ~~qu'~~autour du support diffusant de l'HE, l'absence de développement de levure.

Mots clés : Champignon ; Huile essentielle ; levure ; protection

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

I Introduction :

De nombreuses études ont été menées sur l'utilisation des huiles essentielles en agriculture et notamment dans la viticulture. L'huile essentielle d'orange douce est utilisée en culture biologique (GRAB, 2018). Les HE sont des mélanges de molécules appelées composés organiques volatils (COV). Ces molécules sont produites par de nombreuses plantes et extraites par distillation. Dans la nature, les COV permettent aux plantes de communiquer chimiquement avec les autres organismes de leur environnement. C'est une forme de langage qui permet par exemple d'attirer des pollinisateurs sur les fleurs (pour la reproduction de la plante) ou au contraire de repousser les herbivores ou les pathogènes (champignons, bactéries) et ainsi défendre la plante face à divers agresseurs. Les élèves ont choisi de travailler sur des HE d'agrumes dans leur étude avec la levure de boulanger vivante cultivée en condition stérile afin de tester si les plantes peuvent se protéger avec leurs huiles essentielles face aux champignons.

II Matériels et méthodes

1 Extraction de l'huile essentielle par distillation

Le dispositif est présenté sur la Figure 1, il est constitué d'un ballon, placé dans un chauffe ballon, relié à un réfrigérant. Ce système permet la condensation du distillat dans le réfrigérant. Le distillat, composé de l'huile essentielle (COV lipophiles) et d'eau aromatique (mélange d'eau et de COV hydrophiles) est récupéré à la sortie dans un erlen meyer (Figure 2). Le zeste d'une orange est broyé dans un mortier puis placé dans un ballon de 250 mL avec 100 mL d'eau (Figure 3). Le tout est porté à ébullition douce entre 50 et 60 °C : l'huile essentielle entraînée à la vapeur est recueillie dans le bêcher où elle surnage.

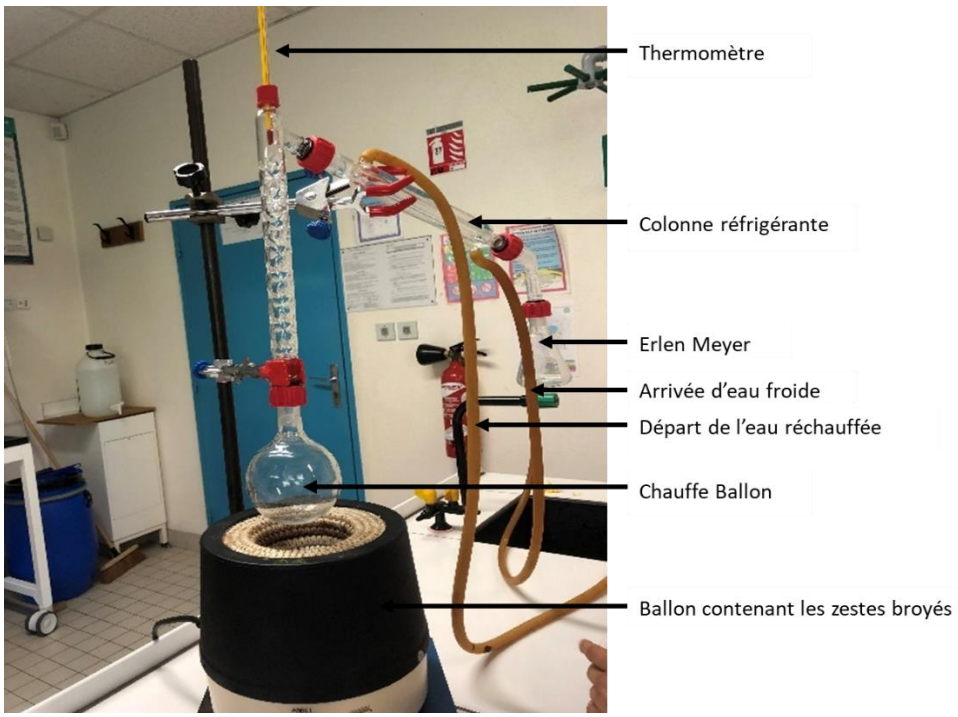


Figure 1 : Montage complet (crédits photos : Lycée Jean Calvin)

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

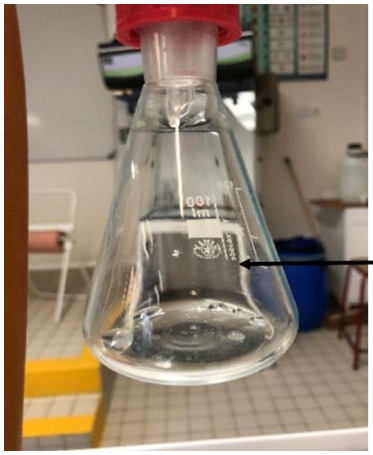


Figure 2 : Récupération de l'HE et de l'eau aromatique (crédits photos : Lycée Jean Calvin)

2 Séparation et relargage de l'huile essentielle

Le distillat est versé dans une ampoule à décanter et 50 mL d'une solution saturée de chlorure de sodium, utilisée pour rincer le bécher, sont ajoutés, l'ensemble est agité avec précaution en prenant soin de dégazer. Après décantation lente les 2 liquides se séparent, le plus dense, hydrophile se rassemblant dans la partie inférieure. Lorsque les 2 phases sont bien distinctes elles sont séparées en recueillant la solution ionique dans un premier bécher et l'autre phase, lipophile qui contient l'huile essentielle dans un deuxième petit bécher.

Figure 3 : Préparation des zestes d'orange (crédits photos : Lycée Jean Calvin)

3 Culture des levures en conditions stériles

Toutes les manipulations sont réalisées en condition stérile sur une paillasse nettoyée à l'éthanol, dans la zone de 20 cm autour d'un bec bunsen, en respectant les règles d'hygiène et de sécurité (mains lavées, port d'une blouse, manches relevées et cheveux attachés). La solution de levure est préparée à température ambiante avec 0,5 g de levures déshydratées (marque Chabrior) remise en suspension avec un agitateur stérile dans 100 mL d'eau stérile puis aliquotée par 1 mL en tube stérile. Le milieu de culture est préparé avec 0.5 g de bouillon de bœuf (marque Maggie), 0.7 g de glucose (Sordalab) et 0.5 g d'agar-agar (Sordalab) dissous avec un agitateur dans 25 mL d'eau distillée préalablement chauffée (Figure 4), le mélange est porté à ébullition puis versé dans une boite de pétri stérile (Figure 5). 50 boîtes de pétri sont préparées afin de disposer de 5 répétitions par condition. Après refroidissement les boites sont ensemencées avec une goutte de suspension

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

de levures, déposée avec une pipette pasteur stérile et étalée avec un étaleur stérilisé à l'éthanol (Figure 6). Les boîtes sont placées à 30°C dans une étuve pendant une semaine.

Figure 4 : Préparation des milieux de culture (crédits photos : Lycée Jean Calvin)

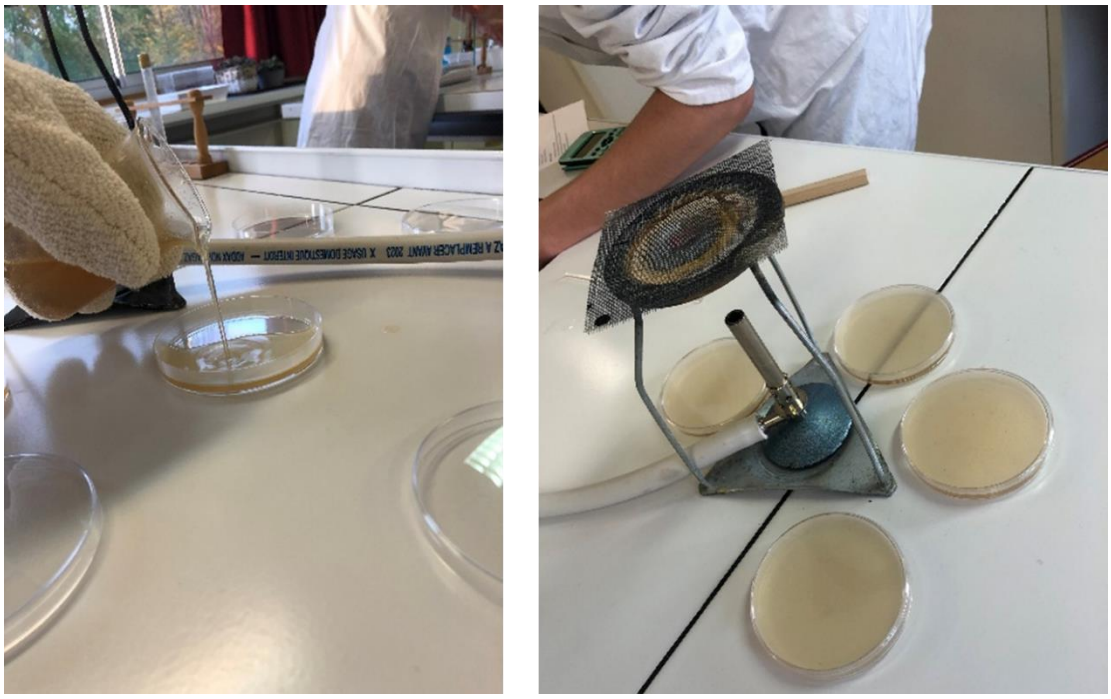


Figure 5 : Répartition de la gélose dans les boîtes de pétri (crédits photos : Lycée Jean Calvin)

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

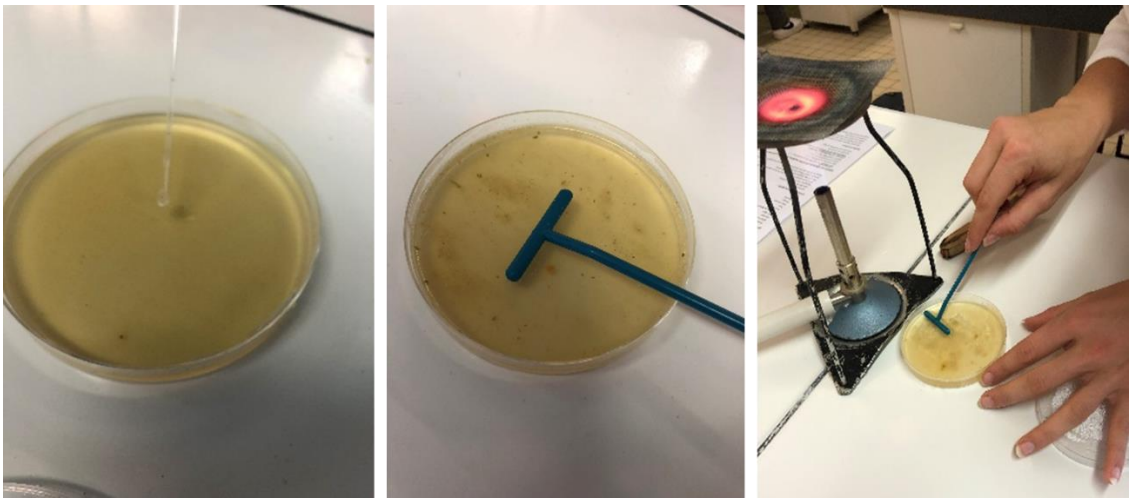


Figure 6 : Etalement du saccharomyces cerevisiae sur les géloses (crédits photos : Lycée Jean Calvin)

4 Application des huiles essentielles sur les levures

Toutes les manipulations sont réalisées en condition stérile. Deux protocoles expérimentaux de contact des levures avec les HE sont réalisés. Dans les deux cas des disques de papier wattman imbibés de solution d'HE concentrées ou diluées dans de l'huile d'olive sont déposés dans la boite de pétri. Le premier protocole correspond à un contact sur des cultures de levure âgées d'une semaine. Le second correspond à une mise en contact lors de l'ensemencement. Dans les deux cas le temps d'application du traitement est d'une semaine à 30 °C. Les huiles essentielles d'orange (*Citrus sinensis* de chez Puressentiel contenant Limonène) et de citron (Citrus limon de Puressentiel contenant Limonène, β-Pinène, γ-Terpène) sont utilisées pures ou diluées dans de l'huile d'olive aux concentrations suivantes : 0 ; 25 ; 50 ; 75 %. Après une semaine de culture, les résultats sont lus, les boites sont photographiées et le nombre de colonies est mesuré avec le logiciel « mesurim » (Logiciel réalisé par Jean-François Madre, enseignant associé à l'équipe ACCES)

5 Observations microscopiques des glandes sécrétrices d'huile essentielle

Des coupes transversales fines sont effectuées dans le zeste avec la lame de rasoir (Figure 7. Elles sont montées entre lame et lamelle dans une goutte de Rouge Soudan III

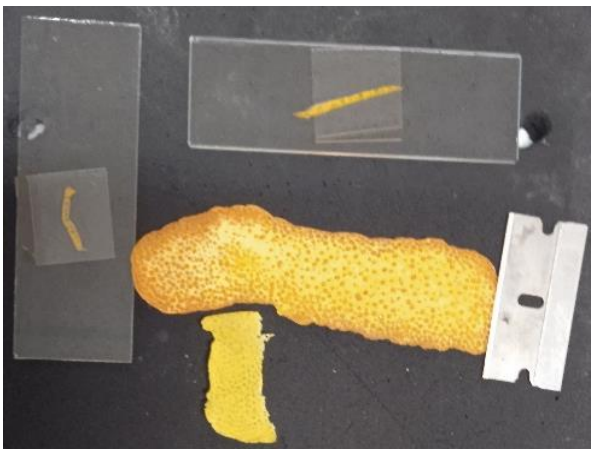


Figure 7 : La préparation des lames (crédits photos : Lycée Jean Calvin)

III Résultats :

1 Obtention d'huile essentielle d'orange

La peau des agrumes contient des poches ou glandes à huile dont les cellules renferment des composés organiques odorants. Ces

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

composés, peu solubles dans l'eau, sont difficiles à extraire par macération ou décoction dans l'eau. On préfère utiliser la technique de l'hydro distillation qui consiste à porter à ébullition, un mélange d'agrume et d'eau. Sous l'action de la chaleur, les cellules des agrumes éclatent et libèrent des composés organiques volatils. La vapeur d'eau formée entraîne les composés organiques à l'état gazeux vers le réfrigérant. La condensation de ce mélange gazeux provoque sa séparation en deux phases liquides :

La phase organique supérieure, huileuse et très odorante, appelée "huile essentielle", contenant la majorité des composés odorants.

La phase aqueuse inférieure, odorante, appelée "eaux aromatiques ", qui n'en contient que très peu.

Il reste des molécules odorantes dissoutes dans la phase aqueuse. On veut les récupérer dans la phase organique. Ces molécules sont encore moins solubles dans une solution aqueuse ionique que dans l'eau pure. En ajoutant une solution ionique au distillat et en agitant, pratiquement toutes les molécules odorantes passent dans la phase organique, la phase aqueuse devenant ionique. L'opération se fait dans une ampoule à décanter. La solution ionique utilisée est souvent une solution de chlorure de sodium saturée.

Pour récupérer les éventuelles traces d'huile essentielle encore présentes dans la phase aqueuse, on pourrait également réaliser une extraction liquide – liquide avec du dichlorométhane, mais celui-ci reste un solvant organique relativement dangereux.

2 Effet des huiles essentielles de citron et d'orange sur des colonies de levures de boulanger formées (Tableau 1)

Des colonies de levure se sont formées sur toute la surface de gélose après une semaine de culture. Certaines boites étaient contaminées par des colonies de petite taille (probablement des bactéries) et n'ont pas été utilisées par la suite. Chaque boite a été prise en photo sans être ouverte avant et après application des HE (Figure 8).

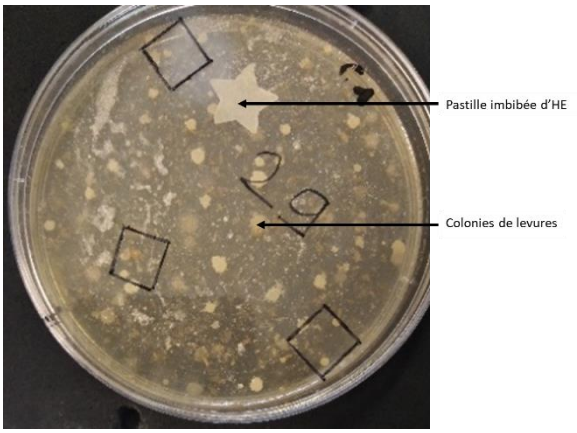


Figure 8 : Exemple de résultat après une semaine de mise en contact avec les HE
(crédits photos : Lycée Jean Calvin)

Conditions	Répétitivité de l'expérience	Résultats présence ou absence de halo d'inhibition
Boîtes témoin sans huile essentielle	N = 5	Absence
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle d'orange douce	N = 5	
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle d'orange obtenue par distillation en TP de chimie	N = 5	
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle d'orange diluée à 25 %	N = 5	
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle d'orange diluée à 50 %	N = 5	
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle d'orange diluée à 75 %	N = 5	
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle de citron	N = 5	
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle de citron diluée à 25 %	N = 5	
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle de citron diluée à 50 %	N = 5	
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle de citron diluée à 75%	N = 5	

Tableau 1 : Résultats du premier protocole

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

3 Effet des huiles essentielles de Citron et d'Orange sur la croissance de la levure de boulanger (Tableau 2)

Les résultats sont présentés sur la Figure 10 et la Figure 9. Après une semaine à 30 °C les levures se sont multipliées sur toutes les boites en formant un tapis plus ou moins uniforme avec parfois quelques colonies isolées. Sur toutes les boites avec un disque imprégné d'HE un halo d'inhibition apparaît nettement autour du disque, c'est une zone de quelques mm sans cellule. Cette zone n'est jamais observée sur les boites témoins sans disque et celles avec disque imprégné d'huile d'olive qui avait servi de diluant des HE.

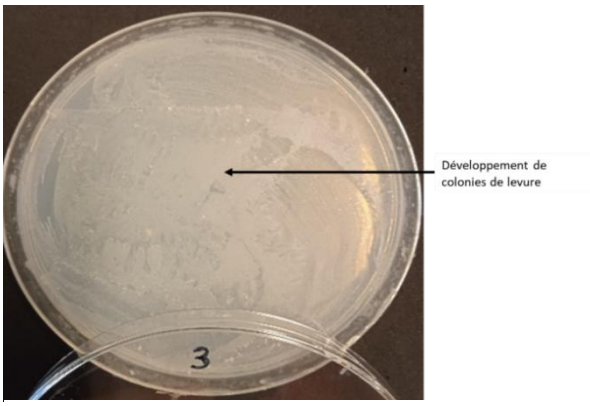


Figure 10 : Exemple de résultat en l'absence d'HE (crédits photos : Lycée Jean Calvin)

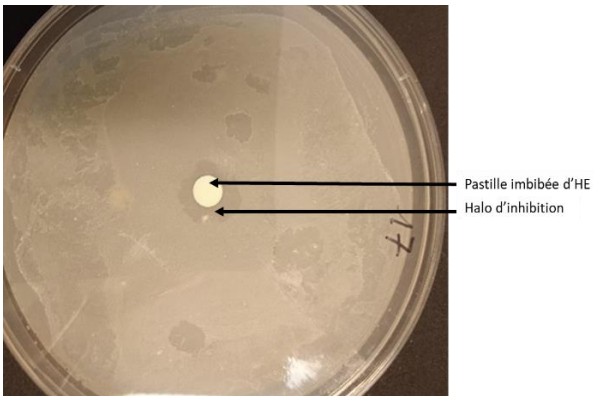


Figure 9 : Exemple de résultat en présence d'HE (crédits photos : Lycée Jean Calvin)

Les élèves ont pu observer des gouttes d'HE mises en évidence ou non par le Rouge Soudan III dans les zestes de citron et d'orange (Figure 11, Figure 12 et Figure 13).

Conditions	Répétitivité de l'expérience	Résultats Présence ou absence de halo d'inhibition
Boîtes témoin sans huile essentielle	N = 5	Absence
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle d'orange	N = 5	Présence
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle d'orange diluée à 25 %	N = 5	
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle d'orange diluée à 50 %	N = 5	
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle d'orange diluée à 75 %	N = 5	
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle de citron	N = 5	Présence
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle de citron diluée à 25 %	N = 5	
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle de citron diluée à 50 %	N = 5	
Boîtes avec un support diffusant de l'huile essentielle de citron diluée à 75%	N = 5	
Boites avec un support diffusant de l'huile d'olive	N = 5	Absence

Tableau 2 : Résultats du second protocole

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

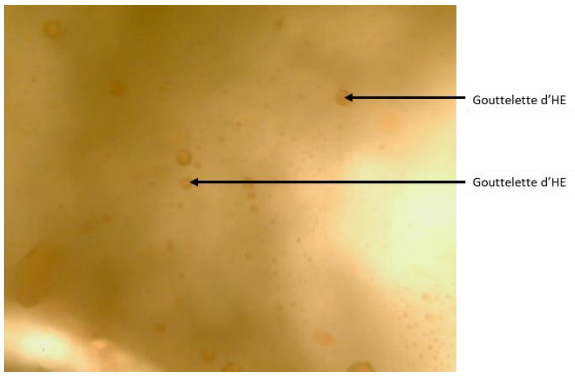


Figure 11 : Gouttes d'HE de citron Microscope optique x100 avec Rouge Soudan (crédits photos : Lycée Jean Calvin)

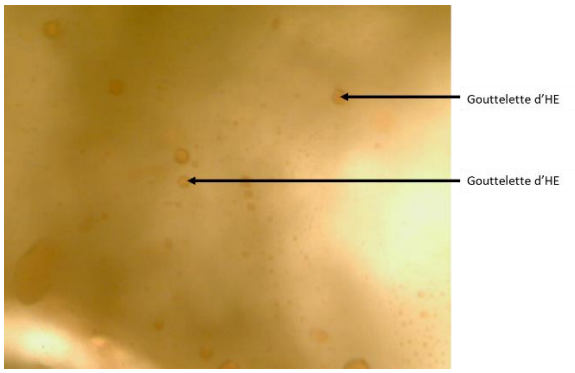


Figure 12 : Gouttes d'HE d'orange Microscope optique x100 avec Rouge Soudan (crédits photos : Lycée Jean Calvin)

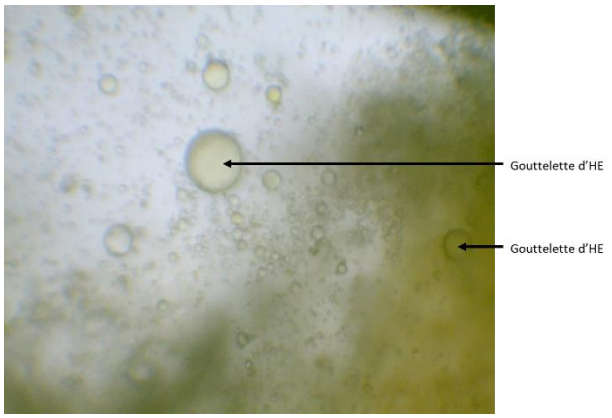


Figure 13 : Gouttes d'HE d'orange Microscope optique x 100 sans Rouge Soudan (crédits photos : Lycée Jean Calvin)

IV Discussion :

Les résultats obtenus avec le premier protocole sur des colonies formées de levure ont été traitées avec le logiciel mesurim. Les comptages ont été très difficiles suite à une présence très importante de colonies formées de levure après une semaine d'incubation. Aucun changement n'a été observé après l'addition d'HE sur les colonies par la méthode du disque de papier imprégné et cela quelle que soit la concentration (0, 25, 50, 75 et 100%) et le type d'HE (citron, orange). Ces résultats indiquent que les traitements aux huiles essentielles appliqués sur les colonies de levure de boulanger n'ont pas modifié la croissance cellulaire ou que la méthode ne permet pas de mesurer cette variation de croissance. Cette seconde hypothèse a conduit à l'élaboration d'une deuxième expérience. Les élèves ont défini un nouveau protocole permettant de placer en même temps la levure et les huiles essentielles. Ils en ont profité pour ajouter une condition afin de tester l'impact de l'huile d'olive seule sur la croissance des levures. Après une semaine de culture un halo d'inhibition est apparu autour des disques quelle que soit la dilution (25, 50, 75 et 100%) et le type d'HE (citron, orange). Les résultats montrent que la culture de levure n'a pas pu se développer au contact des huiles essentielles de citron ou d'orange. Par ailleurs les résultats indiquent que les huiles essentielles agissent même très diluées. Cette méthode n'est pas quantitative et il est difficile d'établir le lien entre le diamètre d'inhibition de croissance et la concentration en HE. En effet ces dernières étant de nature lipophile (hydrophobe), leur diffusion dans la gélose (hydrophile) n'est pas mesurable ce qui pourrait expliquer pourquoi les élèves n'ont pas observé d'halo plus ou moins important autour du disque en fonction de la dilution d'HE. Les élèves ont également montré que l'huile d'olive n'a aucune action contre la croissance des levures de boulanger. Les huiles essentielles de citron et d'orange

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

sont riches en monoterpènes, petites molécules à 10 carbones portant différents groupements chimiques. Ces deux HE sont riches en limonène qui représente plus de 90 % de celle d'orange douce. Chaque espèce ou variétés d'une même espèce produit un mélange spécifique qui conduit à la composition de l'HE, à son odeur (https://www.youtube.com/watch?v=W9JpRg8M1qk,

accessed 2021-09-23) et à ses caractéristiques biologiques. En 2011 des chercheurs ont réussi à inhiber la synthèse du limonène dans les peaux d'orange par une méthode de transformation génétique. Ils ont montré expérimentalement que le champignon responsable de la pourriture verte des agrumes (après la récolte) ne se développait pas sur les fruits sans limonène. Leurs expériences ont mis en évidence que le limonène est dans ce cas un substrat du champignon (Rodríguez et al., 2011). Dans la nature cette pourriture permet d'éliminer la peau de l'orange et rend accessible le reste du fruit qui contient les graines qui pourront être ainsi disséminées par des frugivores-herbivores.

Les HE de citron et d'orange sont extraites par distillation ou d'autres techniques à partir des zestes issus de l'industrie des jus de fruits et constituent une valorisation des déchets de cette filière. Ces deux HE sont dans le top 3 de la production mondiale, celle d'orange arrive en tête avec 49000 T extraites en 2019, celle de citron en troisième position derrière celle de menthe avec 9000 T (FranceAgriMer, 2020).

V Conclusion :

Les élèves étaient partis sur l'idée que les plantes sécrétaient des huiles essentielles qui leur permettaient de détruire des champignons déjà installés. Mais leurs expériences nous ont montré que ces molécules agissaient plutôt dès le début de l'infection, voir en prévention. Nous pourrions compléter leur travail en faisant des dilutions plus fines avec des protocoles spécifiques pour déterminer la concentration minimale inhibitrice ou fongicide (Guinoiseau, 2010). Nous pourrions également nous intéresser aux effets de synergie des huiles essentielles et étudier l'effet fongicide sur des cultures de levures.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Références :

FranceAgriMer. (2020, décembre 10). *Production et marchés des huiles essentielles*. https://www.franceagrimer.fr/Actualite/Filieres/Plantes-a-parfum-aromatiques-et-medicinales/2020/Production-et-marche-des-huiles-essentielles-Aromadays-2020

GRAB. (2018). *Liste des produits phytosanitaires autorisés en agriculture biologique sur cultures maraîchères et fraise* (p. 1-14). GRAB (Groupe de Recherche en Agriculture Biologique). https://www.grab.fr/wp-content/uploads/2018/04/5-Liste-phyto-bio-maraichage-2018.pdf

Guinoiseau, E. (2010). *Molécules antibactériennes issues d'huiles essentielles : Séparation, identification et mode d'action* [Phdthesis, Université de Corse]. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00595051

Rodríguez, A., San Andrés, V., Cervera, M., Redondo, A., Alquézar, B., Shimada, T., Gadea, J., Rodrigo, M. J., Zacarías, L., & Palou, L. (2011). Terpene down-regulation in orange reveals the role of fruit aromas in mediating interactions with insect herbivores and pathogens. *Plant Physiology*, *156*(2), 793-802.

Remerciements : Ce travail a été initié dans le cadre des événements organisés par le CNRS « du laboratoire de recherche à la classe » pour l'année de la biologie. Nous remercions Jean-Claude Caissard (LBVpam), H. Grèche (Université de Fez), F. Jullien (LBVpam) et Mathias Fontez (LBVpam) pour les discussions intéressantes sur les huiles essentielles.

Ont participé au travail d'écriture de cet article, en collaboration avec Sandrine MOJA, chercheuse en Biochimie Végétale (par ordre alphabétique) : Juliana DA COSTA, Pierre Louis DELELIS, Lou DENANT, Marwa ERRADOUANE, Mohamed ERRADOUANE, Yann GARCIA, Louise KUNC, Mélyne LAPPEL, Gabriel LASSIEUR CAUDRON, Lyiana LEFEVRE, Eva LUCIANO-LOUVET, Gabrielle MACHU, Gaël MORLIERE, Ana PEREIRA DE ARAUJO, Anna PEREIRA-BAYART, Bradley PICHON, Mailyn ROUDAUT PAOLUCCI, Romane SEELS, Ethan TRUONG, Léa VANLANGENDONCK.

Comment citer cet article : Sandrine Moja et la classe de 2nde 11 du lycée Jean Calvin (Noyon (FR)), *Huiles essentielles au secours de l'agriculture biologique,* Journal DECODER, (2022-04-11)

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Monkeys learn from high status individuals!

Charlotte Canteloup[1] (chercheuse) et la classe de DNL du collège Jean Racine *(la liste des élèves est mentionnée en fin d'article)* de Fanny Bitauld[2].

Institution: [1] Department of Ecology & Evolution, University of Lausanne, Switzerland
[2] Collège Jean Racine, 24 Rue Paul Doucet, 02400 Château-Thierry

Abstract

Social learning is considered as the basis for traditions and culture. The rules underlying how a new behaviour spread in a whole group are still poorly known. With the aim to fill this gap, we conducted an open diffusion experiment with no trained model in which eight identical puzzle boxes that could be open through two different opening techniques have been simultaneously proposed within two wild groups of vervet monkeys (*Chlorocebus pygerythrus*) in Kwazulu-Natal, South Africa. The aim of this study was to test whether box opening techniques were socially transmitted between individuals and from whom monkeys learnt. Were related individuals, females, older individuals, or high-ranking individuals considered as preferred models? The data were analysed using a pioneering modelling approach named Network Based Diffusion Analysis (NBDA) that consider the order with which individuals acquired the opening techniques. We found that individuals preferentially used techniques displayed by the individuals they watched evidencing that box opening techniques were socially transmitted and that they learnt from higher-ranked individuals. This study had the interest to combine field experiment and powerful Social Network Analyses that can shed new light on the evolution of culture.

©Charlotte Canteloup

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

I Introduction

Social learning, defined as learning facilitated by observation of, or interaction with another individual (Heyes, 1994), has aroused particular interest as it is a likely mechanism for how cultural traditions are established and maintained. Social learning is widespread in the animal kingdom with examples ranging from female fruit flies that choose their sexual mate after observing the preference of other females (Danchin et al. 2018) to humpback whales that socially learn a new hunting technique called 'lobtail feeding' (Allen et al. 2013), passing by new tool use in chimpanzees (Hobaiter et al. 2014) or new foraging techniques in great tits (Aplin et al. 2015). The study of social learning has been enriched by the integration of the study of social relationships via social networks and recent advances in statistical methodologies that allow researchers to track the diffusion of behavioural innovations across social networks.

Social learning strategies refer to learning biases that can be based on behaviours' content or context (Kendal et al. 2018). Theoretical models predict that organisms would copy particular traits performed by specific individuals under suitable circumstances (Rogers, 1988).

Fig. 1. One vervet monkey (*Chlorocebus pygerythrus*) closely observing the manipulation of another one.

Several primates' species have been shown to be selective in copying specific individuals or behaviours, revealing surprising parallels with the social learning of humans. Captive chimpanzees displayed bias towards copying older, high-ranking individuals (Horner et al. 2010) and the majority of individuals (Haun et al. 2012). Field experiments reported multiple social learning strategies in wild vervet monkeys in which infants processed food in the same way as their mother (van de Waal et al. 2012; 2014), high-ranking females - the philopatric sex - were preferred as models than high-ranking males (van de Waal et al. 2010) and dispersing males conformed to the local foraging norm, abandoning their native preference (van de Waal et al. 2013). Capuchins have been found to copy older individuals with more successful fruit

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

opening techniques (Barrett et al. 2017) while in vervet monkeys, males, but not females, were more likely to copy the male model receiving a higher payoff in a two-action learning task (Bono et al. 2018). Despite a great number of studies, some results, inconsistent with previous ones, have been reported (Vale et al. 2017) and interpretations in terms of social learning strategies have been sometimes considered as premature (Barrett, 2019). Moreover, most experiments were one-to-one diffusion experiments, using only one trained demonstrator leading these social learning strategies mostly tested separately. Findings suggest that different social characteristics strongly, and may jointly, influence social learning patterns but in an indistinct extent that still needs to be enlightened.

The present study focused on model biases in a nonhuman primate species: vervet monkeys (*Chlorocebus pygerythrus*) (Figure 1; Table 1) and is articulated around two main questions: i) Do monkeys socially learn a novel foraging technique? ii) If yes, what are the social learning strategies implied in such transmission? In other words, are related individuals, females, older individuals or high-ranking individuals considered as preferred models? We hypothesized that particular individuals would be more influential demonstrators for some individuals than others. Many previous studies looked for the evidence of a single social learning strategy and did not evaluate whether other and multiple potential alternative explanations were plausible. We aimed here to challenge the notion of a single best strategy or a strategy associating several biases by using an open diffusion experiment with no trained models. For this, we offered to the monkeys simultaneously eight 'two-action' designs consisting of puzzle boxes named artificial fruits that could be opened in two different ways to gain access to a small apple slice: a drawer in the front could be pulled and a door on the top of the box could be lifted (Fig. 2). The monkeys were free to interact with the boxes and to discover by themselves how to open the boxes using one of the two opening techniques.

Table 1. Basic information about vervet monkeys

Scientific name	*Chlorocebus pygerythrus*
Size	From 40 to 50cm long (+tail from 30 to 50cm)
Weight	Up to 3,5kg (female) and 4,5kg (male)
Longevity	Until 30 years
Home	East and South Africa. In savannahs and wooded areas but do not like deserts and dense forests.
Dietary diet	Omnivorous. Also eat fruits, leaves, seeds, flowers, insects, worms and other small animals.
Lifestyle	They live in groups of up to 50 individuals, they are mainly terrestrial, and they sleep in trees for the night.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

II Methods

Two groups of wild vervet monkeys (*Chlorocebus pygerythus*) took part in the study within the Inkawu Vervet Project in KwaZulu-Natal, South Africa. One group was called Noha and was composed of 28 individuals (two adult males; 6 adult females; 12 juveniles males; 8 juveniles females). The other group was called Kubu and was composed of 12 individuals (1 adult male; 6 adult females; 5 juveniles males).

The experimental apparatus consisted in a two-action design: a transparent plastic box with the back and adjacent sides painted in blue that could be opened in two different ways to gain access to a thin slice of apple inside: a lid on the top of the box could be lifted and a drawer in the front could be pulled (Fig. 2). Eight identical puzzle boxes were simultaneously displayed to the monkeys to prevent monopolization of a single box by dominant monkeys. The monkeys were free to interact with the boxes and to discover by themselves how to open the boxes using one of the two opening techniques. We video recorded the experiments and we registered who manipulated the boxes, which technique was used and who was observing whom. We ran this experiment for several months until most of the group members had participated to the experiments. The experiment has been repeated 17 times in Noha and 12 times in Kubu. We analysed the data using a powerful statistical method named Network Based Diffusion Analysis (NBDA). NBDA is used to detect and quantify social transmission, but also to identify the typical pathways of social transmission. NBDA considers the order with which individuals in the group acquired a new behavioural trait and tests whether the diffusion is at random or follows specified social networks representing different pathways of learning (Franz & Nunn 2009; Hoppitt, 2017). The underlying hypothesis is that the rate of social transmission between individuals is proportional to the network connection between them; the more two individuals are observing each other, the more opportunities they must learn from each other. We extracted a dynamic observation network from open diffusion experiment data reflecting the number of times each individual observed others performing the tasks prior to that point in time. We built models testing whether the dynamic observation network, corresponding to who observed whom over the course of the box experiment, predicted the order with which individuals acquired both box opening techniques.

III Results and discussion

First, we found that monkeys socially learn - by observing their conspecifics - how to open the boxes. Observing the lift option increased the rate at which observers learned to solve the task using the lift option, and likewise for the pull option. Second, we simulated box opening techniques diffusion within groups by simultaneously testing for different biases: do monkeys learn from adults, females, kin, or high-status individuals? We discovered that transmission occurs from higher-rankers to lower-rankers suggesting that monkeys copy high status individuals. As mentioned earlier, dominants were the initiators of the new behaviour, and we also

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

found that they were more successful overall. But despite their success, dominant individuals were not more observed than others, revealing that the observation of a high-ranking had more weight than the observation of a low-ranking. This finding makes a surprising echo to cultural transmission and prestige bias found in humans. In humans, prestigious individuals, i.e. skilful individuals are often copied but we do not know if such a prestige bias exist in animals. Some authors consider that social rank in animals is the closest concept of prestige which suggests that the human prestige bias could be more deeply rooted in our primate heritage than previously thought (Barkow 1975; Laland 2004). Third, we found that females learnt the foraging task quicker than males. We hypothesize that females may have a better capacity to assimilate ecological knowledge because they remain in their natal group while males disperse to a new group. Fourth, we reported that after having socially learnt one technique, monkeys are more likely to learn the other technique by themselves compared to individuals who do not learn the task. This means that social learning promotes asocial learning questioning thus the widespread idea that only high-fidelity transmission - occurring through imitation, a cognitive ability considered as specific to humans - can generate cultural behaviours. Even if monkeys learnt both techniques, they kept a preference for one technique, which could be at the origin of a behavioural tradition. To conclude, our study brings new pieces to the puzzle of social transmission in vervet monkeys: they preferentially learn from specific individuals as higher status individuals. This suggests that we share more and more aspects of social learning, the basis of culture, with our primate cousins.

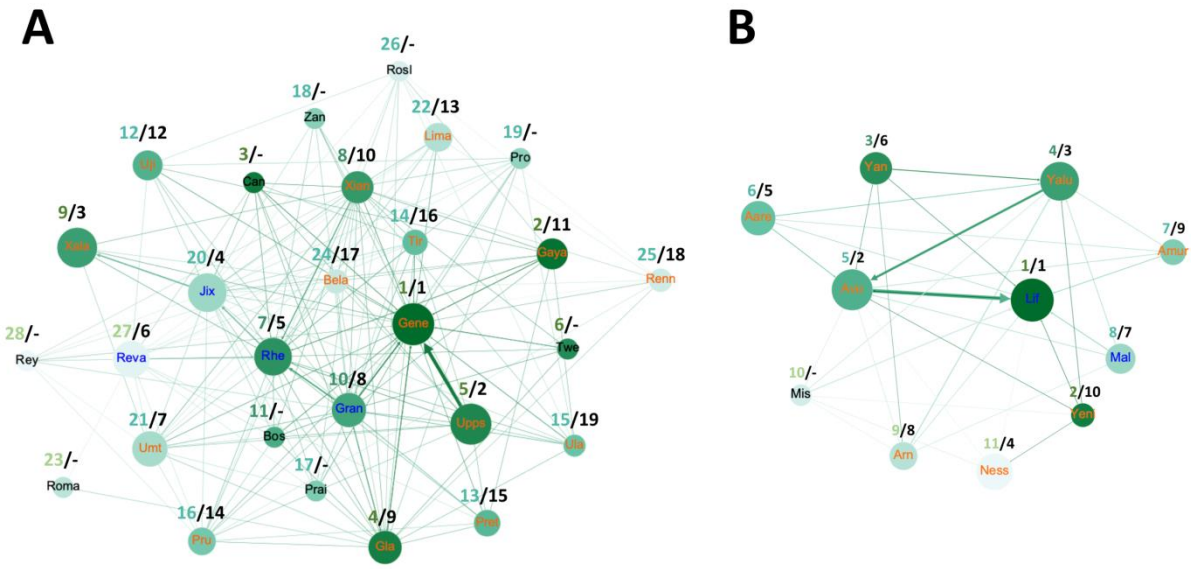


Figure 2. Sociograms depicting A) Transmission pathway in Noha. And B) Transmission pathway in Kubu. Each node represents an individual labelled by its name (three letters code for males, four letters code for females). Individuals whose name is in orange first succeeded to use the lift technique; individuals whose name is in blue first succeeded to use the pull technique; individuals whose name is in black did not succeed the task. The colour gradation of the nodes represents the hierarchical ranks:

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

dark green represents higher-ranked individuals while light green represents lower-ranked individuals. Numbers written in green correspond to the ranks. Size node is ranked according to the order of acquisition of the task: bigger is a node, earlier an individual learnt the task. Numbers written in black correspond to the order of acquisition of the task. The sign '-' signifies that the individual did not learn the task. Edges between individuals represent the average rate of observation of an individual by another while naive. The arrow signifies the direction of the observation. Thicker is an edge, bigger is the average rate of observation.

IV References

Allen, J., Weinrich, M., Hoppitt, W., and Rendell, L. (2013). Network-based diffusion analysis reveals cultural transmission of lobtail feeding in humpback whales. Science. 340, 485-488.

Aplin, L.M., Farine, D.R., Morand-Ferron, J., Cockburn, A., Thornton, A., and Sheldon, B.C. (2015). Experimentally induced innovations lead to persistent culture via conformity in wild birds. Nature 518, 538-541.

Barkow, J.H. (1975). Prestige and culture: a biosocial interpretation. Curr. Anthropol. 16(4), 553-562.

Barrett, B.J., McElreath, R.L., and Perry, S.E. (2017). Pay-off-biased social learning underlies the diffusion of novel extractive foraging traditions in a wild primate. Proc. Biol. Sci. 284, 20170358.

Barrett, B.J. (2019). Equifinality in empirical studies of cultural transmission. Behav. Proc. 161, 129-138.

Bono, A.E.J., Whiten, A., van Schaik, C., Krützen, M., Eichenberger, F., Schnider, A., and van de Waal, E. (2018). Payoff-and sex-biased social learning interact in a wild primate population. Curr. Biol. 28, 2800-2805.

Danchin, E., Nöbel, S., Pocheville, A., Dagaeff, A-C., Demay, L., Alphand, M., Ranty-Roby, S., van Renssen, L., Monier, M., Gazagne, L., Allain, M., & Isabel, G. (2018). Cultural flies: Conformist social learning in fruitflies predicts long-lasting mate-choice traditions. Science. 362, 1025-1030.

Franz, M., and Nunn, C.L. (2009). Network-based diffusion analysis: a new method for detecting social learning. Proc. R. Soc. B. 276, 1829-1836.

Haun, D.B.M., Rekers, Y., & Tomasello, M. (2012). Majority biased transmission in chimpanzees and human children, but not orangutans. Current Biology, 22, 727-731.

Heyes, C.M. (1994). Social-learning in animals: categories and mechanisms. Biol. Rev. biol. P. Camb. 69, 207e231.

Hobaiter, C., Poisot, T., Zuberbühler, K., Hoppitt, W., and Gruber, T. (2014). Social network analysis shows direct evidence for social transmission of tool use in wild chimpanzees. PLos One. 12(9), e1001960.

Hoppitt, W. (2017). The conceptual foundations of network-based diffusion analysis: choosing networks and interpreting results. Phil. Trans. R. Soc. B. 372, 20160418.

Horner, V., Proctor, D., Bonnie, K.E., Whiten, A., & de Waal, F.B. (2010). Prestige affects cultural learning in chimpanzees. PLoS One, 5(5), e10625.

Kendal, R.L., Boogert, N.J., Rendell, L., Laland, K.N., Webster, M., and Jones, P.L. (2018). Social learning strategies: bridge-building between fields. Trends Cogn. Sci. 22, 651-665.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Laland, K. (2004). Social learning strategies. Learning & Behavior. 32(1), 4-14.
Rogers, A. (1988). Does biology constrain culture? American Anthropologist, 90, 819-830.
Vale, G.L., Davis, S.J., van de Waal, E., Schapiro, S.J., Lambeth, S.P., and Whiten, A. (2017). Lack of conformity to new local dietary preferences in migrating captive chimpanzees. Anim. Behav. 124, 135-144.
van de Waal, E., Renevey, N., Favre, C.M., & Bshary, R. (2010). Selective attention to philopatric models causes directed social learning in wild vervet monkeys. Proceedings of the Royal Society B, 277(1691), 2105-2111.
van de Waal, E., Krützen, M., Hula, J., Goudet, J., & Bshary, R. (2012). Similarity in food cleaning techniques within matrilines in wild vervet monkeys. PLoS One, 7(4), e35694.
van de Waal, E., Borgeaud, C., & Whiten, A. (2013). Potent social learning and conformity shape a wild primate's foraging decisions. Science, 340(6131), 483–485.
van de Waal, E., Bshary, R., & Whiten, A. (2014). Wild vervet monkey infants acquire the food-processing variants of their mothers. Animal Behaviour, 90, 41–45.

Élèves impliqués dans le travail d'écriture (par ordre alphabétique) :
AL-KHATIB Khaled, BARRET Lisa, ESTANQUEIRO Charlotte, GLINEL AUBERTEL Elisea, HEIRAULT Leïlou, LAPOINTE Isa, MERMILLOD Léonie, PRIEUR Mathilde, from the DNL Jean Racine high school class, Château-Thierry, and their professor Fanny Bitauld.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Etude de la qualité de l'eau d'un ruisseau en amont de la rivière Aisne

Élèves de l'Atelier Scientifique et Technique du collège Saint-Just[1] (la liste des élèves est mentionnée en fin d'article), avec l'aide d'Aurore Receveur[2] (chercheuse), Nicolas Casajus[2] (chercheur), Yann Voituron[3] (chercheur), Amélie Hennequin-Caillot[1] (professeure), Sophie Painvin[1] (professeure) et Roman Barret[1] (accompagnement d'élèves en situation de handicap).

Institutions

[1] Collège Saint-Just, 14 Rue des Cordeliers, 02200 Soissons

[2] CESAB - FRB, 5 Rue de l'École de Médecine, 34000 Montpellier

[3] Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés, Université de Lyon, Bd du 11 novembre 1918, 69622 Villeurbanne

Résumé

Cet article a été écrit par les élèves de l'AST du collège Saint-Just de Soissons, dans le département de l'Aisne.

Ces élèves se sont intéressés à la pollution et aux organismes aquatiques se trouvant dans les eaux de la rivière Aisne (Figure 1). La rivière Aisne se situe dans le département de l'Aisne, dans la région des Hauts de France. Elle prend sa source dans l'Argonne, à Sommaisne entre le Meuse et la Marne, puis se jette dans l'Oise.

Mots-clés : rivière Aisne, microfaune, pollution, organismes aquatiques, niche écologique, substrats, pH (potentiel hydrogène), IBGN (indice biologique global normalisé)

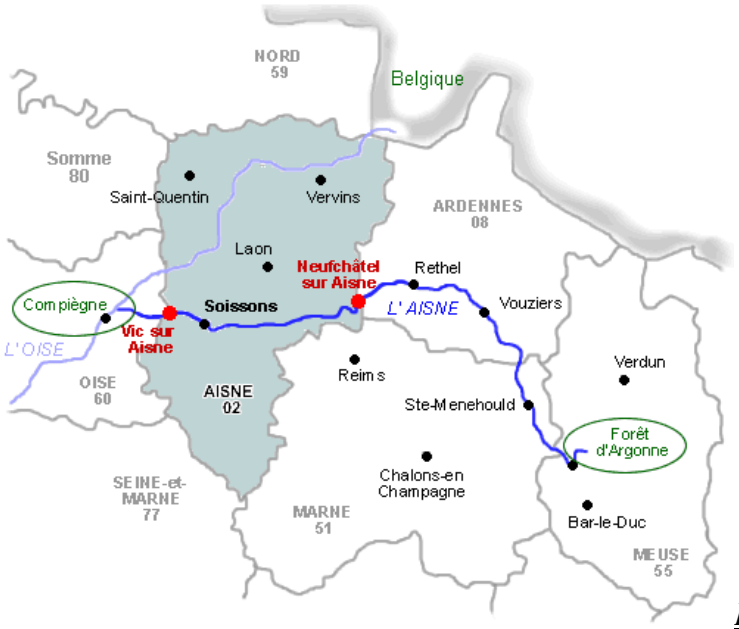


Figure 1 : Carte du tracé de la rivière Aisne (source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Aisne_(affluent_de_l'Oise)).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

I. Introduction

Au préalable, il faut noter que les élèves ont été interpellés par l'usage du nom "invertébré". Bien qu'utilisé fréquemment jusqu'il y a peu (pour preuve le nom de l'ouvrage utilisé par les élèves « Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie – Henri Tachet – CNRS éditions – juin 2010 »), il est aujourd'hui admis que ce terme est impropre car il ne reflète pas la réalité en vertu des critères actuels de classification (« Comprendre et enseigner : La classification du vivant (2e édition) » - Guillaume Lecointre – Belin - 2008). Ils ont donc préféré utiliser le terme générique (bien qu'impropre dans l'absolu compte-tenu de la taille des animaux récoltés, supérieure à 0.2mm) de "microfaune".

L'atelier scientifique et technique de notre collège travaille sur l'eau de la rivière Aisne, qui traverse notre ville, et plus particulièrement sur le ru du Moulin de Vaurezis. En effet, l'Aisne est une rivière trop profonde pour aller y faire des prélèvements avec le matériel dont nous disposions. Le ru du Moulin de Vaurezis se jette dans l'Aisne à côté de l'île Grison, à la hauteur de la commune d'Osly-Courtil (Figure 2).

Figure 2 : Carte du lieu de prélèvement (Osly-Courtil) (source : Guénaël Hallard – CPIE).

Nous nous sommes demandé si l'eau de la rivière permettait de s'y baigner, et s'il était possible de consommer le poisson qui s'y trouve. Puisque la qualité de l'eau est au centre de ses questions, nous avons entrepris de la mesurer. Pour cela, nous nous sommes entourés de spécialistes de la nature et de cette rivière, sur les conseils de l'Agence de l'eau Seine-Normandie :

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Guénaël Hallard du CPIE (Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement) de St-Michel et Antoine Mierral de la Fédération de l'Aisne pour la Pêche et la Protection du milieu aquatique. Ils nous ont aidés à découvrir ce cours d'eau, ses acteurs, et les méthodes permettant d'évaluer sa qualité.

D'après l'application "Qualité Rivière"[1] gérée par l'Agence de l'eau (établissement public du Ministère en charge du développement durable), la qualité du ru était de niveau « moyen » lors de sa dernière évaluation (2018-2019). En effet, son état écologique et sa microfaune benthique ont été évalués comme moyen, mais d'autres critères présentaient d'autres résultats (exemples : pour le critère « diatomées » - « Bon état » ; « température » - « très bon état »).

Grâce à l'état des lieux de 2019 de l'Agence de l'eau Seine-Normandie (paragraphe 3.2. « les masses d'eau destinées dans le futur aux captages d'eau destinés à la consommation humaine », page 182)[2] : on voit que la nappe phréatique du Soissonnais doit bénéficier d'une protection particulière. Et sur la carte page 62 on voit un point rouge ce qui veut dire que Soissons a un sol artificialisé (urbain, industrie, infrastructure). D'ailleurs, pendant la sortie à Osly-Courtil nous avons vu qu'à moins de 50 mètres du ru, il y avait des habitations, des champs, des élevages de moutons et de chevaux.

Notre objectif principal était de comprendre la dynamique du cours d'eau, c'est-à-dire de mesurer sa qualité et d'essayer de comprendre quels paramètres (comme une pollution ou une activité humaine) pouvaient expliquer cette qualité. Une méthode, très répandue en France et dans le monde, de mesure de qualité est l'utilisation de l'indice biologique global normalisé (IBGN). Cet indicateur de la qualité de l'eau est basé sur un inventaire complet de la microfaune.

Au cours de la sortie du 4 octobre 2021 à Osly-Courtil, nous avons fait des prélèvements, de la microfaune aquatique afin de réaliser un indice biologique global normalisé (IBGN). Nous avons découvert qu'il y avait différents types de substrats dans l'eau (vase, calcaire, etc.).

L'analyse de la carte de substrat (Figure 3) nous a permis de voir que notre sol est composé de roches sédimentaires de type calcaire lutétien (comme dans les murs du collège !) mais recouvertes de dépôts sédimentaires plus récents (Eocène). Notre région est au nord du bassin sédimentaire de Paris[3]. Les cours d'eau actuels permettent d'avoir accès aux roches plus anciennes, grâce à l'érosion.

La vase est causée par la décomposition de plantes et de déchets animaliers et des déchets accumulés que cela provoque. Sur la figure 4, nous voyons la couleur de l'eau, causée par la présence de vase.

[1] https://www.lesagencesdeleau.fr/2021/03/29/la-qualite-des-rivieres-egalement-sur-ordinateur/

[2] http://www.eau-seine-normandie.fr/domaines-d-action/sdage/etat-des-lieux

[3] https://encyclopedie.picardie.fr/Geologie-de-la-Picardie.html

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

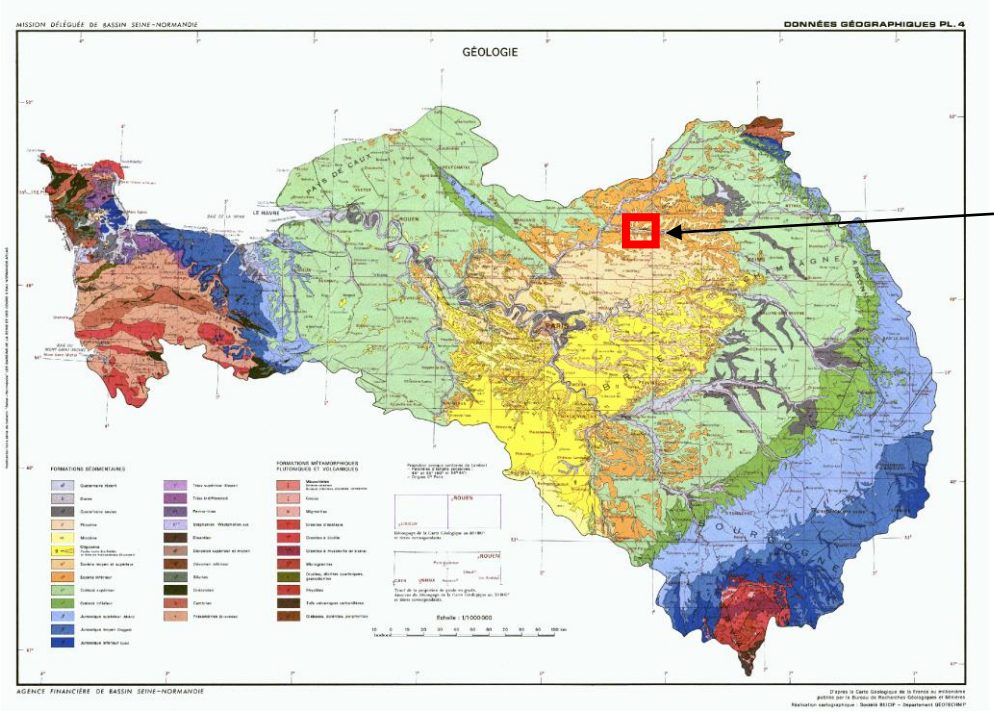


Figure 3 : Carte géologique du bassin Seine-Normandie (source : https://sigessn.brgm.fr/spip.php?article292).

Figure 4 : photographie prise lors de la sortie réalisée le 04/10/2021 au ru du Moulin de Vaurezis.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

L'IBGN n'étant qu'un indicateur biologique, nous avons aussi exploré la qualité physico-chimique du cours d'eau (lors de la sortie du 22 novembre 2021, nous avons visité un laboratoire[4] et cela nous a permis de répondre, en partie, à cette question).

Ainsi, nous nous sommes demandé quelle est la qualité actuelle de l'eau de la rivière Aisne et quels paramètres (facteurs, variables, activités…) l'influencent-ils ?

I Matériel et méthodes

1. IBGN

Matériels :

- ✓ Filets surbers et haveneaux
- ✓ Bottes en caoutchouc
- ✓ Des bacs en plastiques
- ✓ Des tubes en plastique avec bouchon
- ✓ Un marqueur noir
- ✓ Mètre pour la vitesse de l'eau
- ✓ Chronomètre
- ✓ De l'éthanol pour conserver les échantillons
- ✓ Loupes binoculaires
- ✓ Verres de montre
- ✓ Pinces
- ✓ Feuilles blanches et crayon-mine (pour le dessin d'observation)

Méthodes :

-Avoir des bottes en caoutchouc

-Mesurer la vitesse du cours d'eau à l'aide du chronomètre, sa profondeur et sa largeur avec le mètre.

-Lancer un objet flottant dans l'eau et chronométrer le temps afin de calculer la vitesse du cours d'eau

-Aller dans l'eau avec les bottes en caoutchouc

-Enfoncer le filet jusqu'au fond du ru

-Récupérer la microfaune (dans 8 micro-habitats, comme par exemple : en dessous des pierres ou graviers, dans les racines, etc.) à l'aide des filets

-Déposer les constituants des filets dans les bacs

-Chercher les microfaunes qu'il pourrait y avoir

-Mettre les microfaunes dans les tubes en plastique (avec bouchon) et éthanol

-Prendre un échantillon d'eau pour la partie physico-chimique

-Faire un dessin de chaque animal à l'aide de l'échantillon et de la loupe binoculaire

-Identifier l'animal (s'aider de la clé et du guide de détermination)

-Définir la qualité de l'eau

L'IBGN se calcule en faisant au minimum 8 prélèvements dans des niches écologiques différentes (la profondeur ne devant pas dépasser 1m)[5]. Nous réalisons des dessins d'observation (un par animal prélevé). Nous utilisons ensuite un livre [6] et une clé de détermination [7]; puis, grâce à la liste des taxons retenus pour l'IBGN (figure 5), nous regardons un tableau spécifique à cet indice (figure 6). Pour ce faire, nous prenons le spécimen le plus haut dans ce tableau (espèces les plus fragiles) et regardons combien de spécimens nous avions trouvé, croisons nos 2 résultats

[4] https://aisne.com/a-votre-service/laboratoire-de-partemental

[5] https://www.oieau.org/eaudoc/system/files/documents/39/195746/195746_doc.pdf

[6] Livre « invertébrés d'eau douce – Systématique, biologie et écologie » - Henri Tachet – CNRS éditions

[7] Clé de détermination GeoLab et AFL – Giacomo Bugané, Egie Casadio Loreti, Massimo Codurri et Eric Pattee

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

obtenus et grâce à cela, on trouvera une note de 0 à 20. Nous pouvons faire un IBGN à partir de prélèvements frais ou quelques jours après, en conservant les échantillons dans l'éthanol.

Nous avons réalisé deux IBGN sur le même cours d'eau, dans les mêmes zones, à deux dates distinctes : octobre 2021 et janvier 2022.

Liste des taxons pour l'IBGN

INSECTES

PLECOPTERES
Capniidae
Chloroperlidae
Leuctridae
Nemouridae
Perlidae
Perlodidae
Taeniopterygidae

TRICHOPTERES
Beraeidae
Brachycentridae
Ecnomidae
Glossosomatidae
Goeridae
Helicopsychidae
Hydropsychidae
Hydroptilidae
Lepidostomatidae
Leptoceridae
Limnephilidae
Molannidae
Odontoceridae
Philopotamidae
Phryganeidae
Polycentropodidae
Psychomyidae
Rhyacophilidae
Sericostomatidae
Thremmatidae

EPHEMEROPTERES
Baetidae
Caenidae
Ephemerellidae
Ephemeridae
Heptageniidae
Leptophlebiidae
Oligoneuriidae
Polymitarcidae
Potamanthidae
Prosopistomatidae
Siphlonuridae

HETEROPTERES
Aphelocheiridae
Corixidae
Gerridae
Hebridae
Hydrometridae
Naucoridae
Nepidae
Notonectidae
Mesoveliidae
Pleidae
Veliidae

COLEOPTERES
Curculionidae
Donaciidae
Dryopidae
Dytiscidae
Eubriidae
Elmidae
Gyrinidae
Haliplidae
Helodidae
Helophoridae
Hydraenidae
Hydrochidae
Hydrophilidae
Hydroscaphidae
Hygrobiidae
Limnebiidae
Spercheidae

DIPTERES
Anthomydae
Athericidae
Blephariceridae
Ceratopogonidae
Chaoboridae
Chironomidae
Culicidae
Dixidae
Dolichopodidae
Empididae
Ephydridae
Limoniidae
Psychodidae
Ptychopteridae
Rhagionidae
Scatophagidae
Sciomyzidae
Simuliidae
Stratiomyidae
Syrphidae
Tabanidae
Thaumaleidae
Tipulidae

ODONATES
Aeschnidae
Calopterygidae
Coenagrionidae
Cordulegasteridae
Corduliidae
Gomphidae
Lestidae
Libelludiae
Platycnemididae

MEGALOPTERES
Sialidae

PLANIPENNES
Osmylidae
Sysyridae

HYMENOPTERES

LEPIDOPTERES
Pyralidae

CRUSTACES

BRANCHIOPODES

AMPHIPODES
Gammaridae

ISOPODES
Asellidae

DECAPODES
Astacidae
Atyidae
Grapsidae
Cambaridae

MOLLUSQUES

BIVALVES
Corbiculidae
Dreissenidae
Sphaeriidae
Unionidae

GASTEROPODES
Ancylidae
Bithynidae
Bythinellidae
Hydrobiidae
Limnaeidae
Neritidae
Physidae
Planorbidae
Valvatidae
Viviparidae

VERS

PLATHELMINTHES

TRICLADES
Dendrocoelidae
Dugesiidae
Planariidae

NEMATHELMINTHES

ANNELIDES

ACHETES
Erpobdellidae
Glossiphoniidae
Hirudidae
Piscicolidae

OLIGOCHETES

HYDRACARIENS

HYDROZOAIRES

SPONGIAIRES

BRYOZOAIRES

NEMERTIENS

Figure 5 : Classement par taxons (source : CPIE de Saint-Michel).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Tableau analytique IBGN

Classe de variété		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Taxons indicateurs	St	>	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3
	Gi	50	45	41	37	33	29	25	21	17	13	10	7	4	1
Chloroperlidae Perlidae Perlodidae Taeniopterygidae	9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Capniidae Brachycentridae Odontoceridae Philopotamidae	8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
Leuctridae Glossosomatidae Beraeidae Goeridae Leptophlebiidae	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
Nemouridae Lepidostomatidae Sericostomatidae Ephemeridae	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
Hydroptilidae Heptageniidae Polymitarcidae Potamanthidae	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Leptoceridae Polycentropodidae Psychomyidae Rhyacophilidae	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
Limnephilidae (1) Ephemerellidae (1) Hydropsychidae Aphelocheiridae	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Baetidae (1) Caenidae (1) Elmidae (1) Gammaridae (1) Mollusques	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Chironomidae (1) Asellidae (1) Achètes Oligochètes (1)	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Figure 6 : Tableau analytique IBGN (source : CPIE de Saint-Michel).

2. Tests physico-chimiques en classe

Nous avons utilisé des bandelettes commerciales :

✓ Quantofix Chloride:

1. Immerger la languette avec toutes ses zones de test dans l'échantillon pendant 1 seconde.
2. Eliminer l'excédent de liquide en secouant.
3. Attendre 60 secondes.
4. Comparer les zones de test avec l'échelle colorimétrique indiquée sur le tube.
5. Noter le résultat.

✓ Quantofix Nitrate/Nitrite:

1. Immerger la languette avec ses deux zones de test pendant 1 seconde dans l'échantillon (pH 1 à 9).
2. Eliminer l'excédent de liquide en secouant.
3. Attendre 60 secondes.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

4. Comparer avec les couleurs inscrites sur le tube.
5. Noter le résultat.

✓ Fer total 1000 :

1. Mettre la languette 1 seconde dans l'eau.
2. Secouer la bandelette.
3. Attendre 20 secondes.
4. Comparer les résultats avec les couleurs inscrites sur le tube.
5. Noter le résultat.

✓ Aquadur :

1. Mettre la languette 1 seconde dans l'eau.
2. Secouer la languette
3. Attendre 60 secondes (1 minute).
4. Comparer le résultat avec les couleurs inscrites sur le tube.
5. Noter le résultat.

3. Tests physico-chimiques et microbiologiques au LDAR

Nous avons confié des échantillons d'eau prélevés dans le ru du Moulin de Vaurezis au LDAR (laboratoire départemental d'analyses et de recherche), laboratoire réalisant des analyses accrédité COFRAC.

Pour la microbiologie, le LDAR utilise comme principe l'ensemencement en microplaques (pour les entérocoques intestinaux et *Escherichia coli*), ensemencement par incorporation (pour les microorganismes revivifiables) et la destruction des formes végétatives (pour les spores de microorganismes anaérobiques sulfito-réducteurs).

Concernant la physico-chimie, voici les méthodes utilisées par le LDAR :

- Le potentiel Hydrogène (pH) : la méthode utilisée est la potentiométrie.
- Le Nitrite (NO_2^-) : ils utilisent la spectrométrie.
- Le Nitrate (NO_3^-) : ils utilisent le dosage par flux continu.
- Phosphore (P) : ils font du dosage par ICP/AES
- Le zinc total (Zn total) : ils font de la minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES
- Azote global : ils passent par les calculs
- Cadmium total (Cd total) : ils font de la minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES
- Matière en suspension (MES) : ils utilisent la méthode de la gravimétrie.
- Plomb total (Pb total) : ils font de la minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES
- Mercure total (Hg) : ils minéralisent et font du dosage par AFS.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

II Résultats

1. LDAR

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant (pour plus de détails, voir l'annexe 1).

Paramètres microbiologiques	
Entérocoques intestinaux	30 n/100 ml
Escherichia coli	419 n/100 ml
Microorganismes revivifiables à 22°C	19 000 ufc/ml
Microorganismes revivifiables à 36°C	380 ufc/ml
Spores microorganismes. anaérobiq. sulfito-réducteurs	> 80 ufc/100 ml
Paramètres physico-chimiques	
Potentiel Hydrogène (pH)	8.1 unité pH
Potentiel Hydrogène (pH) - Température de mesure	18.0 °C
Oxygène et matières organiques	
Demande Biochimique en Oxygène - DBOn < 3 mg/l O2	< 3 mg/l O_2
Demande Biochimique en Oxygène - Durée d'incubation (j)	2+5
Demande Biochimique en Oxygène - Nb de dilutions/essai	2
Demande Biochimique en Oxygène - Nb de réplicat/dilution	1
Indice de Demande Chimique en Oxygène (ST-DCO)	10 mg/l O_2
Matières en suspension (MES)	6.1 mg/l
Matières en suspension (MES) - Filtre utilisé	Millipore APFC 47mm
Matières en suspension (MES) - Tps de cons. avant analyse	< 48 heures
Paramètres azotés et phosphorés	
Azote global (Somme des valeurs quantifiées)	4.5 mg/l
Azote Kjeldahl (NTK)	1.1 mg/l
Nitrates (NO_3^-)	3.6 mg/l
Nitrites (NO_2^-)	0.014 mg/l
Phosphore (P)	< 0.05 mg/l
Oligo-éléments et micropolluants minéraux	
Arsenic total (As total)	< 0.005 mg/l
Cadmium total (Cd total)	< 0.001 mg/l
Chrome total (Cr total)	0.006 mg/l
Oligo-éléments et micropolluants minéraux	
Cuivre total (Cu total)	< 0.005 mg/l
Indice Metox agence de l'eau	0.006 mg/l
Mercure total (Hg)	< 0.10 µg/l

Tableau 1 : Résultats des analyses d'eau réalisées au LDAR.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

2. Tests physico-chimiques réalisés en classe

Les tests ont été réalisés 14 fois (figure 7) et les résultats ont été notés au fur et à mesure (figures 8 et 9).

Les résultats sont regroupés dans le tableau 2.

Figure 7 : photographie des élèves réalisant les tests physico-chimiques.

Figure 8 : exemple de résultat, pour la mesure de la dureté de l'eau.

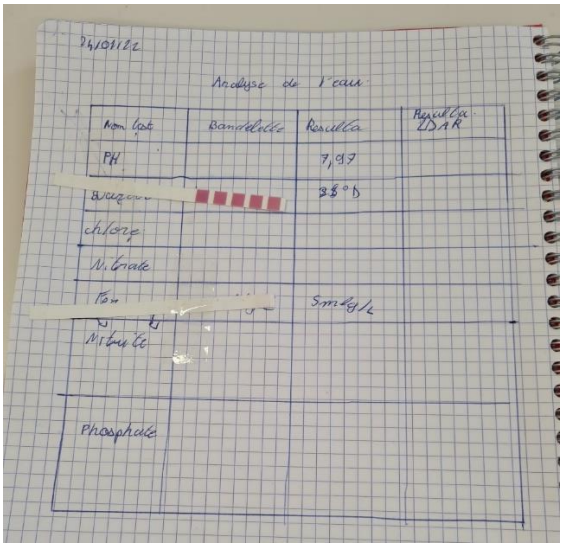


Figure 9 : illustration de la prise de note des résultats

TEST	Résultats obtenus	Résultat LDAR
pH	8,03 mg /L	8,1 mg/L
Dureté	25°D	X
Chlorure	0 mg/L	X
Nitrates	10 mg/L	3,06 mg/L
Nitrites	1 mg/L	0,014 mg/L
Fer	0 mg/L	X
Phosphate	1 mg/L	X

Tableau 2 : Résultats des tests physico-chimiques.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

3. IBGN

Nous avons identifié les espèces ci-dessous, trouvées lors de l'identification du 04/10/2021 d'après le guide "Les invertébrés d'eau douce" d'Henri Tachet et des conseils de M. Hallard :

- ✓ Larves de Phryganeidae (figure 10)
- ✓ Larves d'Ephéméroptères Baetidae (figure 11)
- ✓ Larves de Phyganeidae
- ✓ Hirudinea (sangsue)
- ✓ Gammaridae
- ✓ Mollusques bivalves de la famille des Sphaeriidae

La qualité de ce ruisseau est médiocre car l'indice est de 6/20.

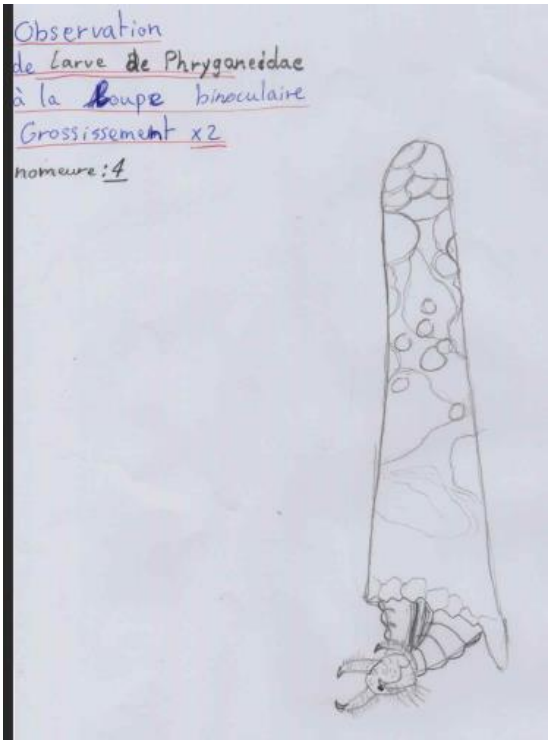


Figure 10 : dessin d'observation de Phryganeidae.

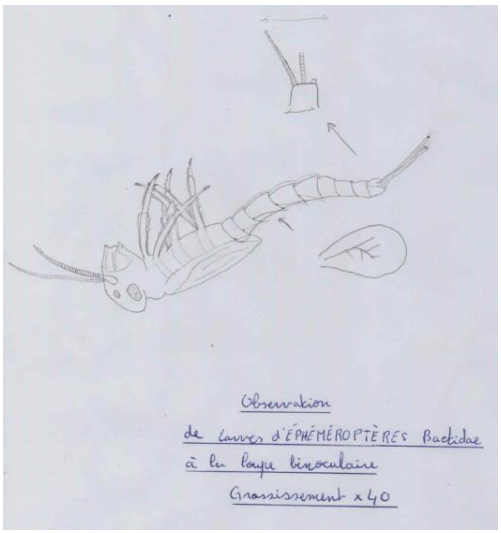


Figure 11 : dessin d'observation de Baetidae.

Lors de l'IBGN du 17/01/2022, nous avons identifié, d'après "invertébrés d'eau douce" d'Henri Tachet et des conseils de M. Hallard :

- ✓ Larves de Simuliidae
- ✓ Des larves d'amphipodes
- ✓ Larves d'Ephéméroptères
- ✓ Des Crustacés Isopodes de la famille des Asellidae
- ✓ Des vers du groupe des oligochètes

La qualité de ce ruisseau est médiocre avec un indice à 6/20.

Afin de comparer notre cours d'eau avec un second, nous avons réalisé un IBGN dans le ru de Brugnon, situé à Saint-Michel, au Nord du département de l'Aisne (figures 12 et 13), dont voici les résultats :

Espèces ou groupes répertoriés dans le ru de Brugnon le 07/03/2022 :

- ✓ Larve de Tipulidae
- ✓ Gastéropodes (mollusques)
- ✓ Ephemeridae éphemeria
- ✓ Nemouridae(plécopteres)

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

- ✓ Décapodes (Ecrevisse Américaine)
- ✓ Gammaridae (amphipode)
- ✓ Heptagenidae
- ✓ Plécopteres
- ✓ Heptageniïdae
- ✓ Larves achètes

La qualité de ce ru est plutôt bonne avec un indice à 13/20.

Figure 12 : Carte du nord de la France - Situation de Saint-Michel par rapport à Soissons (Source : Mappy.com).

Figure 13 : Carte indiquant le lieu de prélèvement pour l'IBGN (Source : CPIE de Saint-Michel).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

III Conclusion et discussion

Après avoir obtenu les résultats physico-chimiques du LDAR (laboratoire départemental d'analyses et de recherche) et les nôtres, nous avons pu les comparer et nous pouvons voir qu'ils sont approximativement les mêmes pour le pH (caractérise l'acidité) sauf pour le dosage en nitrites qui pour nous est de 1mg/L mais le LDAR est de 0,0014mg/L. Ils sont donc plus précis car nous pensons que le matériel dont nous disposons est moins performant que celui du LDAR. En classe, nous n'avons pas pu analyser tous les paramètres.

Nos deux points d'analyses (IBGN d'octobre 2021 et IBGN de janvier 2022) conduisent aux mêmes résultats. L'indice IBGN 6/20 tend à indiquer que le cours d'eau est de qualité médiocre (entre 6 et 8/20). Le fait d'obtenir deux fois la même note pour le cours d'eau nous donne confiance dans notre méthode. Cela veut dire que notre protocole semble robuste. Cependant, il faudrait refaire plusieurs prélèvements pour en être sûr, car pour obtenir un IBGN précis, il est recommandé de réaliser 8 points d'analyses différents mais nous avons seulement effectué 2 points d'analyses.

En comparaison avec l'évaluation trouvée sur l'application « Qualité Rivière », l'état de l'eau s'est, semble-t-il, dégradé pour l'indice « invertébrés benthiques » : en 2018 et 2019, la qualité de l'eau était de niveau « moyen » (entre 9 et 12/20).

Par la suite nous avons pu proposer plusieurs hypothèses pour expliquer la qualité médiocre de l'eau, comme, par exemple :

-la présence de champs à proximité et donc de pesticides, engrais et autres traitements chimiques du sol qui pourraient ruisseler dans le cours d'eau.

-la présence de maisons à proximité également, et la pollution que cela pourrait causer (les eaux usées peuvent contenir des matières organiques et des nutriments provenant des équipements sanitaires, mais aussi d'autres substances invisibles (comme des restes de médicaments par exemple)). La plupart d'entre eux sont éliminés lors de l'épuration mais certaines substances sont moins faciles à éliminer et parfois les performances des stations d'épuration ne sont pas suffisantes pour les éliminer et des quantités plus ou moins importantes d'eau polluée pourraient alors être rejetées dans le cours d'eau.

-la présence de voies routières aux alentours (ex : l'eau de pluie qui lessive les surfaces des voies routières entraine avec elle les composants chimiques du goudron et va se déverser dans le cours d'eau qui sera donc pollué par la suite et pourrait endommager l'habitat des organismes qui y vivent).

-l'eau vaseuse : dans les étendues d'eau, la quantité de vase a un impact direct sur l'oxygène disponible dans l'eau. Lorsque la vase (voir introduction, page 3) est trop importante, elle consomme tout l'oxygène disponible. Ce manque d'oxygène est critique pour la microfaune dans le cours d'eau : ils en ont besoin pour vivre.

- de nombreux arbres à proximité.

Après avoir analysé un cours d'eau se jetant dans l'Aisne, on a pu constater que sa qualité était médiocre (indice IBGN de 6/20), peut-être à cause de plusieurs éléments différents : chimiques (pesticides...), naturels (eau vaseuse...) et à cause des maisons aux alentours qui rejettent des déchets. Cette potentielle pollution limite le développement de

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

certaines espèces de la microfaune qui ne peuvent pas vivre dans les environnements trop pollués car cela ne correspond pas à leurs préférences d'habitat. En effet, chaque espèce a un environnement spécifique pour son développement qui constitue sa niche écologique. Ainsi, nous concluons que l'eau du ru est polluée car les espèces que nous avons trouvées sont capables de vivre dans un environnement plutôt pollué.

Élèves impliqués dans le travail d'écriture

ARAB Maria - BASTON Hugo - BRAILLON Lucas - COLOMBO Nolan - GADALLA Bahy - GAILLARD KOUN Maxence - HELAL Ethan - ITRI Nissrine - JAFFRELOT Morgan - KHARBA Noor - LEFEVRE Pauline - MARSAUX Eliott - MEROUANI Leith - MONTEIRO Daniel ; de l'Atelier Scientifique et Technique du collège Saint-Just (année scolaire 2021-2022).

Références

Source de la carte du cours d'eau l'Aisne : https://fr.wikipedia.org/wiki/Aisne_(affluent_de_l%27Oise)

Source de la carte géologique du bassin Seine-Normandie : https://sigessn.brgm.fr/spip.php?article292

Source des informations concernant la vase : https://etang-solution.com/infos/post/comment-se-developpe-la-vase-dans-mon-etang-.html

Source des impacts des routes sur l'eau : site "ekWater" https://ekwateur.fr/2020/07/15/impact-des-transports-environnement/

Source des impacts des habitations sur l'eau : site "eau france" https://www.eaufrance.fr/limiter-les-impacts-lies-aux-usages-domestiques-de-leau

Source des impacts de la vase : https://etang-solution.com/infos/post/les-effets-de-l-envasement-dans-mon-etang.html

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Annexe 1

LDAR
Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherche

Edité à Barenton Bugny le 07/12/2021
47030041

RAPPORT D'ANALYSES N° :
H_ED21.4295.1-1

DEPARTEMENTS COLLEGE SAINT JUST
14 RUE DES CORDELIERS

02200 SOISSONS

Réception	Prélèvement
Objet soumis à analyses : Eau superficielle	**Réalisé par :** Client COLLEGE SAINT JUST **Le :** 22/11/2021 08:00
Reçu au LDAR le : 22/11/2021 17:45	**Description du point de prélèvement :**
Motif d'analyses : Autocontrôle	RU DE COURTIL (02)
Ref. dossier :	
Ref. échantillon :	**Méthode :** -

Analyses réalisées au LDAR Date de début d'analyse : 22/11/2021	Résultat	LQ (1)	Seuil de Rejet min	Seuil de Rejet max	Seuil d'Alerte min	Seuil d'Alerte max	Méthode	Principe
Paramètres microbiologiques								
Entérocoques intestinaux	30 n/100 ml	15	10000				NF EN ISO 7899-1	ENSEMENCEMENT EN MICROPLAQUES - INCUBATION A 44°C - CONFIRMATION DES PUITS POSITIFS PAR FLUORESCENCE - DETERMINATION DU NPP
Escherichia coli	419 n/100 ml	15	20000				NF EN ISO 9308-3	Ensemencement en microplaques - Incubation à 44°C - Confirmation des puits positifs par fluorescence - Détermination du NPP
Microorganismes revivifiables à 22°C	19 000 ufc/ml						NF EN ISO 6222	ENSEMENCEMENT PAR INCORPORATION - INCUBATION A 22°C - DENOMBREMENT DES COLONIES
Microorganismes revivifiables à 36°C	380 ufc/ml						NF EN ISO 6222	ENSEMENCEMENT PAR INCORPORATION - INCUBATION A 36°C - DENOMBREMENT DES COLONIES
Spores microorganism. anaerobi. sulfito-réducteurs	> 80 ufc/100 ml						NF EN 26461-2	Destruction des formes végétatives - Filtration sur membrane - Incubation à 37°C en anaérobiose - Dénombrement des colonies caractéristiques
Paramètres physico-chimiques								
Potentiel Hydrogène (pH)	8.1 unité pH	0					NF EN ISO 10523	Potentiométrie - Méthode à l'électrode de verre
Potentiel Hydrogène (pH) - Température de mesure	18.0 °C						NF EN ISO 10523	Méthode à la sonde
Oxygène et matières organiques								
Demande Biochimique en Oxygène - DBOn	< 3 mg/l O2						NF EN ISO 5815-1	Electrochimie
Demande Biochimique en Oxygène - Durée d'incubation (j)	2 + 5						NF EN ISO 5815-1	/
Demande Biochimique en Oxygène - Nb de dilutions/essai	2						NF EN ISO 5815-1	/
Demande Biochimique en Oxygène - Nb de réplicat/dilution	1						NF EN ISO 5815-1	/
Indice de Demande Chimique en Oxygène (ST-DCO)	10 mg/l O2	5					ISO 15705	Méthode en tube fermé à petite échelle
Matières en suspension (MES)	6.1 mg/l	2					NF EN 872	Gravimétrie
Matières en suspension (MES) - Filtre utilisé	Millipore APFC 47mm						NF EN 872	Gravimétrie
Matières en suspension (MES) - Tps de cons. av/ analyse	< 48 heures	48					NF EN 872	Gravimétrie
Paramètres azotés et phosphorés								
Azote global (Somme des valeurs quantifiées)	4.5 mg/l N	1					/	Calcul
Azote Kjeldahl (NTK)	1.1 mg/l N	0.5					NF EN 25-663	Volumétrie
Nitrates (NO3-N)	3.6 mg/l N	1					NF EN ISO 13395	Flux continu
Nitrites (NO2-N)	0.014 mg/l N	0.003					Méthode interne ANA-473	Spectrométrie automatisée
Phosphore (P)	< 0.05 mg/l	0.0500					NF EN ISO 11885	Dosage par ICP/AES
Oligo-éléments et micropolluants minéraux								
Arsenic total (As total)	< 0.005 mg/l	0.005	0,1				NF EN ISO 15587-1 et NF EN ISO 11885	Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES
Cadmium total (Cd total)	< 0.001 mg/l	0.001	0,005				NF EN ISO 15587-1 et NF EN ISO 11885	Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES
Chrome total (Cr total)	0.006 mg/l	0.005	0,05				NF EN ISO 15587-1 et NF EN ISO 11885	Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES

Les résultats ne valent que pour l'objet soumis à analyses. Ce rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier.

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

Analyses effectuées par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27 octobre 2011.

Pôle du Griffon
180 rue Pierre-Gilles de Gennes
BARENTON-BUGNY - 02007 LAON Cedex

Tél. / 03 23 24 06 00
www.aisne.com

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

LDAR
Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherche

Edité à Barenton Bugny le 07/12/2021
47030041

RAPPORT D'ANALYSES N° :
H_ED21.4295.1-1

Analyses réalisées au LDAR Date de début d'analyse : 22/11/2021	Résultat	LQ(1)	Seuil de Rejet min	Seuil de Rejet max	Seuil d'Alerte min	Seuil d'Alerte max	Méthode	Principe
Oligo-éléments et micropolluants minéraux								
Cuivre total (Cu total)	< 0.005 mg/l	0.005					NF EN ISO 15587-1et NF EN ISO 11885	Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES
Indice Metox agence de l'eau	0.006 mg/l	0					/	Calcul
Mercure total (Hg)	< 0.10 µg/l	0.1		1			NF EN ISO 15587-1et NF EN ISO 17852	Minéralisationet dosage par AFS
Nickel total (Ni total)	< 0.005 mg/l	0.005					NF EN ISO 15587-1et NF EN ISO 11885	Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES
Plomb total (Pb total)	< 0.002 mg/l	0.002		0,05			NF EN ISO 15587-1et NF EN ISO 11885	Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES
Zinc total (Zn total)	< 0.005 mg/l	0.005		5			NF EN ISO 15587-1et NF EN ISO 11885	Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES

▲ **Indicateur sur le dépassement d'un critère (Seuil de Rejet ou Seuil d'Alerte) réglementaire ou défini par le Client**

(1) Limite de quantification

Commentaire(s)

Compte tenu de la matrice de l'échantillon, la limite de quantification du mercure a été augmentée compte tenu de la dilution réalisée (problème de coloration lors de la stabilisation).
Le prélèvement du mercure n'ayant pas été réalisé dans un flaconnage en verre borosilicaté, l'analyse sera rendue hors accréditation.

Seules les analyses précédées du signe • sont couvertes par l'accréditation

cofrac ESSAIS
ACCREDITATION N° 1-0551 PORTÉE DISPONIBLE SUR www.cofrac.fr

Les résultats sont rendus sous réserve de vos conditions de prélèvement et de conservation.

Validation du rapport d'analyses réalisée le : 07/12/2021 12:16
par : Adéline MAURICE, Responsable d'Analyses

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Article publié le 12 Mai 2022/*Article published on the 12th May 2022* www.journal-decoder.fr

Article de recherche vulgarisé/*Research outreach article*

Régénération du chêne en présence de compétiteurs (la molinie ou les chênes adultes)

Antoine Vernay[1] (enseignant-chercheur) et les classes de 1ère Spécialité SVT du Lycée Pierre de La Ramée (Saint-Quentin) de Mme Vasseur-Menard[2], Mme Otekpo[2] et Mr Weichmann[2] *(la liste des élèves est mentionnée en fin d'article)*

Institution : [1] Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, ENTPE, UMR 5023 LEHNA, F-69622, Villeurbanne, France
[2] Lycée Pierre de La Ramée, 1 rue Jules Siegfried 02100 SAINT-QUENTIN

©Antoine VERNAY, 2016. Jeunes chênes entourés de Molinie bleue

Résumé :

L'échec de régénération naturelle ou par plantation est un problème récurrent dans les chênaies à molinie où la compétition pour les ressources entre les deux espèces est particulièrement forte.

Un mode de gestion visant à contenir la molinie grâce à l'ombrage des arbres adultes est un moyen de réduire la compétition interspécifique. Cependant, si la compétition avec la molinie

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

diminue, les jeunes chênes sont alors confrontés à une plus forte compétition avec les arbres adultes, notamment pour l'eau dans le sol. Il est donc nécessaire de doser la lumière par le couvert des arbres adultes, pour réduire la croissance de la molinie tout en veillant à ne pas induire une trop forte compétition pour l'eau entre les arbres adultes et les plants de chêne.

Les chercheurs et chercheuses ont donc évalué l'impact de la compétition par la molinie sur la régénération du chêne le long d'un gradient de lumière, induit par la création d'une trouée. L'objectif de l'étude est de déterminer un niveau d'ombrage suffisant pour diminuer la croissance de la molinie tout en permettant celle du chêne et en évitant d'induire un stress hydrique pour les jeunes plants. Ce compromis permettrait d'optimiser les chances de succès de la régénération par le dosage de la lumière.

Le succès de la régénération du chêne a été évalué par les scientifiques en déterminant, dans les différentes conditions expérimentales, de données de biomasse. Plus précisément, au cours des mois d'octobre en 2015 puis en 2016, les scientifiques ont récolté tous les plants de chêne vivants. Les feuilles, les tiges, les racines fines (< 2 mm de diamètre) et grosses racines (> 2mm de diamètre) ont ensuite été séparées, séchées puis pesées. Ces données de biomasse ont permis de caractériser la réponse aux facteurs étudiés.

Selon l'étude expérimentale des scientifiques, une gamme de lumière transmise comprise entre 35 à 45%, correspondant à une surface terrière de 8 à 10 m² par ha, semble permettre ce compromis.

Mots clés : Chêne ; compétition ; eau ; lumière ; Molinie

I Introduction :

Les forêts de chênes à molinie bleue sont régulièrement le théâtre d'échecs de régénération naturelle ou par plantation. La régénération est influencée par :

- La qualité des récoltes de glands (taille, qualité de maturation et couleur)
- Le succès de leur germination (le développement d'un nouvel individu végétal),
- La prédation des jeunes chênes par différents herbivores ou encore la présence de divers pathogènes (agent nocif).

Dans ce contexte, les chances de survie des jeunes plants de chêne sont réduites par l'envahissement de la végétation herbacée qui consomme une très large partie des ressources pour en tirer profit dans le sous-bois (Picon-Cochard et al., 2006). Ainsi, de nombreux cas témoignent d'une compétition très forte entre les jeunes chênes et la molinie (Gaudio et al., 2011). En effet, la molinie dispose de nombreux avantages compétitifs par rapport à l'accès aux ressources du milieu grâce à ses racines denses et à sa croissance très rapide.

Ces propriétés lui permettent, dès qu'elle a assez de lumière, de s'étendre rapidement en utilisant une grande partie des ressources au détriment des autres espèces.

Le maintien d'un couvert avec des chênes adultes limitant la lumière disponible pourrait permettre de réduire la croissance de la molinie.

Cependant les arbres adultes, très consommateurs en eau, peuvent entrer en compétition avec les jeunes plants de chêne pour l'accès à l'eau du sol.

Les gestionnaires font face à un choix difficile : soit ouvrir le couvert arboré au risque de favoriser le développement de la molinie, soit limiter la lumière transmise dans le sous-bois pour diminuer la compétition pour l'eau et les nutriments, entre la molinie et les arbres adultes.

Les chercheur·se·s ont donc voulu

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

connaître, en créant une trouée, quel est l'impact de la lumière sur la compétition pour l'eau entre la molinie et le jeune chêne. Plus précisément les chercheurs ont étudié, le long d'un gradient de lumière, la capacité de régénération du chêne en fonction de la lumière.

L'objectif de l'étude est de déterminer un niveau d'ombrage suffisant pour diminuer la croissance de la molinie tout en permettant celle du chêne et en évitant le manque d'eau pour les jeunes plants.

Ce compromis permettrait d'optimiser les chances de succès de la régénération par le dosage de la lumière.

II Dispositif expérimental

1 Le site expérimental au cœur de la chênaie de Paray-le-Frésil (03, Allier)

L'objectif est d'étudier la réponse à court terme de la croissance du jeune chêne à la présence de la molinie le long d'un gradient de lumière transmise ou « transmittance ». La transmittance est la proportion du rayonnement parvenant en sous-bois par rapport au rayonnement incident au-dessus du couvert arboré.

Pour s'affranchir des aléas de glandées et de germination et pouvoir observer une réponse spécifique à l'interaction avec la molinie le long d'une évolution de la transmittance, les chercheur·se·s ont planté des chênes d'un an, issus de pépinière.

En pratique, une trouée de 2 800 m² a été ouverte dans la chênaie de Paray-le-Frésil (Figure 1), de façon à pouvoir installer un transect (un transect est une ligne virtuelle ou physique que l'on met en place pour étudier un phénomène, et le long de laquelle on étudiera la façon dont ce phénomène se produit), d'une soixantaine de mètres de long depuis le cœur de la trouée (ouverture totale du couvert) jusque sous le couvert arboré (Figure 2). La transmittance a été évaluée à l'aide de photographies hémisphériques : le gradient mesuré le long du transect s'échelonne de 17% à 80% de transmittance.

Figure 1 : La chênaie à Molinie de Paray-Le-Frésil - Noter le développement rapide de la molinie entre l'automne 2014 (A) et le printemps 2015 (B).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

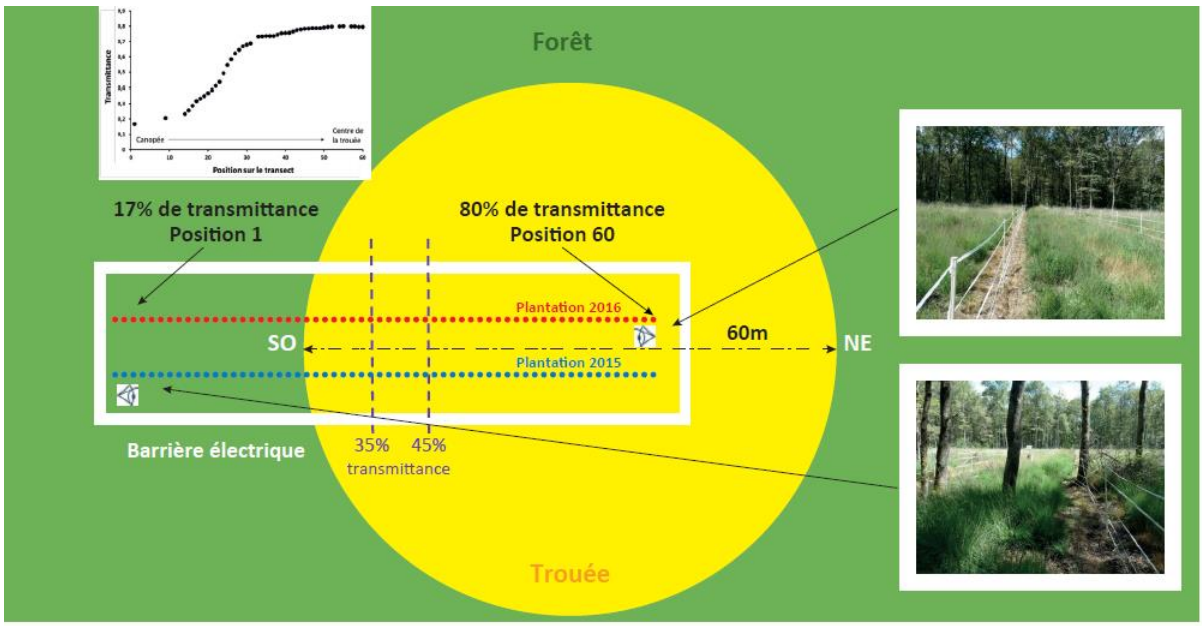


Figure 2 : Schéma de la trouée expérimentale établie dans la chênaie - Cette trouée a un diamètre de 60 m et les lignes de plantations sont établies Sud-Ouest – Nord-Est. En médaillon, diagramme de la mesure de la transmittance (pourcentage de lumière mesurée sous le couvert arboré par rapport à la lumière mesurée au-dessus du couvert arboré) le long du transect de plantation. Les points bleus et rouges représentent les 60 plants de chênes plantés respectivement en 2015 et 2016

L'expérience a été réalisée deux fois, selon le même protocole, en 2015 et 2016. Le long de ce gradient, 60 plants de chêne sessile (*Quercus petraea*) ont été plantés en racines nues à l'automne 2014 puis à l'automne 2015 : ces plants d'un an avaient une hauteur de 20 cm en moyenne avec un diamètre au collet de 5 mm. Leur système racinaire consistait en un pivot et quelques radicelles. Ces plants ont été installés de façon à former 60 placeaux de 1 m² dont un sur deux a été désherbé à la main toutes les deux semaines (Figure 3A et 3B). Ce désherbage manuel a permis de limiter fortement la compétition aérienne des herbacées, sans toutefois éliminer complètement la compétition souterraine.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

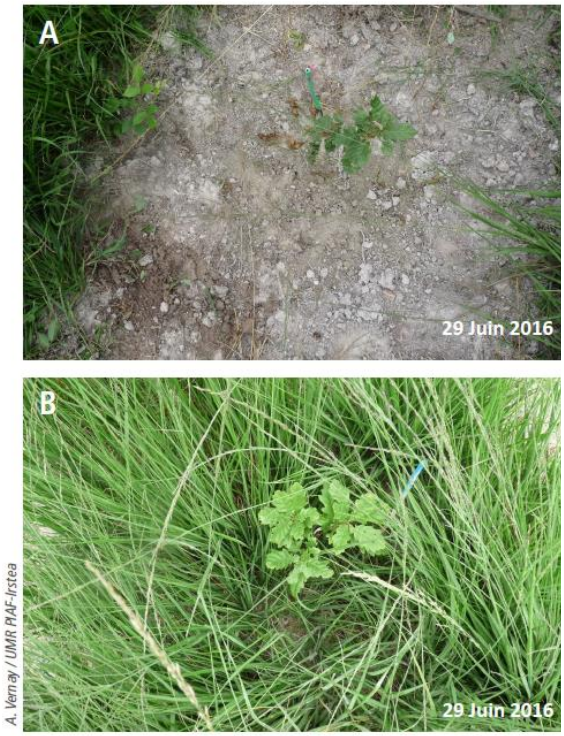


Figure 3 : Placeau chêne « seul » (A) ou avec molinie (B) - Pour le placeau chêne « seul », les parties aériennes de la molinie ont été arrachées sur une surface d'environ 1 m².

Les chercheurs et chercheuses ont choisi d'étudier le chêne sessile (*Quercus petraea* L.) car il est résistant à la sécheresse, et dans un contexte de changement climatique il pourrait présenter des avantages écophysiologiques.

Comme beaucoup de stations à molinie bleue, le milieu est caractérisé par des ennoyages récurrents à cause de la présence de nappes d'eau proche de la surface pendant de longues périodes, avec des rabattements de nappes rapides.

Ces mouvements de nappes induisent différents stress pour les arbres qui subissent des alternances d'ennoyage et de sécheresse notamment dans les horizons supérieurs du sol, qui sont une zone de prospection privilégiée pour les racines fines des jeunes plants de chêne et de la molinie.

2 Mesure et calcul du stress hydrique (pénurie d'eau)

Le stress hydrique a été déterminé grâce à des mesures de teneur en eau du sol à l'endroit où se trouve la majeure partie des racines à l'aide de onze sondes réflectométriques qui ont été positionnées à proximité des chênes et à des niveaux de transmittance différente.

III Résultats et discussion :

1 Forte réponse des plants de chêne par rapport à la variation continue et monotone de la lumière

Quelle que soit la partie du chêne (feuilles, tiges, racines fines), la croissance en biomasse est très faible, en-deçà de 20 % de transmittance. En revanche, cette croissance augmente jusqu'à 40 % de transmittance environ avant d'atteindre un plateau pour les plus fortes valeurs de la transmittance. Ce qui confirme les résultats d'autres études (Ligot et al., 2013). Concernant les feuilles et les tiges, en 2016, la présence de la molinie n'impacte

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

pas la production de biomasse du chêne (Figure 4B) alors qu'en 2015 la présence de la molinie a un faible impact (Figure 4A et Figure 6). Au cours des deux années d'expérimentation, la présence de la molinie n'a eu aucun effet statistique sur la croissance des racines fines des jeunes plants de chêne (Figure 5A et B).

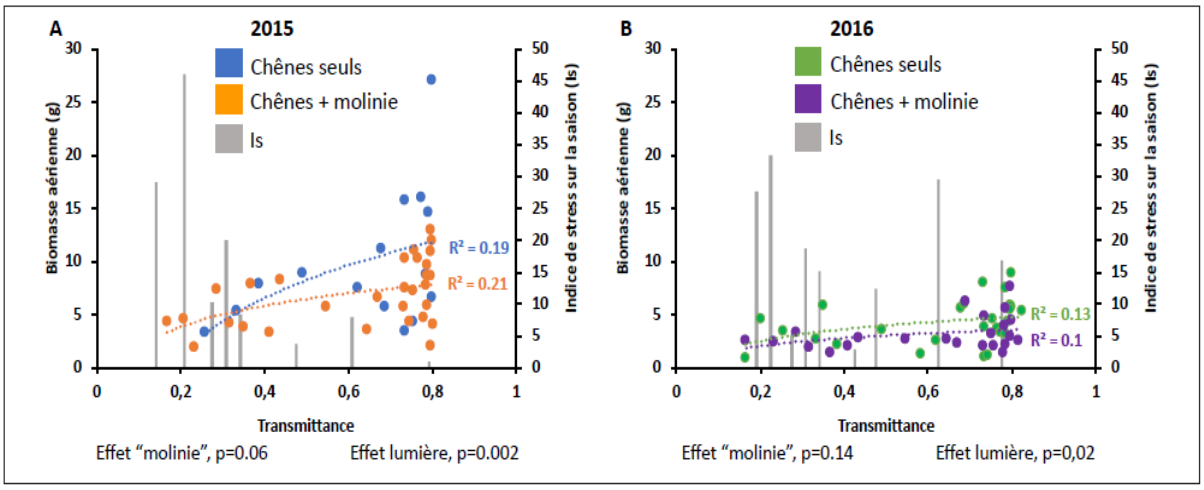


Figure 4 : Biomasse souterraine des plants de chêne en fin de saison et indices de stress hydrique cumulé sur la saison de croissance, le long du gradient de rayonnement en 2015 (A) et 2016 (B) - Les valeurs statistiques p indiquent si les différences observées selon les différents facteurs sont significatives ou pas. Une valeur de p<0.05 est considérée comme significative, 0.1>p>0.05 on observe une tendance et si p>0.1 alors on considère que les différentes modalités sont équivalentes

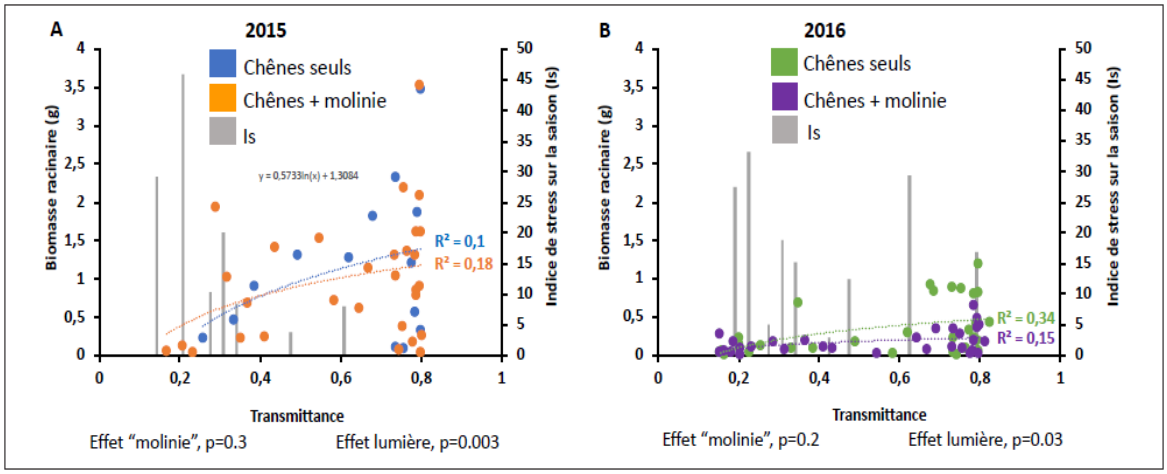


Figure 5 : Biomasse souterraine des plants de chêne en fin de saison et indices de stress hydrique cumulé sur la saison de croissance, le long du gradient de rayonnement en 2015 (A) et 2016 (B) - Les valeurs statistiques p indiquent si les différences observées selon les différents facteurs sont significatives ou pas. Une valeur de p<0.05 est considérée comme significative, 0.1>p>0.05 on observe une tendance et si p>0.1 alors on considère que les différentes modalités sont équivalentes

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

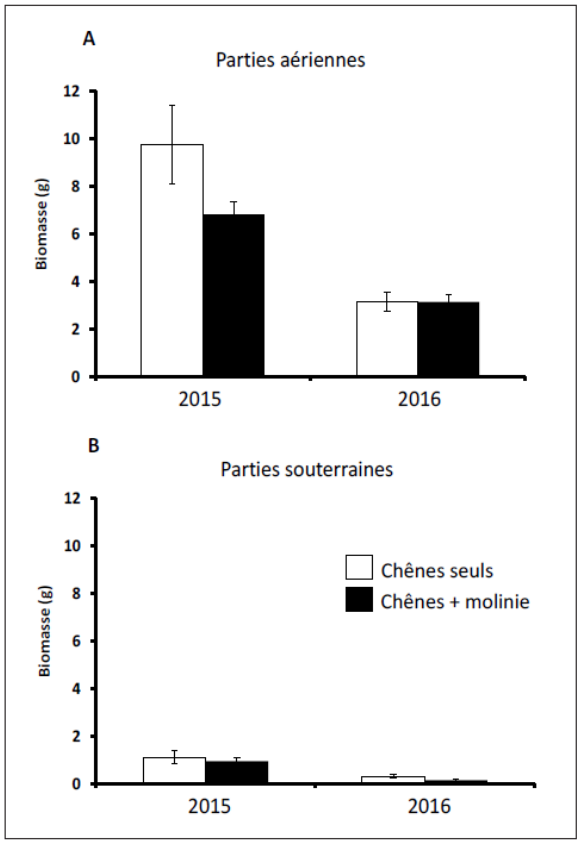


Figure 6 : Biomasse aérienne (A) et souterraine (B) des plants de chêne à la fin de la saison de croissance en 2015 et 2016.Une production de biomasse plus forte en 2015 qu'en 2016

D'après les résultats graphiques, la croissance mesurée en 2015 est plus élevée que celle de 2016. On voit que les chênes seuls (sans compétition) ont une production plus élevée de biomasse en 2015. En revanche, en 2016 la production de la biomasse foliaire et racinaire a beaucoup diminué. On peut voir que même si les chênes sont en compétition avec la molinie, la production en 2015 est toujours supérieure à celle de 2016. En effet, pour les chênes en compétition : la production de biomasse foliaire était de 6.8g en 2015 et de 3.2g en 2016, quand la biomasse racinaire était de 1g en 2015 et en 2016 la production racinaire était de 0.2g. La compétition exercée par la molinie est étonnamment très faible. Une explication possible à cette observation est que, si les placeaux (chênes seuls) ont été libérés des parties aériennes de la molinie, ses parties souterraines pouvaient encore être fonctionnelles et exercées une compétition sur les plants de chênes en 2015. La plus forte production de biomasse en 2015 qu'en 2016 s'expliquerait alors plutôt par une différence de développement du système racinaire de la molinie, plus faible en 2015 qu'en 2016 et impactant la disponibilité en eau.

2 Les arbres adultes et la molinie, responsables d'un fort stress hydrique

Tout d'abord, le stress hydrique est une situation critique qui surgit lorsque les ressources en eau disponibles sont inférieures à la demande en eau.

Les arbres adultes, du fait de leur grande taille, de l'importance de leur surface foliaire et de leur enracinement, prélèvent de grandes quantités d'eau dans le sol. Ils réduisent le niveau de transmittance, et donc limitent la croissance de la molinie mais ils peuvent aussi induire un stress hydrique fort pour les herbacées comme pour les jeunes plants de chêne. Pour évaluer son impact, les chercheur·se·s ont utilisé un indice de stress hydrique calculé à partir des mesures de teneur en eau du sol réalisées en parallèle des mesures de transmittance.

Les chercheurs ont observé un stress hydrique plus important sous la canopée des arbres adultes (très faible transmittance), aussi bien en 2015 qu'en 2016 (Figure 4 et Figure 5). Il en résulte que sur les 14 plants qui sont morts en 2015, 11 étaient situés sous la canopée des arbres adultes, dans la zone où le stress hydrique était le plus intense. En 2016, le stress hydrique était plus faible en durée et en intensité (Figure 7), les chercheur·se·s n'ont pas constaté de mortalité des jeunes plants de chêne.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

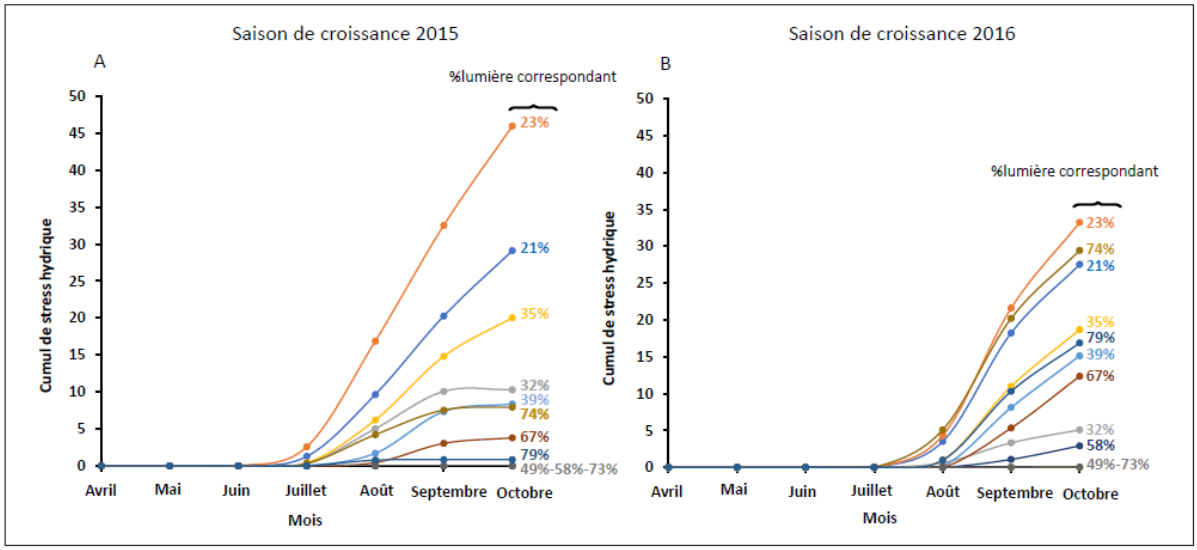


Figure 7 : Indice de stress hydrique cumulé mesuré le long du gradient de rayonnement au cours de la saison de croissance en 2015 (A) et 2016 (B). Plus cet indice est fort, plus le stress est intense. Chaque courbe correspond à une sonde, et le pourcentage associé indique le niveau de transmittance mesuré à l'emplacement de cette sonde.

Malgré ce stress hydrique moins prononcé en 2016, la production de biomasse du chêne a été plus faible qu'en 2015, notamment pour les valeurs de transmittance élevées. Ce constat surprenant peut s'expliquer par la répartition du stress hydrique le long du gradient de transmittance. En 2016, nous avons constaté de plus forts indices de stress hydrique qu'en 2015 pour des valeurs de transmittance élevées (au centre de la trouée, Figure 4, Figure 5 et Figure 7). Le fort stress hydrique pourrait donc être la cause d'une réduction sévère de production de biomasse des plants de chêne dans cette zone où le rayonnement n'est pas limitant.

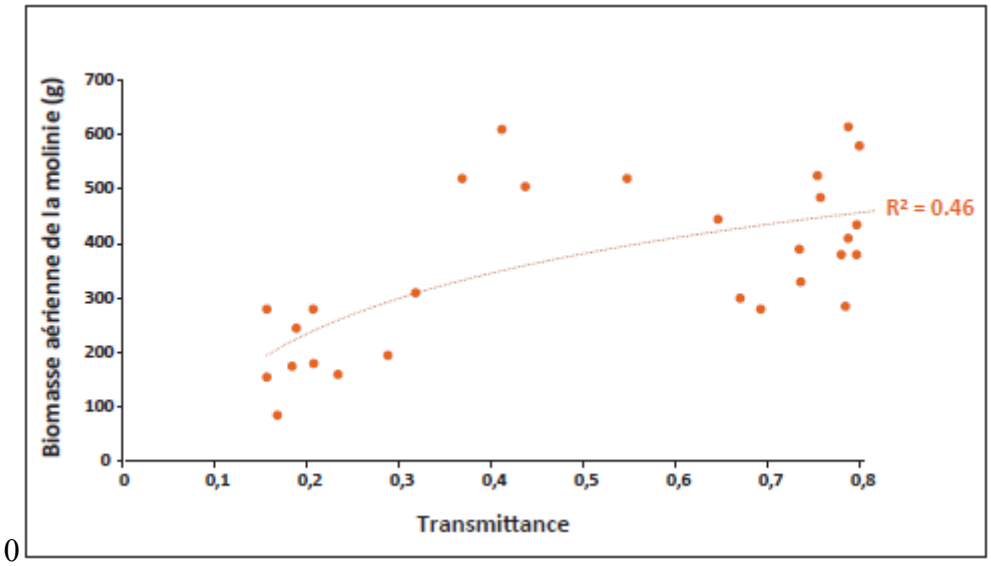
3 La molinie, forte consommatrice d'eau

D'après les Figure 7A et B, la conclusion des chercheurs est que la molinie est responsable du stress hydrique au centre de la trouée. En effet, en 2016, la molinie a bénéficié d'une année supplémentaire de croissance sans ombre au cœur d'une trouée (zone dans laquelle des arbres sont abattus dans la forêt). La biomasse aérienne (la masse des feuilles, des tiges …) de la molinie augmente alors fortement le long du gradient de rayonnement (intensité lumineuse croissante,

Figure 8), ce qui implique un développement considérable de la surface d'échange effectué par les feuilles conduisant à une forte demande en nutriments et en eau. Il est donc fort probable qu'en 2016 la molinie ait induit un stress hydrique bien plus fort qu'en 2015 pour les chênes, malgré des conditions météo moins contraignantes. Les jeunes plants de chêne n'ont donc pas disposé des ressources hydriques suffisantes pour produire de nouvelles feuilles et/ ou racines. La disponibilité en eau et en nutriment est réduite par le développement massif de la molinie au centre de la trouée.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.



0

Figure 8 : biomasse aérienne de la molinie, récoltée sur les placeaux de 1m² non désherbés en octobre 2016

4 La compétition souterraine indirectement amplifiée par la lumière

L'étude des chercheur.se.s n'intègre pas les étapes de germination dont la réponse est moins influencée par la lumière et la compétition. Elle ne considère également qu'une seule saison de croissance chaque année. Cependant, elle a permis aux chercheurs de se focaliser sur la réponse précoce, au stade post-germination, des plants de chêne face à un gradient de lumière avec ou sans espèce qui entre en compétition pour les mêmes ressources. Ce stade est critique pour la survie des plants, durant lequel ils sont le plus vulnérables à la compétition.

La moins bonne croissance des plants de chênes en interaction avec la molinie résulte donc principalement de la compétition pour les ressources souterraines. Une forte transmittance a un effet négatif indirect sur la disponibilité de l'eau et de l'azote du sol pour les chênes en stimulant la captation des ressources souterraines par la molinie (Vernay et al., 2018).

Le stress hydrique est plus intense dans une zone comportant une végétation dense empêchant cette végétation de passer (pouvant induire la mort des plants) tandis qu'au centre de la trouée c'est le développement massif de la molinie qui diminue la disponibilité en eau et en nutriments (Figure 9).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

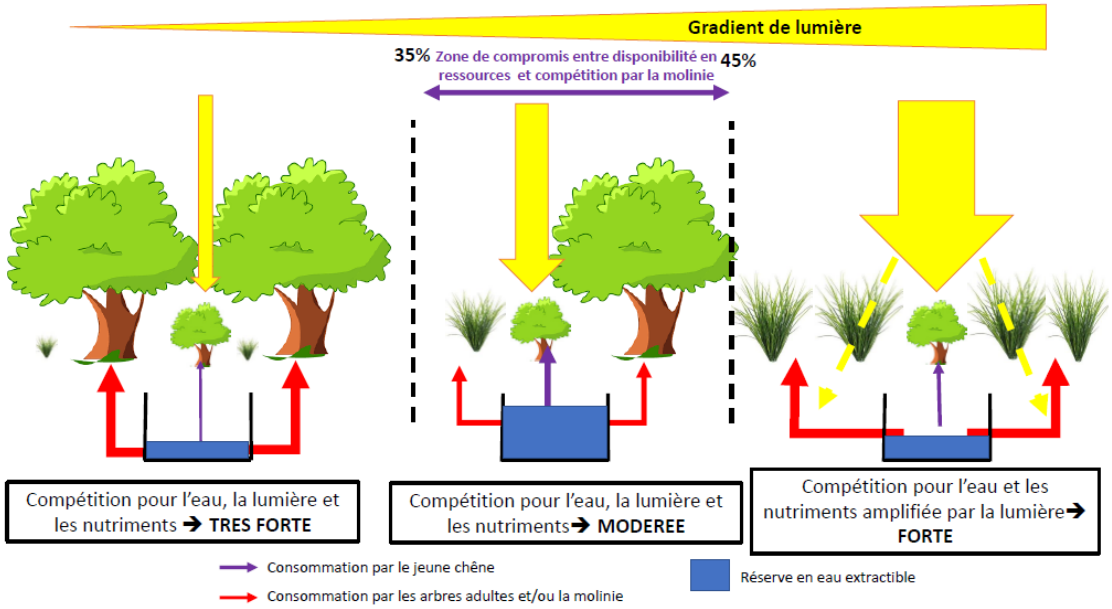


Figure 9 : Bilan schématique des interactions pour les ressources entre plants de chêne, arbres adultes et molinie le long du transect et identification du/des facteurs limitant la croissance du plant de chêne - Sous le couvert arboré, la principale compétition vis-à-vis des jeunes chênes vient des arbres adultes induisant un fort stress hydrique, alors qu'au centre de la trouée le stress hydrique est induit par la molinie dont la croissance est favorisée par la lumière.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

IV Conclusion : quel compromis entre disponibilité en eau et en lumière ?

D'après les résultats de l'étude, il semble nécessaire de protéger les jeunes plants de chêne du stress hydrique notamment en début de saison jusqu'au début de l'été, période critique pour la survie des plants. La gamme de transmittance s'échelonnant de 35% à 45% semble être le meilleur compromis pour permettre la croissance des jeunes chênes tout en limitant le stress hydrique induit par les arbres adultes ou la molinie (Figure 9). Cela correspond en chênaie à environ 8 à 10 m² de surface terrière (la surface terrière est un indice qui correspond, pour un arbre donné, en France, à la surface de la section d'un arbre mesurée à 1,30 mètre du sol. La surface terrière est une grandeur qui quantifie la concurrence entre les arbres d'un peuplement forestier), si l'on se réfère à la loi entre la surface terrière et la transmittance établie par Balandier et al (son équipe).

L'ouverture du couvert doit être synchronisée avec les différents stades de croissance du chêne dont la demande en lumière, en nutriment et en eau augmente au cours des différents stades mais elle doit aussi être guidée par la croissance de la molinie, comme le montre cette étude (compétition plus forte de la molinie en 2016 qu'en 2015).

Références :

Gaudio, N., Balandier, P., Dumas, Y., & Ginisty, C. (2011). Growth and morphology of three forest understorey species (Calluna vulgaris, Molinia caerulea and Pteridium aquilinum) according to light availability. *Forest Ecology and Management*, *261*(3), 489-498.

Ligot, G., Balandier, P., Fayolle, A., Lejeune, P., & Claessens, H. (2013). Height competition between Quercus petraea and Fagus sylvatica natural regeneration in mixed and uneven-aged stands. *Forest Ecology and Management*, *304*, 391-398. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.05.050

Picon-Cochard, C., Coll, L., & Balandier, P. (2006). The role of below-ground competition during early stages of secondary succession: The case of 3-year-old Scots pine (Pinus sylvestris L.) seedlings in an abandoned grassland. *Oecologia*, *148*(3), 373-383.

Vernay, A., Malagoli, P., Fernandez, M., Perot, T., Améglio, T., & Balandier, P. (2018). Improved Deschampsia cespitosa growth by nitrogen fertilization jeopardizes Quercus petraea regeneration through intensification of competition. *Basic and Applied Ecology*, *31*, 21-32. https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.06.002

Remerciements : Ces travaux ont été réalisés dans la cadre de la thèse d'Antoine Vernay financée par le Ministère de la Recherche avec l'aide financière du programme européen FEADER et du département de l'Allier (03). Les auteurs remercient André Marquier, Christophe Serre, Brigitte Saint-Joanis, Marc Vandame et Pascal Walser pour leur aide précieuse lors des mesures. Ils remercient également Mr Charrier, propriétaire, pour la mise à disposition de la parcelle forestière et la préparation du site expérimental (création de la trouée).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Ont participé au travail d'écriture de cet article, en collaboration avec Antoine VERNAY, chercheur en Ecologie Végétale (par ordre alphabétique) : Fatima AZAFAD, Antoine BETEMS, Manon CARDOT, Océane CHRETIEN, Clémence COLOT, Maïline DELAPORTE, Jade DUPUIS, Camille DUQUESNOY, Shera FALI, Djymy GOSSET, Orlane HERMANT, Seyedeh Andia HOSSEINI, Titouan LAPIERE, Lalie LASNE, Inès LEFEVRE, Anouk LEMARCHAND, Mathéo LEPAGE, Justine MELENCHON, Constance MIEL, Léane POLLET, Romane SABRAS, Noan SARRAZIN, Maxine TOSTAIN

Comment citer cet article : Antoine Vernay et les élèves de 1ère Spécialité SVT du lycée Pierre de La Ramée (Saint-Quentin (FR)), *Régénération du chêne en présence de compétiteurs (la molinie ou les chênes adultes),* Journal DECODER, (2022-05-12)

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Article publié le 25 mai 2022/*Article published on the 18th May 2022* www.journal-decoder.fr

Article de recherche vulgarisé/*Research outreach article*

Découverte d'une nouvelle espèce de poisson marin des grandes profondeurs, *Polyipnus laruei*

Elodie Vourey[1] (chercheuse) et la classe de seconde 2 du lycée de la Hotoie (Oise) de Mme Deschasse[2] *(la liste des élèves est mentionnée en fin d'article).*

Institutions : [1] SPC-CPS, Promenade Roger Laroque, Nouméa 98800, Nouvelle-Calédonie
[2] Lycée la Hotoie, 80, rue du Bâtonnier Mahiu, 80000 Amiens, France

De nouvelles espèces sont encore découvertes de nos jours comme nous le prouve ce petit poisson *Polyipnus laruei* qui a été observé dans le Pacifique Sud-Ouest. Cette fantastique aventure pour officialiser une nouvelle espèce est longue et parfois laborieuse.

© William LARUE

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Lorsque ce petit poisson a été présenté par des plaisanciers à Elodie Vourey, notre scientifique, elle a soupçonné que cette merveille n'avait encore jamais été découverte. Afin de confirmer son intuition, elle a dû étudier l'ensemble de ses caractéristiques morphologiques externes et démontrer qu'il était différent des trente-trois espèces déjà connues de *Polyipnus*.

I. La taxonomie

Elodie est une spécialiste de taxonomie. Qu'est-ce que c'est me direz-vous ? La taxonomie est la science qui décrit les organismes vivants pour les classer dans des groupes emboités appelés taxons. Elle permet de les identifier et de les nommer. Cette science a pour objet de décrire morphologiquement les organismes vivants pour ensuite les classer (règne, embranchement, classe, ordre, famille, genre, espèce). Ce qui donne pour le petit poisson découvert la série ci-dessous :

- **Animalia** (Règne)
  - **Chordata** (Embranchement)
    - **Actinopterygii** (Classe)
      - **Stomiiformes** (Ordre)
        - **Sternoptychidae** (Famille)
          - ***Polyipnus*** (Genre)
            - **?** (Espèce)

Après une première observation, notre scientifique est parvenue à l'identifier uniquement jusqu'au genre *Polyipnus*, mais l'espèce était inconnue.

C'est alors qu'elle a dû étudier en détails et sur une longue durée, ce mystérieux petit poisson, afin de recueillir avec précision l'ensemble des détails morphologiques qui le caractérisent.

- *Pourquoi la taxonomie par la méthode d'identification morphologique demande-t-elle du temps ?*

Car il faut être très précis, méticuleux pour qu'il n'y ait pas d'erreurs. Il faut également se rendre dans des muséums d'histoire naturelle et comparer le nouveau spécimen à ceux déjà présents dans les collections nationales. Il existe peu de taxonomistes dans le monde. C'est pourquoi, beaucoup de spécimens non identifiés restent dans les collections des musées en attendant qu'on s'occupe d'eux. Ils y restent parfois plus de 20 ans entre leur collecte et la publication de leur description. Heureusement pour notre petit poisson, 3 années lui ont suffi pour être publié dans la revue Zootaxa!

- *Les étapes pour officialiser la nouvelle espèce auprès du monde scientifique*

L'espèce est enregistrée dans un muséum d'histoire naturelle afin d'être répertoriée et un article scientifique est rédigé. Le chercheur choisit alors un nom pour l'espèce. Cet article est ensuite soumis à une revue scientifique à comité de lecture. Ce comité est constitué de 2 à 3 autres chercheurs (également appelés relecteurs ou reviewers en anglais). Ils vont lire, réviser et évaluer l'article. Ce comité de lecture anonyme évalue ainsi la valeur scientifique des articles proposés à la publication. Parfois, le journal décide de ne pas le publier en l'état par manque d'informations ou informations erronées. Les chercheurs qui soumettent leur article doivent alors faire des corrections. Ils peuvent revoir des informations et/ou les modifier puis ils renvoient l'article à l'éditeur. A la suite de ça, l'éditeur décide si l'article est accepté pour être publié. La publication s'écrit généralement en anglais (du fait qu'elle soit la langue universelle).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Pour notre *Polyipnus Laruei*, ce dévoilement au grand jour a suivi les étapes suivantes :

- 1ère étape : observation du spécimen, première description succincte
- 2ème étape : envoi de la description à l'expert mondial de ce genre de poisson Antony Scott Harold, aux Etats-Unis, afin d'obtenir la confirmation qu'il s'agissait bien d'une nouvelle espèce.
- 3ème étape : étude approfondie du poisson, analyses sous tous les angles, photographies de tous les détails morphologiques, prélèvements pour analyses ADN, réalisation du dessin par Cyndie DUPOUX, la 2ème co-auteur
- 4ème étape : rédaction du draft : brouillon (ces étapes 3 et 4 ont pris plusieurs mois, environ 4 à 6 mois)
- 5ème étape : envoi du draft aux co-auteurs et corrections de leur part (cette étape a pris plusieurs mois, Antony était très pris sur d'autres projets)
- 6ème étape : correction de l'article
- 7ème étape : Soumission de l'article au journal
- 8ème étape : relecture de l'article par les pairs (presque 1 an)
- 9ème étape : réception des avis, corrections de l'article et 2ème soumission au journal (3 mois)
- 10ème étape : acceptation pour publication et publication définitive (4 mois)

Finalement, le temps qui s'est écoulé entre la découverte de ce petit poisson profond et sa publication a été d'environ 3 ans.

II. Méthodologie pour décrire *Polyipnus laruei*

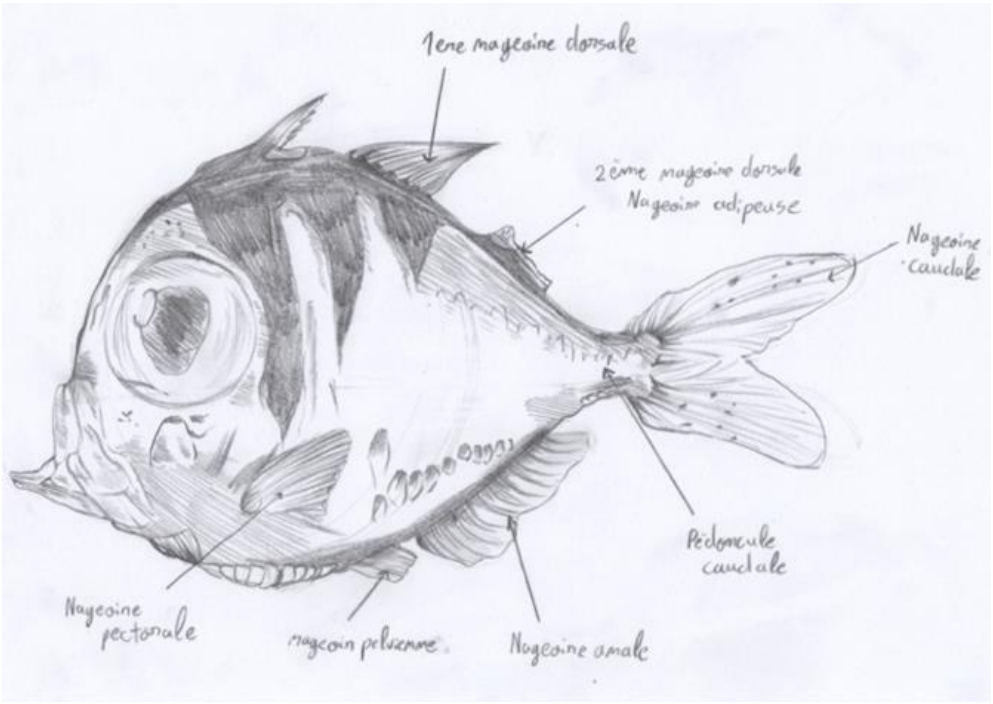
Lors de la description d'une nouvelle espèce, il existe plusieurs étapes qui permettent de répertorier tous les détails morphologiques du spécimen :

- 1ère étape : Observation minutieuse du spécimen à la loupe binoculaire (Figure 1A),
- 2ème étape : Comptage des rayons de toutes les nageoires (Figure 1B), des branchiospines de la première branchie, des dents présentent sur le palais …
- 3ème étape : Mesure sous tous les angles du poisson à l'aide d'un pied à coulisse électronique
- 4ème étape : Prise de photos de toutes les parties du corps côté droit et gauche,
- 5ème étape : Prise d'une radiographie (afin de connaitre le nombre de vertèbres du poisson sans l'abimer ; Figure 1C),
- 6ème étape : Prélèvements d'une partie de la nageoire pelvienne droite pour réaliser des analyses génétiques,
- 7ème étape : Faire faire une illustration naturaliste à l'échelle du spécimen (Figure 1D).

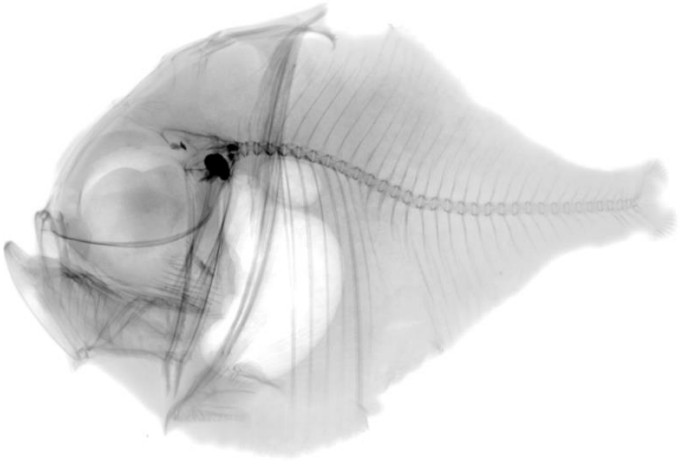
Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

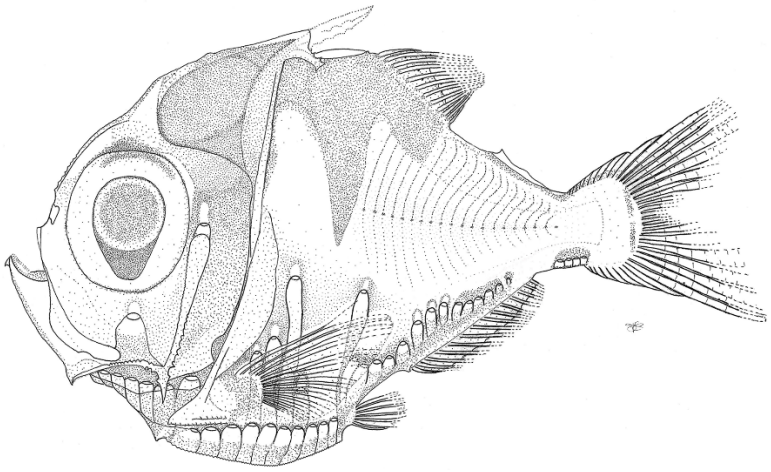
(A) Observation à la loupe binoculaire



(B) Comptage des rayons sur les nageoires



(C) Radiographie du poisson © Dr Benjamin MARC



(D) Dessin naturaliste © Cyndie DUPOUX

Figure 1 : différentes étapes d'observation du spécimen.

Après cette partie de prise de données, la scientifique définit ainsi des caractéristiques uniques, compare son espèce avec d'autres espèces du même genre pour lui trouver des caractéristiques spécifiques ou communes afin de le distinguer des autres ou de le rapprocher, et compare la séquence génétique avec d'autres présentes dans des banques internationales de données génétiques.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

III. Contenu de l'article scientifique

Elodie compile l'ensemble de ces résultats et les présente sous forme d'article scientifique.

Cette description très précise de la nouvelle espèce permet aux autres chercheurs dans le monde de comparer leurs spécimens au sien juste avec la publication de l'article.

1. Description de l'holotype de *Polyipnus laruei*

Petit rappel, qu'est-ce que l'holotype ?

C'est le spécimen sur lequel se base la description originale. L'holotype est toujours celui d'un nom de taxon, dans notre cas ce sera celui de l'espèce *Polyipnus laruei*. Il doit être obligatoirement enregistré et conservé dans un muséum d'histoire naturelle (ex : MNHN, Muséum national d'Histoire naturelle de Paris) et porter un numéro d'enregistrement unique.

Cette partie, description, va renseigner les lecteurs sur la date de capture, le lieu où il a été trouvé et va donner tous les détails utiles sur les conditions dans lequel a été collecté le poisson.

Holotype. MNHN–IC–2014–2817 (Muséum National d'Histoire Naturelle, France) ; 45.6 mm LS, 57.0 mm LT, a été découvert le 30 juillet 2014, au large du récif Tombo (S 22°33.885' latitude, E 166°25.370' longitude), Nouvelle-Calédonie, Pacifique Sud-Ouest (le seul spécimen de *Polyipnus laruei* **sp. nov.** a été trouvé au large de la côte sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie, à environ 29 km de de la côte la plus proche et à environ 2,5 km de la barrière de corail. Des plaisanciers ont trouvé le spécimen mort, en excellente condition, flottant à la surface. Il n'y avait aucune preuve visible de la cause de la mort).

2. Diagnostique

Elodie a enfin observé les critères qui différencient *Polyipnus laruei* des autres espèces du genre *Polyipnus*.

En fait, il y a des critères morphologiques qui à eux seuls permettent de différencier les espèces et parfois, c'est en combinant plusieurs critères.

Pourquoi ?

Imaginer un ours blanc avec un nez plat et un ours marron avec un nez pointu. Si vous découvrez une nouvelle espèce qui correspond à un ours blanc à nez pointu. Dire qu'il a le nez pointu ne suffira pas à persuader les scientifiques que c'est une espèce différente de l'ours marron. Il faudra aussi donner sa couleur.

Polyipnus laruei se distingue de toutes les autres espèces de son genre par la présence d'un unique photophore (OVB) situé latéralement de chaque côté du poisson alors que les autres *Polyipnus* en comptent trois (Figures 2 et 3).

Il possède de nombreuses caractéristiques le différenciant des autres si on les combine, comme par exemple la présence : d'un grand œil, d'épines sur les écailles des photophores des groupes PV, VAV, ACB, ACC (organes qui brillent pour effrayer les prédateurs ou attirer les proies, comme chez les poissons-lanternes !), de 2 grandes épines dentelées derrière les tempes, de 6 photophores ACB, de 25 épines (côté gauche) sur le premier os des branchies et 26 sur le côté droit (Figure 4).

La combinaison des caractères permet aux observateurs de pouvoir identifier *Polyipnus laruei* même si le spécimen n'est pas récupéré en bon état et si le ou les OVB ne sont pas visible

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

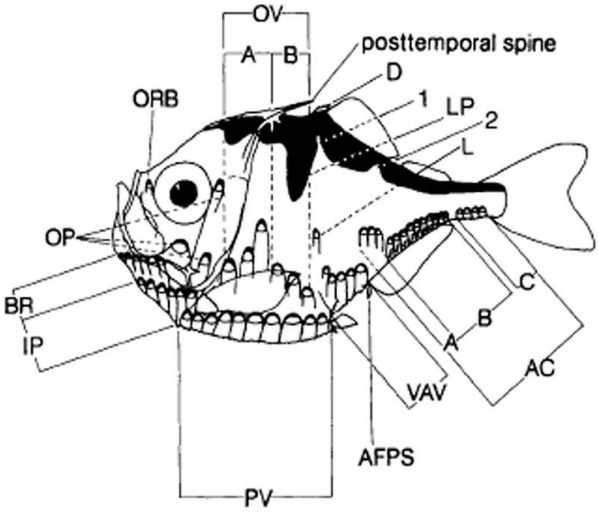


Figure 2 : photophores et autres caractéristiques externes des espèces de Polyipnus (Harold 1994). AFPS, épine du ptérygiophore de la nageoire anale ; D, partie épineuse externe de la région dorsale (ptérygiophore de la nageoire dorsale modifié) ; LP, barre latérale pigmentée ; 1, encoche pigmentaire postdorsale. Reproduit avec la permission de Harold (1994), fig. 1.

Figure 3 : Vue latérale gauche de Polyipnus laruei avec la présence d'un unique photophore OVB (gauche) et de de Polyipnus asteroides avec la présence de trois photophores OVB (droite).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

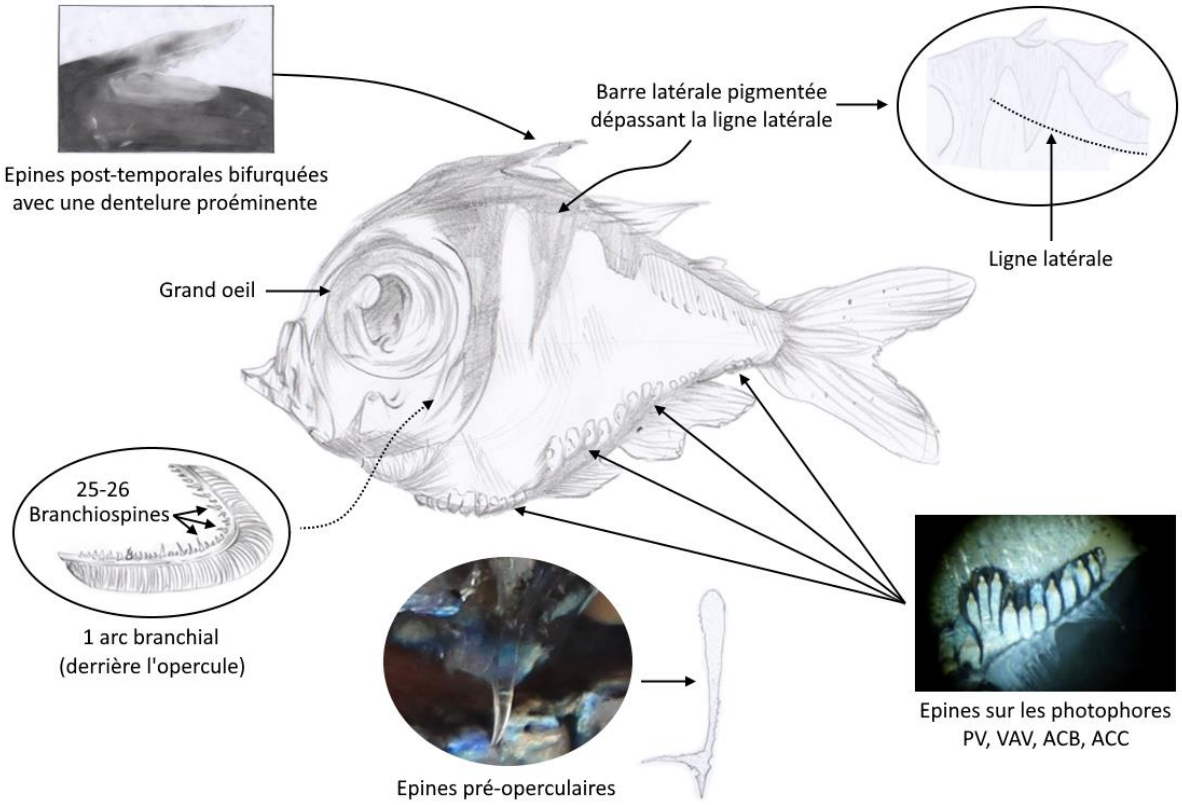


Figure 4 : Caractères spécifiques de Polyipnus laruei.

3. Description

Dans cette partie, tous les détails morphologiques sont cités sous forme de liste exhaustive, on y retrouve des tableaux avec les mesures, les comptages… Il faut pouvoir donner le maximum d'informations sur le poisson.

Dans notre article, nous vous avons présenté uniquement les critères les plus évidents qui ont permis de savoir qu'il s'agissait d'une nouvelle espèce et qui permettent de reconnaitre *Polyipnus laruei*. Mais dans une vraie description d'espèce, il faut tout détailler, chaque partie du corps, il faut tout compter et tout mesurer et pour les deux côtés du poisson (Figure5).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

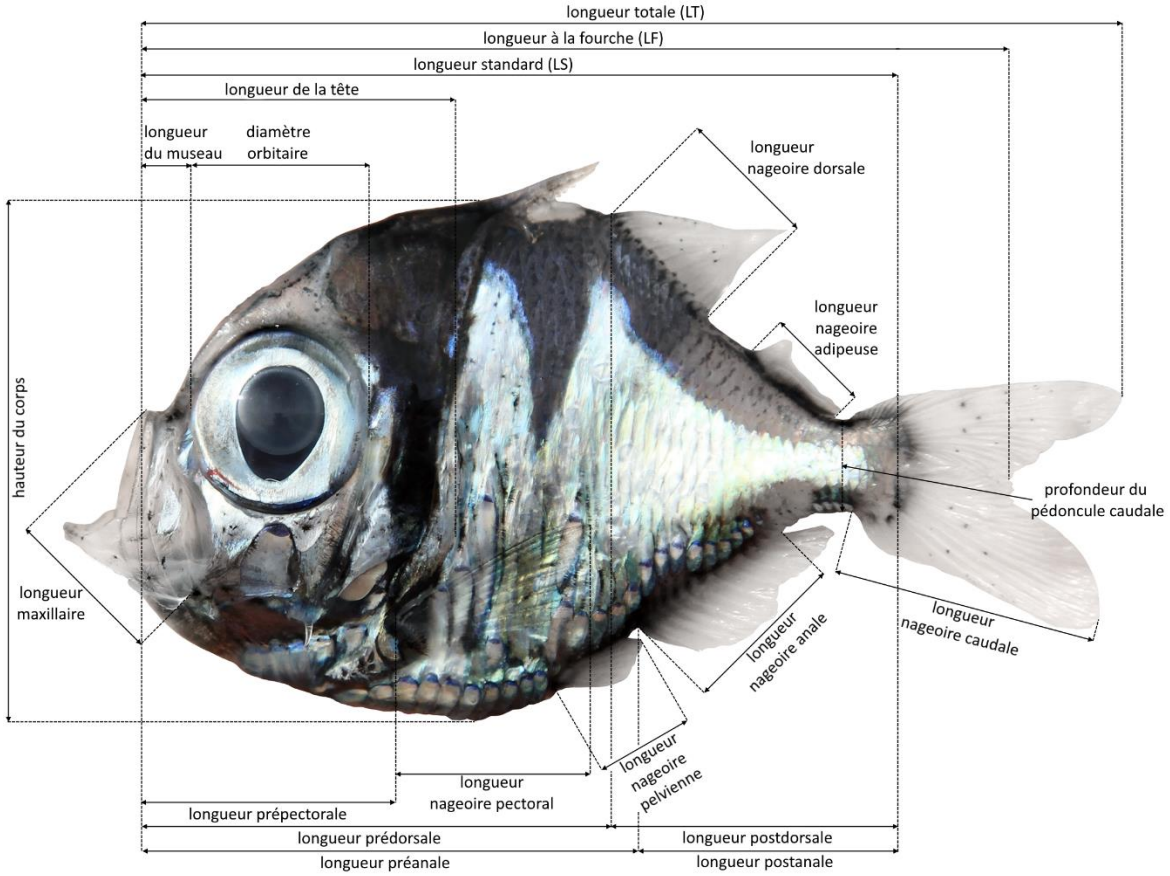


Figure 5 : Positionnement des différentes longueurs utilisées pour la description de Polyipnus laruei.

4. Étymologie (Science de l'origine du nom)

Dans cette partie, l'auteur va expliquer pourquoi elle a choisi le nom Polyipnus laruei.

A l'issue de ces observations minutieuses, de ce gros travail de description, de comparaison et de rédaction, cette nouvelle espèce est validée au sein de la communauté scientifique. La dénomination est choisie par la personne qui décrit la nouvelle espèce. Le nom peut être choisi en fonction de la zone géographique où le spécimen a été récolté, en fonction d'un détail morphologique ou de son apparence (ex : la souris pancake qui est une souris qui fut retrouvée aplatie), ou également pour rendre hommage à quelqu'un (par exemple notre petit poisson porte le nom des deux plaisanciers qui l'ont ramené aux scientifiques : William et Pierre **Larue**).

Ainsi cette nouvelle espèce a reçu pour nom scientifique « *laruei* » et comme nom vernaculaire français (ou nom commun) « poisson hache d'argent à gros yeux ».

Le nom scientifique d'une espèce s'écrit toujours, d'après le code international de nomenclature zoologique, en deux parties : le nom générique (en italique et avec une majuscule) : *Polyipnus* et l'épithète (en minuscule et en italique) : *laruei.*

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

5. Remarque

Cette partie de l'article va servir à justifier pourquoi il s'agit d'une nouvelle espèce, c'est un peu comme une discussion, une justification. Elle est très importante aussi pour permettre aux relecteurs de contester ou non le fait que ce soit une nouvelle espèce.

IV. Conclusion

Ainsi, le but de l'article scientifique sur une nouvelle espèce est d'être le plus précis possible dans la description pour que les autres chercheurs dans le monde entier puissent comparer leurs spécimens à celui décrit. Ce travail est très minutieux, il est très précis et prend beaucoup de temps. De plus en plus de gens s'orientent vers la biologie moléculaire. La génétique est un outil mais il ne peut remplacer les analyses morphologiques. Ces deux domaines sont complémentaires.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Élèves impliqués dans le travail d'écriture (par ordre alphabétique) :
ALI Hafsa, BELLALEM Ali, BOURNAZEL-ACHOUN Antone, CLEMENT-DEBERGUES Rémi, COLIN Celya, COTTINET Océane, DAVID-RULLE Cellia, DELVA Holidana, DESTON Valentine, DJEBLI Clara, DRUELLE Sofiane, DUQUENNE Arthur, EL ALAOUNI Sélim, EL HICHOU Maha, FASHI EL ANSARI Mohamed, HACKE Mathéo, HASANI Ena, KARIM Ahmad, KDADRI-POIGNANT Ismael, KONATE Abigaelle, LEMAIRE Obeïda, LUSHA Marsilda, MANESSE Marie, MATIFAS Chloé, MOHAMED OMAR Imane, MOLLAEVA Medni, MOUSSAOUI Hamza, REDAOUIA Yasmine, SELEMANI Daniela, SERIR Fanny, SIRADJIDINE Irma, THERY Emma, TIETZ Hava, VIDAL Manon, YAKOUDOU Naomie-Rachel de la classe de seconde 2 du Lycée la Hotoie (Oise, Année scolaire 2021-2022).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Risque d'un réchauffement climatique plus important à court terme induit par la variabilité multi-centennale de la circulation océanique.

Rémy Bonnet (chercheur)[1], Didier Swingedouw (chercheur)[2] et la classe de 3ème E de Laetitia Legrand (enseignante)[3] *(la liste des élèves est mentionnée en fin d'article).*

Institutions

[1] Institut Pierre-Simon Laplace, Sorbonne Université/CNRS, Paris, France.

[2] Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux, Université de Bordeaux/CNRS, Bordeaux, France.

[3] Collège Olympe de Gouges, Cadaujac, France.

Résumé

Pour étudier l'évolution du climat, les chercheurs utilisent des modèles numériques, basées sur les lois de la physique, qui permettent de simuler les climats passés et futurs. On constate de fortes variations de températures dans les projections des derniers modèles utilisés. Ces variations importantes de température s'observent sur des échelles de temps très longues et cela sans forçages externes de type gaz à effet de serre. Un forçage est une perturbation d'un système, ici dans le cas du système climatique, une perturbation du bilan énergétique.

Les variations internes du système climatique, telle qu'observées dans les modèles, peuvent modifier profondément le système climatique en augmentant ou diminuant fortement la température pendant plusieurs décennies.

Dans cet article, ce problème a été étudié en analysant les données fournies par 32 simulations climatiques disponibles sur la période 1850-2059 et issues du modèle IPSL-CM6A-LR. Le forçage externe est identique dans chacune des simulations (même taux de gaz à effet de serre par exemple), seules les conditions initiales, et donc la variabilité interne, change. Les simulations les plus en accord avec le réchauffement climatique observable depuis 1940, montrent un ralentissement de la circulation océanique dans l'Atlantique Nord. Ce ralentissement semble essentiellement lié à la variabilité interne dans les simulations et est en accord avec plusieurs reconstructions de la circulation en Atlantique Nord. Les simulations montrent qu'au cours des prochaines décennies, la variabilité interne de la circulation Atlantique tendrait à s'accélérer. Cela se traduirait par un réchauffement global plus important, fait qui, s'il est vérifié, mettrait en péril les tentatives de limitation du réchauffement climatique sous la barre des 2°C (Accord de Paris 2015).

Mots clés : modèles climatiques, AMOC, GSAT, variabilité interne, simulations, Accord de Paris

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

I Introduction

Le climat varie à de nombreuses échelles de temps, allant de la décennie jusqu'au cycle glaciaire-interglaciaire qui implique des échelles des centaines de milliers d'années, voir bien au-delà ! Ainsi, au cours des deux derniers millions d'années, le climat a été globalement moins chaud et la Terre a connu des alternances de périodes glaciaires et interglaciaires. Par exemple, la dernière glaciation s'est terminée, il y a 12 000 ans. Le moteur des différents climats est lié au rayonnement solaire qui arrive sur Terre. Le système climatique est en équilibre quand l'énergie solaire reçue et égale à celle qui est restituée vers l'espace. Un changement climatique global va être le résultat d'une perturbation de ce système à l'équilibre. Les variations observées peuvent être dues à des forçages externes, c'est-à-dire des perturbations ne provenant pas du système climatique lui-même. Cela correspond, par exemple, aux variations de l'activité solaire, aux éruptions volcaniques ou encore à l'augmentation de l'effet de serre sous l'effet d'une concentration plus importantes des gaz à effet de serre rejetés par les activités humaines.

Au-delà de ces forçages externes, il existe des variations propres au système climatique qui n'est jamais totalement à l'équilibre. En effet, le système climatique comprend différentes composantes telles que l'atmosphère, la surface terrestre, les océans… Ces différentes composantes interagissent les unes avec les autres, à des échelles de temps différentes. Cela rend l'équilibre du système climatique très précaire et peut conduire à des variations importantes du climat sans qu'il y ait intervention des forçages externes, c'est-à-dire d'une composante externe au système. Ces variations sont appelées variabilité interne du système.

Les modèles climatiques, tels que les modèles ESM (pour "*Earth System Model*" en anglais), constituent un outil essentiel pour comprendre le climat de la Terre et le simuler. Ils permettent notamment de réfléchir aux stratégies d'atténuation (réduire les émissions de gaz à effet de serre) mais aussi aux plans d'adaptation (se préparer aux changements et à leurs conséquences).

Parmi les derniers modèles de climat, certains modèles dits de dernière génération (issus de la 6ème phase du projet d'intercomparaison des ESMs, nommé CMIP6) sont caractérisés par une variabilité interne climatique à des échelles s'étalant sur plusieurs décennies ou centaines d'années, plus importantes que celles des modèles des générations précédentes. Ces variations internes peuvent avoir des répercussions sur le changement climatique induit par l'augmentation des gaz à effet de serre. Elles peuvent, en effet, l'amplifier ou le réduire.

Dans cette étude, les auteurs ont étudié l'effet associé à la variabilité interne depuis les années 1850. Ils ont pour cela utilisé le modèle de climat IPSL-CM6A-LR (Boucher et al., 2020). Ce modèle présente la particularité de posséder une variabilité interne relativement élevée par rapport à d'autres modèles de type CMIP6 (Parsons et al., 2020). A l'aide de ce modèle, l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) a réalisé toute une série de simulations s'étalant sur une période comprise entre 1850 et 2059. Chacune d'entre elles correspond à une évolution possible du climat. A l'aide des résultats, il est possible d'estimer la variabilité interne propre au système en comparant les données historiques connues

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

à celles issues du modèle.

Dans la suite de cet article, vous trouverez la description du modèle et des données utilisées dans la partie 2. L'évolution de la température globale de surface de l'air (appelé GSAT dans la suite pour "*Global near-Surface Air Temperature*") simulée par le modèle IPSL sera ensuite évaluée par rapport aux observations historiques dans la partie 3.1.

Puis dans la partie 3.2, les auteurs ont analysé le lien entre la variabilité multi-centennale propre au modèle utilisé et la circulation océanique dans l'Atlantique Nord. Dans la partie 3.3, il s'agit d'étudier les conséquences de cette variabilité sur la circulation océanique et le réchauffement climatique global dans le futur (prochaines décennies). Enfin pour conclure, dans la partie 4, une discussion sur les résultats obtenus est présentée.

II Matériel et méthodes

Pour évaluer la fiabilité du modèle, les auteurs ont utilisé deux jeux de données différentes : HadCRUT4-CW (Cowtan & Way, 2014 ; Jones et al., 2012) et Berkeley (Rohde et al., 2013 ; Rohde et al., 2013).

L'un des jeux de données provient d'études réalisées en Angleterre, l'autre des Etats-Unis (Californie). Les estimations proposées par chacun des laboratoires dépendent des observations mais aussi des méthodes utilisées lorsque les observations directes ne sont pas possibles (pas d'instruments de mesure dans certaines zones).

Pour étudier l'évolution du climat, les chercheurs utilisent des modèles numériques qui permettent de simuler les climats passés et futurs. Le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) définit les modèles climatiques comme « des programmes informatiques extrêmement sophistiqués qui englobent notre compréhension du système climatique et simulent, avec autant de fidélité que possible, les interactions complexes entre l'atmosphère, l'océan, la surface terrestre, la neige et la glace, l'écosystème mondial et divers processus chimiques et biologiques ». Comme le système climatique est très complexe, comprend de nombreuses composantes (atmosphère, océan…), la modélisation informatique est le seul moyen dont nous disposons pour réaliser des projections de climats dans le futur, ces simulations sont réalisées à l'aide de super calculateurs.

A l'aide de ces modèles, le GIEC a élaboré plusieurs scénarios en se basant sur l'évolution des émissions de gaz à effet de serre. Ces scénarios vont ainsi du plus pessimiste (augmentation des GES se poursuit) au plus optimiste (changements des comportements et diminution importantes des émissions de GES).

Le modèle utilisé dans cette étude est le modèle IPSL-CM6A-LR, développé en région parisienne par l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL). Une description et une évaluation de ce modèle sont réalisées dans Boucher et al. (2020).

Les simulations obtenues s'étendent sur la période 1850-2059 (Bonnet et al., 2021). Ces simulations, nommées « membres » sont au nombre de 32. Les conditions initiales dépendent d'une simulation dite « préindustrielle ». Considérer plusieurs membres permet d'évaluer le rôle de la variabilité interne.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Dans cette simulation préindustrielle, il est possible d'observer une variabilité multi-centennale qui voit des alternances de périodes plus chaudes ou froides. Pour étudier cette variabilité, les chercheurs ont espacé les dates de début des simulations historiques en appliquant un intervalle allant de 20 à 40 ans. Pourquoi faire varier cet intervalle ? Pour tester différentes hypothèses liées à la variabilité interne sur cette période historique, et obtenir un bon échantillonnage des différentes conditions initiales possibles.

Ensuite, ils ont appliqué à ces conditions initiales, différents types de forçages externes. D'abord les forçages externes historiques connues pour la période 1850-2014, puis ils ont utilisé un des scénarios élaborés par le GIEC pour la période allant jusqu'en 2059. Le scénario retenu pour l'étude est le scénario SSP 245, il s'agit d'un scénario où globalement les tendances actuelles en matière de rejet de gaz à effet de serre ne changent pas beaucoup. Les sociétés mettent en place des mesures de développement durable mais celles-ci se développent lentement et inégalement à l'échelle de la planète.

Les forçages externes appliqués sont les mêmes pour toute la période d'études. Seules différent les conditions initiales du système climatique. Par conséquent, chacune des simulations a une trajectoire qui lui est propre comme nous pouvons le voir sur la figure 1.

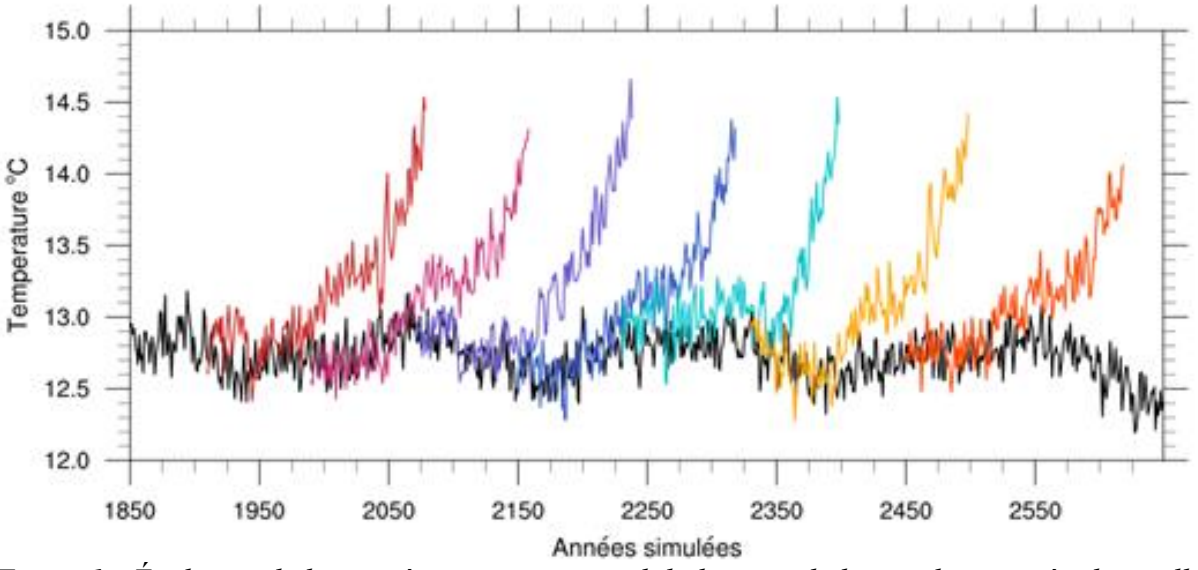


Figure 1 : Évolution de la température moyenne globale issue de la simulation préindustrielle du modèle IPSL-CM6A-LR (noir), et différentes simulations historiques de l'ensemble IPSL (couleurs). La simulation préindustrielle est uniquement influencée par la variabilité interne du climat, alors que les différentes simulations historiques sont influencées par les variations des forçages externes observés (concentration gaz à effet de serre, aérosols anthropiques et volcaniques, etc

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

III Résultats

3.1. Évolution de la température globale du modèle IPSL-CM6A-LR

Sur la figure 2, la zone en gris montre l'ensemble des possibilités d'évolution de la température globale sur la période historique (selon le modèle). La courbe noire correspond quant à elle à la moyenne du modèle et peut être interprétée comme la réponse aux forçages externes. Les oscillations de part et d'autre de cette moyenne représentent la variabilité interne du modèle.

En bleu, on retrouve les données observationnelles issues du laboratoire en Angleterre, en orange celles correspondant aux données observationnelles du laboratoire de Californie. Tandis qu'en vert figurent celles correspondant à la simulation 14 de l'Institut Pierre-Simon Laplace. On peut voir sur la figure que les observations restent dans la zone grise, donc l'espace des simulations historiques du modèle. De même, toutes les observations et simulations montrent une tendance à l'augmentation de la température depuis 1850. Cette augmentation s'accélère depuis les années 1980 et est induite par les forçages externes liés aux émissions de gaz à effet de serre d'origine humaines, comme le montre la courbe noire qui symbolise la réponse du système climatique aux forçages externes, dominés par l'augmentation des gaz à effet de serre.

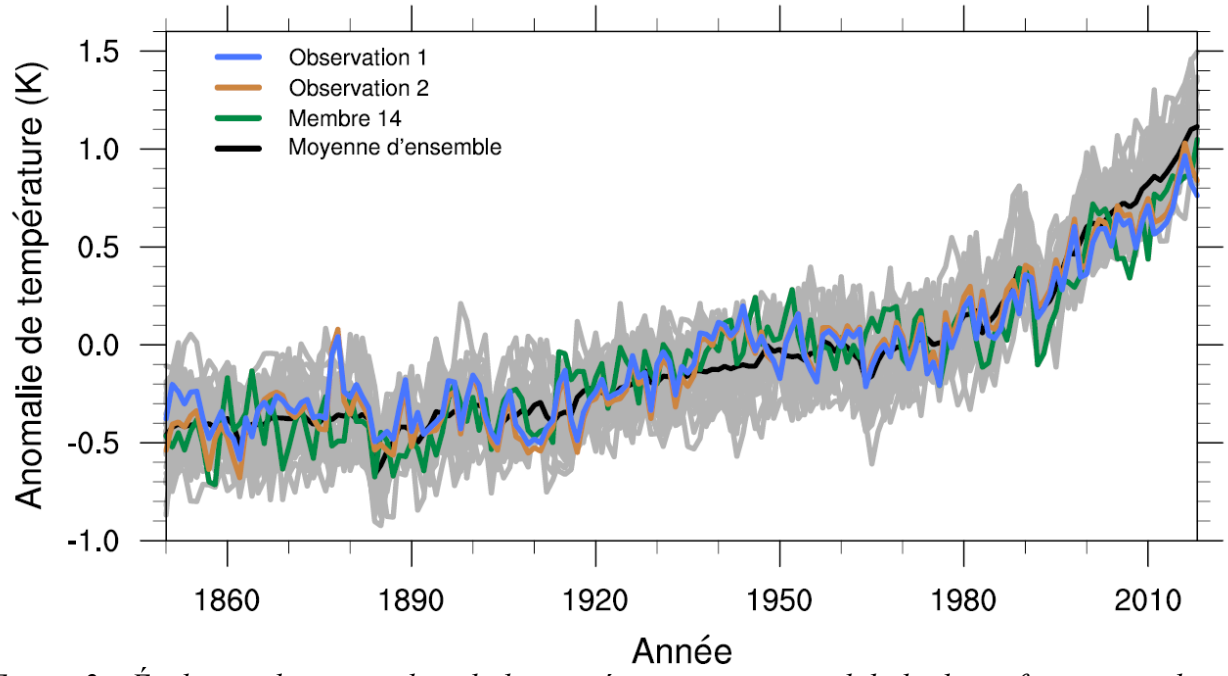


Figure 2 : Évolution des anomalies de la température moyenne globale de surface issues de l'ensemble de simulations IPSL (gris), de la moyenne d'ensemble de ces simulations (noir), de deux jeux d'observations de température : HadCRUT4-CW (bleu) et Berkeley (beige), et du membre 14 de l'ensemble IPSL. Les anomalies de température sont calculées en soustrayant la température moyenne sur toute la période.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Dans la dernière partie de la courbe qui correspond à la fin du XXe siècle, on observe une tendance à l'augmentation supérieure pour la moyenne d'ensemble (courbe noire). Cela peut être dû à plusieurs facteurs :

- une sensibilité du modèle aux forçages externes, et notamment l'augmentation du CO_2, plus importante que dans la réalité (les observations).
- une surestimation du forçage externe, par exemple des particules fines types aérosols qui proviennent de la pollution. Celles-ci pourraient interagir avec les nuages et modifier l'effet de serre en induisant un refroidissement (effet parasol). Leur prise en compte dans les modèles se doit d'être précisée.
- la variabilité interne multi-centennale qui compenserait une partie du réchauffement

Selon les études précédentes (Boucher et al., 2020), le forçage ne serait pas surestimé pour ce modèle, donc nous nous contenterons de prendre en compte les deux autres facteurs. Certaines simulations sont par ailleurs très proches des observations historiques, notamment le membre 14 qui est représenté en vert sur la figure 2.

3.2. Relation entre la circulation océanique d'Atlantique Nord et la température globale

Les vents et la rotation de la Terre (force de Coriolis) sont à l'origine des courants marins de surface. Les différences de densité des différentes masses d'eau de mer contribuent également à créer des courants marins. Ces différences de densité sont liées à deux facteurs : la température et la salinité. Les courants marins jouent un rôle fondamental dans l'équilibre thermique de la planète. Ils permettent, de redistribuer, l'énergie solaire excédentaire des zones chaudes vers les zones froides. Ainsi, la circulation océanique de l'Atlantique Nord (AMOC pour "Atlantic Meridional Overturning Circulation") appelée aussi circulation de retournement, transporte les eaux chaudes et salées des tropiques vers l'hémisphère Nord.

La Circulation méridienne de retournement Atlantique constitue un ensemble complexe, une boucle de courants marins (dont fait partie le Gulf Stream) qui circulent dans l'Atlantique Nord, le long des littoraux américains, de ceux d'Europe de l'Ouest jusqu'aux mers nordiques de Scandinavie, d'Islande et du Groenland. Ce courant prend sa source au large de l'Afrique du Sud, endroit où l'eau est chaude et salée et reste en surface car elle est moins dense que l'eau froide que l'on trouve au fond des océans. En arrivant au niveau du Groenland, elle va se refroidir, tout en restant très salée et par conséquent devenir plus dense. A un moment, elle peut même devenir plus dense que les eaux profondes, notamment en hiver, quand des vents puissants la refroidissent très fortement. C'est le phénomène de convection qui permet la création de masses d'eau profonde, qui rejoignent les courants profonds (>1000m) et repartent vers le Sud.

Cette circulation de retournement est mesurée à 26°N directement par des instruments océanographiques depuis 2004 seulement. Cette période est trop courte par rapport aux variations multi-décennales à centennales qui nous intéressent (depuis 1850 par exemple). Il est donc obligatoire d'utiliser des proxies, c'est à dire des mesures très indirectes de l'intensité des courants pour essayer de remonter plus loin dans le temps.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Dans l'article de Caesar et al. (2018), la température de surface de l'océan dans le gyre subpolaire est utilisée comme un proxy de l'AMOC. Cette récente reconstruction de l'AMOC développée par Caesar et al. (2018) suggère un ralentissement de la circulation océanique de l'Atlantique Nord depuis les années 1940-1950. Cependant, l'origine d'une telle diminution reste pour le moment mal comprise. En effet, on ignore si cela est lié au changement climatique en cours, ou à des variations internes de grande échelle temporelle, ou un peu des deux et dans quelle proportion. Le modèle IPSL-CM6A-LR est caractérisé par une variabilité interne multi-centennale de la GSAT (rappel = température globale de surface de l'air) et de l'AMOC dans la simulation préindustrielle (Figure 1 ; Boucher et al., 2020).

Jiang et al. (2021) suggère dans leur étude que lorsque l'on se trouve dans une phase négative de l'AMOC, il y a moins de chaleur qui est transporté vers l'hémisphère Nord. Par conséquent, la température globale va chuter durant cette période car moins d'énergie est redistribué vers les hautes latitudes. Au contraire, lorsqu'il s'agit d'une phase positive, il y aura un transfert d'énergie plus important vers l'hémisphère Nord et la température moyenne globale va augmenter.

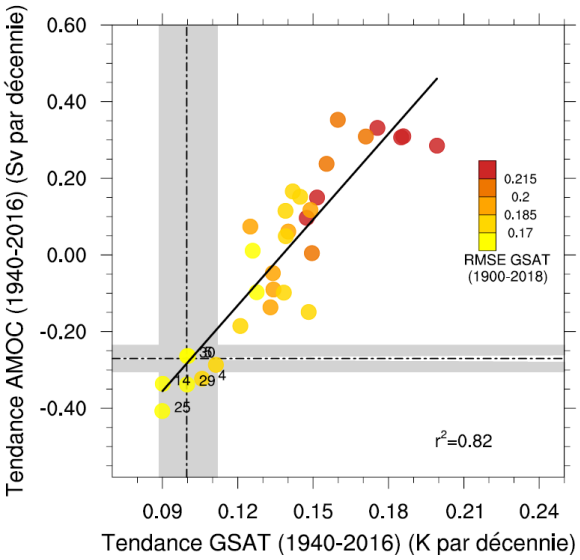


Figure 3 : Diagramme de dispersion entre les tendances de la température globale de surface (GSAT pour "Global near-Surface Air Temperature") (Kelvin par décennies) en fonction de la circulation océanique de l'Atlantique Nord (AMOC pour "Atlantic Meridional Overturning Circulation") (exprimé en Sverdrup=106 m3/s par décennie) calculées sur la période 1940-2016 à partir de l'ensemble de simulations IPSL (ronds pleins) et des observations (ligne pointillées noires) avec leurs incertitudes (gris). La ligne noire représente la régression linéaire entre ces deux variables, avec un coefficient de détermination de 0.82. L'échelle de couleur représente l'erreur quadratique moyenne (RMSE) calculée entre les températures globales annuelles simulées et observées sur la période 1900-2018. Plus le score est faible, plus la température simulée est proche de celle observée. Enfin, le jeu d'observation HadCRUT4-CW est utilisé pour la température et la reconstruction développée par Caesar et al. (2018) est utilisée pour l'AMOC. Les estimations associées sont représentées par les enveloppes grisées sur l'axe des abscisses et des ordonnées respectivement.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

La figure 3 nous montre qu'une relation positive est détectable dans les simulations du modèle IPSL-CM6A-LR (modèle de l'IPSL, version « Coupled Model » numéro 6, à basse résolution) entre l'AMOC et la GSAT. Dans les simulations présentant un réchauffement faible, on observe une tendance négative de l'AMOC, donc un ralentissement de la circulation océanique. A l'inverse, sur la période 1940-2016, un réchauffement plus fort correspond à des tendances positives de l'AMOC. Les simulations les plus proches des observations correspondent à une tendance négative de l'AMOC, diminution en accord avec la reconstruction de Caesar et al. (2018).

A partir de ces résultats, les auteurs ont sélectionné quelques simulations proches des observations. Il s'agit des membres #14, #4, #5, #25, #29 et #30 comme on peut le voir sur la figure 3.

3.3. Implication pour le réchauffement climatique dans les prochaines décennies

Dans cette partie sont analysées les membres choisis et cités précédemment. Cette analyse se fait sur la période historique mais aussi sur les décennies à venir.

Une évolution similaire peut être mise en évidence dans le sous-ensemble de membres dont il est question dans la partie 3.2., avec une accélération de l'AMOC jusque dans les années 1940. Puis on observe un affaiblissement comme le montre la figure 4. Lorsqu'on compare la moyenne et un membre isolé comme le membre nommé 30, on remarque que celui-ci présente une réponse différente jusque dans les années 1950. A l'inverse, la moyenne IPSL (courbe en rouge), qui rappelons le correspond à la réponse de l'AMOC aux forçages externes, varie peu. L'étude des différentes simulations (membres et sous-ensembles) permet quant à elle d'étudier la variabilité interne

Sur la figure 4, des tendances se dessinent. Après 1950, la moyenne montre une AMOC et une GSAT supérieure aux données des simulations proches des observations. C'est ensuite l'inverse pour la période présentant les décennies futures, les données du sous-ensemble sont supérieures à la moyenne du modèle, pour l'AMOC.

La variabilité interne du système climatique semble être la responsable principale de la variabilité de l'AMOC jusqu'en 1990 environ, dans le sous-ensemble « bleu » notamment. A partir du XXIe siècle, on observe que ce sont les forçages externes qui vont dominer les variations de l'AMOC et amener une forte réduction. En effet, tous les membres, sur la figure 4, montrent une AMOC qui se ralentit. Les forçages externes prennent le dessus sur la variabilité interne. Cependant, dans les sous-ensembles, on observe une accélération de l'AMOC quand on enlève le signal forcé. Ce sous-ensemble est donc caractérisé par un affaiblissement moins important de l'AMOC que le grand ensemble en lui-même, toujours à cause des variations internes multi-centennale de l'AMOC qui continuent à s'exprimer dans les simulations du futur.

Par conséquent, les résultats obtenus à partir des simulations du sous-ensemble montrent donc une tendance positive de la variabilité interne sur les prochaines décennies. A cela, on peut ajouter la moyenne IPSL, qui présente une tendance

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

négative quant à elle, si bien que la variabilité interne vient limiter le ralentissement de l'AMOC, mais ne l'inverse pas. Il se pourrait donc qu'une partie du réchauffement climatique d'origine humaine ait été occulté par cette variabilité interne et se manifeste dans les décennies à venir. Dans ce cas, le réchauffement global sera plus important que prévu en se basant seulement sur les moyennes d'ensemble de modèles, et les objectifs des accords de Paris seraient, de ce fait, plus difficiles à atteindre.

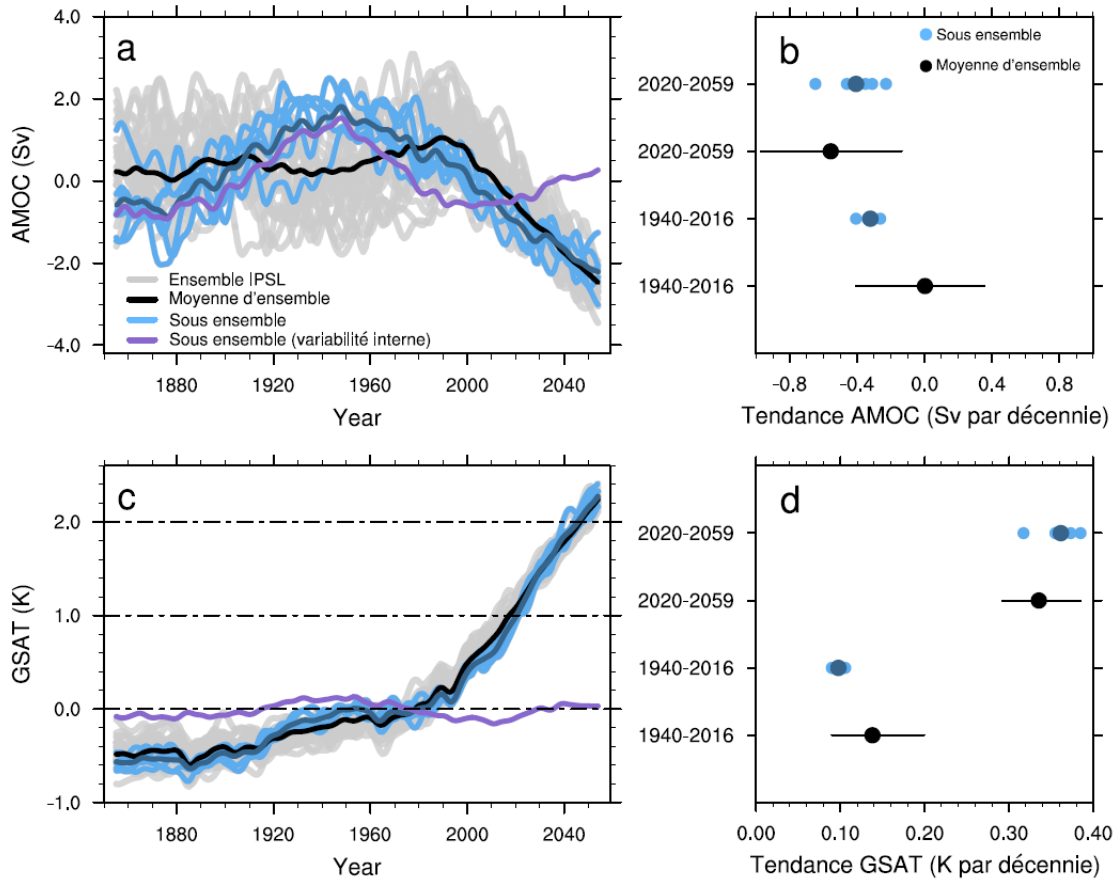


Figure 4 : a. Évolution des anomalies de la circulation océanique de l'Atlantique Nord (AMOC pour "Atlantic Meridional Overturning Circulation") (Sv) calculées par rapport à la période 1900-2018 à partir de l'ensemble IPSL (gris), la moyenne d'ensemble (noir), le sous-ensemble de membre identifié figure 3 (#14, #4, #5, #25, #29 et #30) (bleu clair), la moyenne du sous-ensemble (bleu foncé) et la variabilité moyenne interne du sous-ensemble (violet). c. Similaire à a. mais pour la température globale (K). b. Tendances de l'AMOC (Sv par décennie), avec la moyenne de l'ensemble IPSL (point noir) et l'étendue minimale / maximale (trait noir), le sous-ensemble de membres (point bleu clair) et leur moyenne (point bleu foncé). d. Similaire à b. mais pour la température globale (K par décennie). Un filtre passe-bas est appliqué aux séries temporelles (a et b) afin d'étudier les variations lentes de l'AMOC et de la température globale.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

IV Conclusion et discussion

Les simulations du modèle IPSL-CM6A-LR ont permis de mettre en évidence une variabilité interne de type multi-centennale sur la température globale. Il existe également un lien entre la circulation de l'Atlantique Nord et cette variabilité. La circulation océanique de grande échelle a donc une influence sur la température de surface et pourrait tendre à atténuer le réchauffement global d'origine anthropique depuis le milieu du XX^{e} siècle. En effet, selon les résultats de cette étude, le réchauffement plus faible observé par rapport à la moyenne du modèle pourrait être lié à un ralentissement de la circulation de retournement. Ce ralentissement aurait limité l'augmentation de cette température globale.

Si ce ralentissement est effectivement lié, comme le suggère cette étude, à la variabilité interne multi-centennale, alors le risque d'un réchauffement accru se profile dans les décennies à venir.

Un point reste cependant à préciser. Il s'agit du réalisme de cette variabilité multi-centennale visible dans le modèle IPSL-CM6A-LR. De celle-ci découlent, en effet, les résultats. Pour réussir à préciser ce point, les données paléoclimatiques qui remonte avant 1850 pourraient être utilisées. Malheureusement elles demeurent assez incertaines sur la variabilité du climat car elles ne sont pas assez nombreuses et manquent dans certaines régions. Il faudra donc poursuivre les études en cours en en collectant davantage et en en faisant des synthèses qui puissent permettre d'évaluer l'existence d'une telle variabilité multi-centennale de la circulation océanique de retournement.

V Références

Bonnet, R., Boucher, O., Deshayes, J., Gastineau, G., Hourdin, F., Mignot, J., ... & Swingedouw, D. (2021). Presentation and evaluation of the IPSL-CM6A-LR Ensemble of extended historical simulations. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, *13*(9), e2021MS002565.

Boucher, O., Servonnat, J., Albright, A. L., Aumont, O., Balkanski, Y., Bastrikov, V., ... & Vuichard, N. (2020). Presentation and evaluation of the IPSL-CM6A-LR climate model. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, *12*(7), e2019MS002010.

Caesar, L., Rahmstorf, S., Robinson, A., Feulner, G., & Saba, V. (2018). Observed fingerprint of a weakening Atlantic Ocean overturning circulation. *Nature*, *556*(7700), 191-196.

Jiang, W., Gastineau, G., & Codron, F. (2021). Multicentennial variability driven by salinity exchanges between the atlantic and the arctic ocean in a coupled climate model. Journal of Advances in Modeling Earth Systems, 13(3), e2020MS002366.

Parsons, L. A., Brennan, M. K., Wills, R. C., & Proistosescu, C. (2020). Magnitudes and spatial patterns of interdecadal temperature variability in CMIP6. *Geophysical Research Letters*, *47*(7), e2019GL086588.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Élèves impliqués dans le travail d'écriture

ARZILIER Maléa, BARRE Marine, BRANEYRE Louis, BRULIN Aurane, CITRAIN-ROBY Leïla, CROZAT Julia, DA SILVA Flavien, FERNANDEZ Estéban, GHIDOTTI Lucas, JURADO Luna, LALLEMAND Arthur, LAMBEY Thomas, LAULHÉ Théo, LE MAT-PONZO Clémence, LEVERD Manon, LOPEZ--FOURC Noa, NEVES Nino, PINTO SOUSA Catherine, PRAT Lucie, RAMOS Lucia, et TSATY Lardie de 3ème E du collège Olympe de Gouges (année scolaire 2021-2022).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Chagrin d'amour chez les poissons

François-Xavier Dechaume-Moncharmont[1] (chercheur) et les élèves de terminale spécialité SVT de l'institution St Joseph du Moncel[2] encadrés par Mme Sayer Cécile[2] *(la liste des élèves est mentionnée en fin d'article).*

Institutions

[1] Université Claude-Bernard Lyon 1, CNRS UMR 5023 LEHNA, 69622 Villeurbanne

[2] Institution St Joseph du Moncel, 8 Pl. de l'Église, 60700 Pont-Sainte-Maxence

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.

Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*

Journal DECODER, 2022.

I Introduction

Chez l'homme, les états affectifs résultent d'expériences positives ou négatives et sont mesurés grâce à des indicateurs physiologiques, neurologiques, comportementaux et cognitifs. Ces états affectifs sont influencés par des facteurs internes tels que l'état de faim ou les niveaux hormonaux et des facteurs externes comme la qualité environnementale. Aujourd'hui, des chercheurs ont mis en avant que les états affectifs sont porteurs d'informations sur l'état d'une relation, la qualité du partenaire, par conséquent sur l'influence de la décision sexuelle : le choix du partenaire. De plus, la présence du partenaire entraîne une humeur positive chez l'homme et inversement. Existe-t-il des similitudes entre les états affectifs de l'homme et ceux des poissons ?

C'est ce que le chercheur François Xavier DECHAUME avec la doctorante Chloé LAUBU a mis en évidence sur une espèce précise de poisson *: Cichlidé Zébré Amatitlania Siquia*.

II Matériel et méthodes

Le *Cichlidé Zébré Amatitlania Siquia* est une espèce de poisson monogame (qui ne possède qu'un seul conjoint). Il vit dans les rivières d'Amérique centrale et mesure 7 à 8 cm. François Xavier a pris cette espèce de poisson comme modèle pour tester l'influence des liens du couple sur les états affectifs en réalisant deux expériences non invasives et dans le respect de l'animal. Initialement, il a pris 68 femelles réparties dans deux groupes expérimentaux. Les femelles étaient logées dans un compartiment central d'un aquarium de 200L. Cet aquarium est donc séparé en 3 compartiments par des cloisons grillages permettant le maintien d'une communication visuelle, chimique et cognitive entre les poissons. Chaque compartiment est composé d'un abri artificiel, d'une plante artificielle ainsi que d'une caméra pour enregistrer le comportement des poissons. Dans le premier groupe expérimental, on retrouve 33 femelles dans le but de déterminer la préférence de la femelle et le succès reproducteur de la femelle. Dans le deuxième groupe, il y a 35 femelles afin de comprendre l'influence du mâle sur l'état affectif de la femelle.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

1. Expérience 1

L'expérience 1 consistait à évaluer la préférence sexuelle des femelles. Pour cela des tests de choix binaires[1] ont été effectués. La femelle pouvait choisir entre deux mâles, un dans le compartiment gauche, l'autre dans le compartiment droit. Les mâles différaient de 1,59 cm en longueur corporelle puisque la taille est un critère majeur de choix du partenaire chez cette espèce de poisson. Cette expérience de test de choix binaires a débuté après 30 minutes d'acclimatation pour les mâles.

Le temps total passé par la femelle devant chaque mâle a été enregistré pendant 3 périodes d'observation de 20 minutes. À partir de ce temps, le score de préférence a été calculé. Et ainsi le mâle préféré était celui qui avait un score de préférence supérieur à 50%.

Juste après la 3e période d'observation de 20 minutes un des deux mâles a été retiré et l'autre a été placé dans le compartiment de la femelle. Le choix du mâle retiré et du mâle placé avec la femelle s'est fait de façon aléatoire (soit le mâle préféré était retiré et l'autre placé avec la femelle OU inversement). Ensuite l'investissement des femelles, la compatibilité des couples et le succès reproducteur ont été estimés grâce à quatre paramètres :

- La latence de ponte, c'est à dire le temps en jours entre la formation du couple et le frai[2] (mesuré par inspection visuelle des bassins 2 fois par jour à 10h et 17h) ;
- L'investissement de la femelle à la ponte (évalué sur la base de proportions de temps passé à s'occuper des œufs pendant des périodes d'observation de 10min le jour suivant la ponte à 10h) ;
- Les conflits intra-paires[3], évalués par la fréquence des comportements agressifs entre les partenaires : calculés à partir du nombre de parades latérales[4] et frontales et de tentatives de morsure par minute en 2 périodes de 10 minutes d'observation ; une à 10h, 24h après l'appariement et une 24h après la ponte;
- Le succès de reproduction, évalué à partir du nombre d'alevins[5] vivants 3 semaines après le frai en conséquences des soins apportés par les parents.

2. Expérience 2

Cette expérience a pour but de démontrer l'influence du mâle sur l'état affectif de la femelle. Elle a été réalisée sur 35 individus, à l'aide du test du biais de jugement cognitif.

Le test du biais de jugement consistait à évaluer la latence[6] d'une femelle à ouvrir une boîte associée à un signal ambigu. Ce signal était une boîte non récompensée placée à une distance égale entre les positions du signal positif et négatif. Cette boîte était recouverte d'un couvercle gris (couleur intermédiaire entre les couvercles blanc et

[1] Binaire : deux possibilités
[2] Frai : action de frayer, reproduction chez les poissons
[3] Intra-paires : à l'intérieur des couples de poissons
[4] Parade : actions de combat defensive
[5] Alevins : très jeunes poissons
[6] latence : temps de réaction

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

noir utilisés pour les signaux respectivement positif et négatif). La latence de réponse au signal ambigu était un indicateur de l'état affectif de la femelle ; plus la latence de réponse était courte, plus l'état affectif était positif et inversement.

Malgré l'absence de punition active, l'ouverture des boîtes négatives était potentiellement associée à une frustration. En effet, cela entraînait des coûts énergétiques, des coûts en temps ou une exposition aux menaces de prédation lorsque l'individu quitte son nid pour s'approcher de l'extrémité arrière de l'aquarium.

L'expérience consistait à présenter six boîtes les unes après les autres, avec 5 minutes entre chaque présentation. Le biais de jugement du poisson focal[7] a été estimé à partir de la réponse aux troisième, quatrième et cinquième boîtes dans la séquence. En effet, les deux premières boîtes étaient de simples présentations de rappel (boîtes aux couvercles blanc et noir), et la dernière boite était utilisée pour garder le poisson motivé pour la session suivante.

Comme le biais de jugement de chaque femelle a été évalué à plusieurs reprises au cours de trois sessions, les chercheurs n'ont utilisé qu'un seul signal ambigu par session pour éviter qu'elles n'apprennent trop vite que le signal ambigu n'était pas récompensé.

Le poisson se trouvait à l'extrémité opposée de l'aquarium lors de l'introduction de chaque boîte, standardisant ainsi la distance entre l'individu et la boîte. L'observation a commencé immédiatement après l'introduction de la boîte et a duré 15 minutes, pendant lesquelles le temps de latence a été mesuré à l'ouverture de la boîte.

Un temps de latence maximum de 901 secondes a été enregistré si le poisson n'a pas ouvert la boîte, et il a été pris en compte comme donnée censurée dans les analyses. Trois sessions de test du biais de jugement ont eu lieu pendant trois jours consécutifs et correspondaient à trois contextes différents.

La première session (contexte "avant le choix du partenaire") a été réalisée dans un contexte non sexuel, avec une femelle dans chaque compartiment adjacent pour éviter l'isolement social. Les femelles adjacentes ont ensuite été retirées et remplacées par deux mâles. Suivant la procédure de l'expérience 1, ils ont évalué la préférence des femelles pour l'un de ces deux mâles. La préférence des femelles pour un mâle n'était pas biaisée par la position du signal positif pendant le test du biais de jugement.

La deuxième session du test du biais de jugement (contexte "pendant le choix du partenaire") a eu lieu en présence des deux mâles. Ces deux premières sessions ont été utilisées comme contrôles pour estimer

[7] focal(e) : étudié(e)

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

l'état affectif initial de la femelle et la répétition de cette mesure. Ils ont ensuite vérifié que la combinaison apprise des signaux spatiaux (côté gauche vs côté droit) et de couleur (noir vs blanc) n'affectait pas les latences de réponse des femelles.

Lors de la troisième session du test du biais de jugement (contexte "avec un mâle assigné"), les 35 femelles ont été divisées aléatoirement en deux groupes de traitement : 18 femelles se sont vu attribuer leur mâle non préféré (leur mâle préféré a été retiré de son compartiment) ; 17 femelles se sont vu attribuer leur mâle préféré (leur mâle non préféré a été retiré). Les femelles de ces deux groupes ne différaient pas dans leurs latences de réponse initiales lors des deux premières sessions, c'est-à-dire les contextes "avant le choix du partenaire" et "pendant le choix du partenaire". Ils ont donc évalué l'influence du partenaire sur l'état affectif de la femelle en comparant sa latence de réponse dans les trois sessions, la femelle étant ainsi utilisée comme son propre témoin.

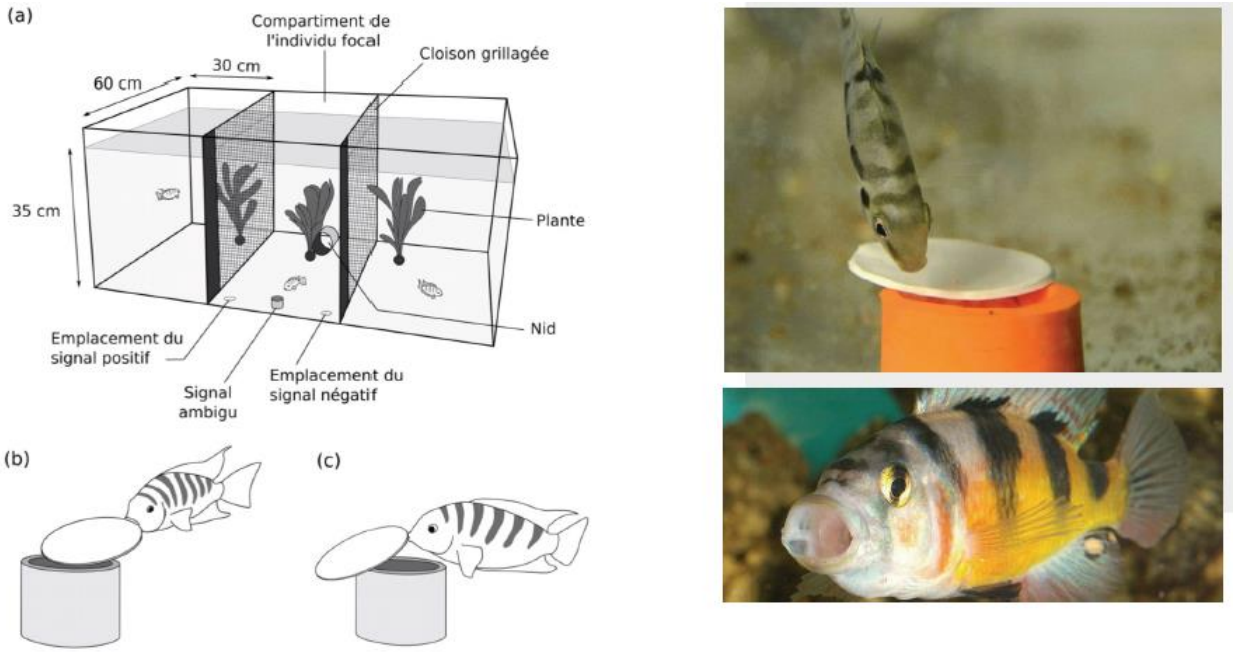


Figure 1 : différentes étapes de l'expérience 2 avec le schéma du dispositif, la représentation des femelles ouvrant des boites et deux photos exemples de l'expérience sur la droite.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

III Résultats

1. Expérience 1

En moyenne les femelles ont passé 70,3% de leur temps devant le mâle préféré (valeur constante pour les 3 répétitions de test de choix binaires).
De plus les femelles n'étaient pas latéralisées : aucun côté (droit ou gauche) n'était plus fréquenté que l'autre.

Pour les femelles associées à leur mâle préféré :

- meilleur investissement dans la reproduction,
- ils ont frayé plus tôt,
- plus de temps à s'occuper de leurs œufs,
- compatibilité de couple plus élevée,
- moins de parades agressives avant et après le frai,
- succès reproducteur plus élevé,
- plus d'alevins 3 semaines après le frai.

Pour les femelles associées à leur mâle non préféré :

- moins bon investissement dans la reproduction,
- ils ont frayé plus tard,
- moins de temps passer à s'occuper de leurs œufs,
- compatibilité de couple plus faible,
- plus de parades agressives avant et après le frai,
- succès reproducteur moins élevé,
- moins d'alevins 3 semaines après le frai.

2. Expérience 2

Les temps de réponse des femelles n'ont pas été affectées par leur préférence (mâle préféré vs mâle non préféré), par le contexte (avant, pendant ou après le choix du partenaire) ou par leur interaction (ce qui était un pré-requis du test du biais de jugement). Pendant les contextes avant et pendant le choix du partenaire leurs réponses pouvaient être répétées pour les signaux positifs avec un temps de réponse d'environ 200s, pour les signaux négatifs environ 800s et pour les signaux ambigus environ 300s (Figure 2, gauche).

En contraste avec les signaux positifs et négatifs, il y avait un effet significatif sur l'interaction entre la préférence et le contexte sur le temps de réponse au signal ambigu. En effet, lorsque la femelle était avec le mâle non-préféré son temps de réponse était de 600s (Figure 2, droite). Mais pour le traitement de groupe dans lequel les femelles s'étaient vues attribuer leur mâle préféré, le temps de réponse au signal ambigu n'a pas changé selon le contexte. Le temps de réponse n'a pas non plus diminué de manière significative au cours de l'expérience.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

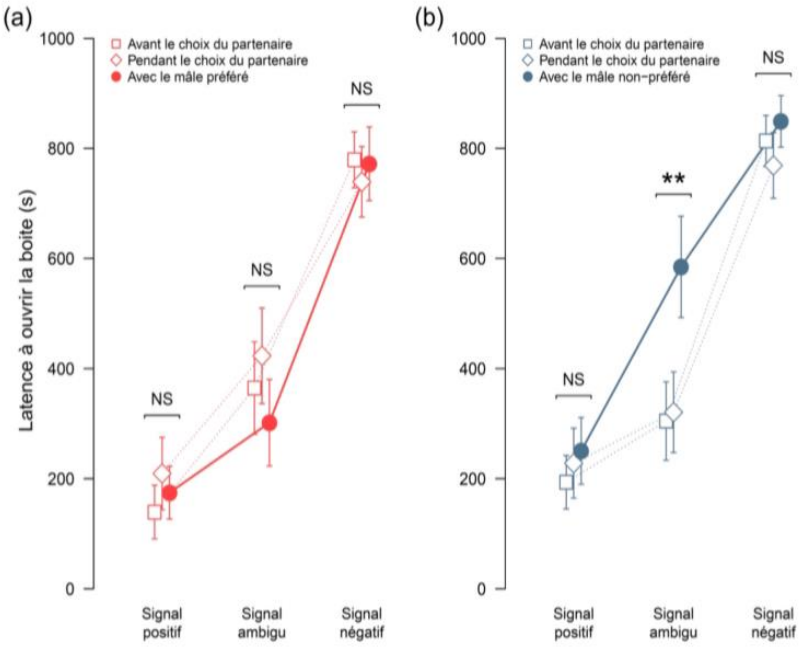


Figure 2 : Évaluation de l'état affectif des femelles à partir du test de biais de jugement.

IV Conclusion et discussion

Les expériences 1 et 2 montrent que la reproduction est influencée par la préférence des femelles envers les mâles. Le fait que les femelles soient avec leur mâle favori a permis un temps de latence plus rapide, une meilleure reproduction, un meilleur investissement à s'occuper des œufs et une compatibilité du couple plus élevée. On peut donc conclure que chez les poissons, les sentiments amoureux des femelles envers leur mâle favori ont influencé positivement les paramètres de la reproduction. Ces expériences ont pu démontrer que chez les poissons, les sentiments amoureux existent, qu'il y a un attachement réel du poisson à son partenaire et qu'un poisson peut ressentir du chagrin lorsqu'il est séparé de sa partenaire et devient pessimiste.

Élèves impliqués dans le travail d'écriture

Bazin Mathis, Dumazer Magali, Elkadari Réda, Gerhard Frantz, Gheorghe Amélia, Girardeau Gabilou, Halata Sarah, Lénice Chloé, Mangotte Léane, Mouaddeb Zaineb, Paillat Camille, Serenne Lisa, Tanzi Ornella, Wuilmot Manon de terminale spécialité SVT de l'institution St Joseph du Moncel (année scolaire 2021-2022).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

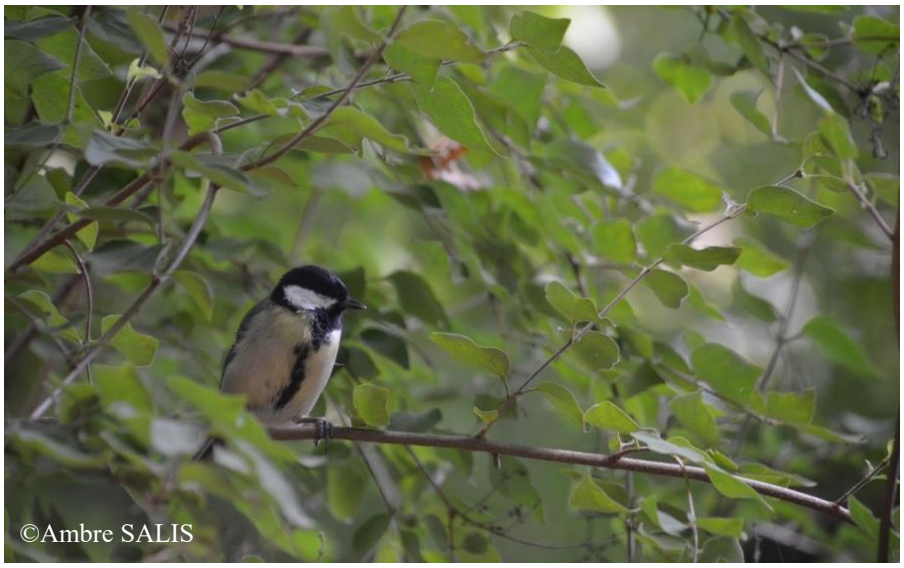
© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Les mésanges, un langage familier : Les mésanges d'espèces et lieux différents peuvent-elles communiquer entre elles ?

Ambre Salis[1] (doctorante) et les classes de 2nd 5 du Lycée Jacques Brel (Vénissieux) de Mme Perrissin[2] et Mr Rodriguez[2]*(la liste des élèves est mentionnée en fin d'article)*

Article original/*Original article*: Salis Ambre, Léna Jean-Paul, et Thierry Lengagne. « Great tits (*Parus major*) adequately respond to both allopatric combinatorial mobbing calls and their isolated parts ». *Ethology* 127, n° 3 (2021): 213-222.

Institution :[1] Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, ENTPE, UMR 5023 LEHNA, F-69622, Villeurbanne
[2] Lycée polyvalent Jacques Brel, 2 rue Albert Jacquard ,69200 Vénissieux



Résumé :

Face à un prédateur, la mésange charbonnière peut le harceler afin de le faire fuir. Dans cette situation, des cris spécifiques sont émis pour attirer des individus de son espèce et d'espèces différentes. Nous testons la réponse de la mésange charbonnière *Parus major* à une espèce étrangère provenant du continent américain, la mésange à tête noire *Parus atricapillus*. La mésange charbonnière répond avec autant de vigilance à ses propres cris qu'aux cris de la mésange à tête noire. Sa réponse en termes d'approche est cependant moins forte que face à des cris de sa propre espèce. Nous interprétons ce comportement comme une baisse d'investissement lorsque le signal écouté est potentiellement moins fiable. La mésange charbonnière semble donc capable de reconnaître un cri inconnu.

Mots clés : communication ; comportement ; harcèlement ; inter-espèce ; mésanges

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

I Introduction

Une expérience a été menée sur la communication inter-espèce* des mésanges. Un de leur principal mode de communication est le mobbing*. Il correspond à un cri de « harcèlement » visant à repousser les prédateurs en groupe.

Exemple de cris de mobbing* de mésanges :

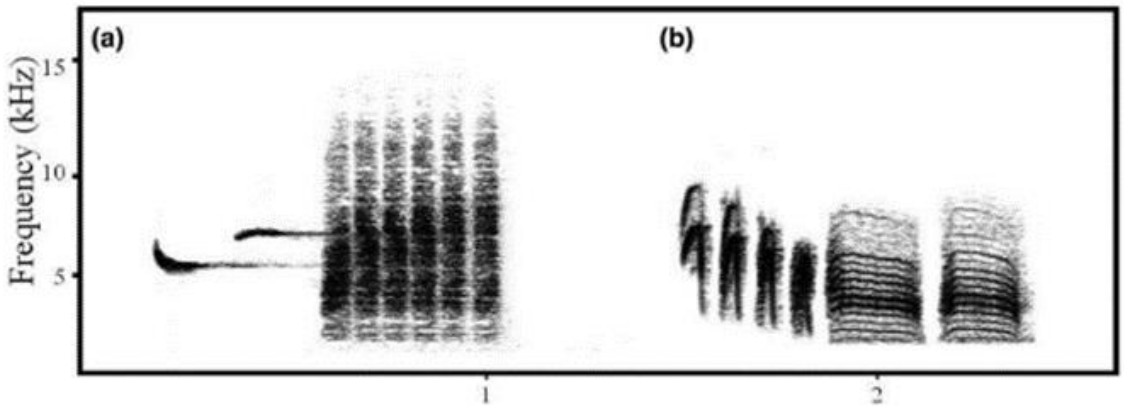


Figure 1 : Spectrogramme de cris de mobbing*, (a) de mésange charbonnière, Parus major et (b) de mésange à tête à noire, Parus atricapillus. Image extraite de l'article Salis et al. (2021); produite par A.Salis.*

Nous pouvons constater que les cris de mobbing* des deux espèces de mésanges sont différents (Figure 1). Nous pouvons alors nous demander si ces deux types de mésanges reconnaissent leurs cris.

II Méthodes

Afin de répondre à cette problématique, nous avons réalisé un ensemble d'observations en émettant des enregistrements en présence de mésanges charbonnières tout autour de Lyon (France).

Nous réalisons des mesures témoins :

- Contrôle 1 : émission d'un bruit de fond (les enceintes qui grésillent)
- Contrôle 2 : émission d'un chant d'un pinson (autre type d'oiseau et autre type de communication)

Ces contrôles ont pour objectifs de voir si les mésanges charbonnières réagissent aux moindres sons (bruit de fond) et/ou chant d'un autre oiseau (chant du pinson).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

S'il y a réaction à ces contrôles, alors cela montrera que les mésanges charbonnières ne « comprennent » pas spécifiquement les cris de mobbing* d'autres espèces.

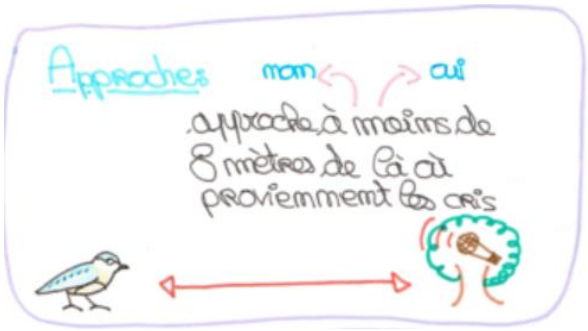
Nous réalisons également des mesures tests :

- Test 1 : émission d'un cri de mobbing* d'autres mésanges charbonnières (Europe)
- Test 2 : émission d'un cri de mobbing* de mésanges à têtes noires (Etats-Unis)

Ce que nous allons mesurer et analyser :

- les scans permettent à l'oiseau de repérer la source du cri et du stress.

- l'approche près de la source correspond à l'action de harcèlement contre un possible prédateur pour le chasser.



III Résultats et analyses

1 Etude de la vigilance

Nous constatons que les mésanges charbonnières réagissent peu aux différents contrôles (Figure 2). Cependant, elles réalisent beaucoup de scans aussi bien avec un cri de mésanges de la même espèce (mésanges charbonnières) qu'avec un cri de mésanges d'une autre espèce (mésanges à têtes noires, Figure 2).

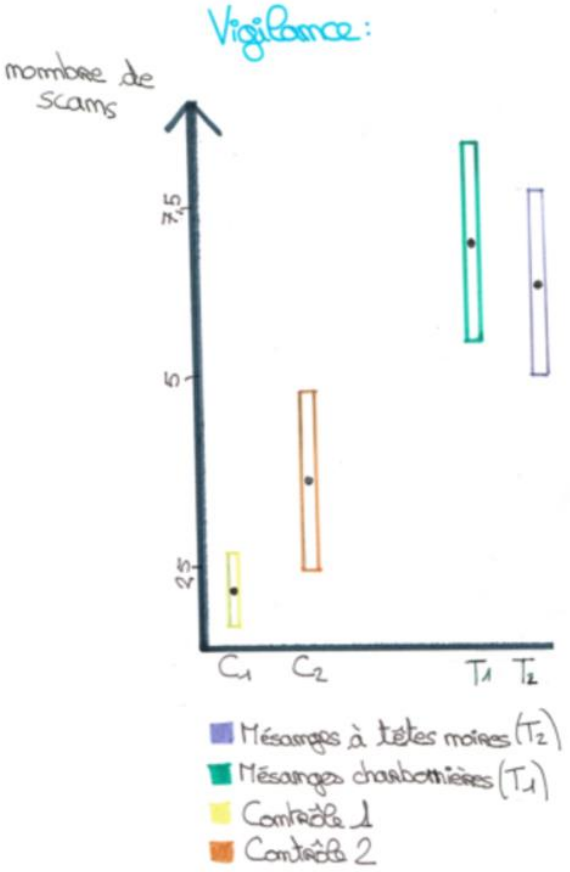


Figure 2 : Nombre de scans produits par les mésanges charbonnières soumises aux différents enregistrements. Point noir = moyenne ; Barres d'erreurs = intervalles de confiance à 95%.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

2 Etude de l'approche

Nous constatons qu'il y a très peu de réactions aux contrôles (Figure 3). Par contre, il y a une différence d'approche selon l'espèce émettant le cri : les mésanges charbonnières approchent beaucoup plus en réponses à leurs propres cris par rapport à ceux des mésanges à tête noires (Figure 3).

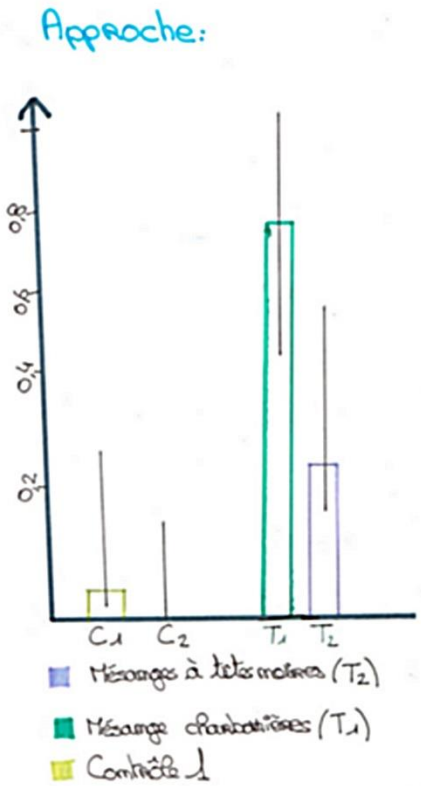


Figure 3 : Proportion de mésanges charbonnières ayant approché face aux différents enregistrements. Barres d'erreurs = intervalles de confiance à 95%.

IV Conclusion

Nous pouvons dire que les mésanges charbonnières répondent aux cris de mobbing* des mésanges à têtes noires. Cependant leur réaction est moins intense que face à leur propres cris. En effet, elles ont le même niveau de vigilance pour leurs propres cris que face à ceux d'une autre espèce. Elles se mettent donc en état d'alerte. Néanmoins, sur la phase d'approche, les mésanges charbonnières prennent moins le risque de s'approcher de la zone de danger. On peut supposer qu'elles reconnaissent le cri des mésanges à têtes noires comme étant différent du leur et ne se mettent pas en danger pour une autre espèce (présence potentielle d'un prédateur).

Nous pouvons donc en conclure que les mésanges d'espèces différentes et inconnues peuvent communiquer entre elles et se comprendre, bien que leur réponse soit moins forte.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Lexique :

Inter-espèce* : entre deux ou plusieurs espèces différentes

Mobbing* : cri de harcèlement visant à repousser les prédateurs en groupe.

Spectrogramme* : Représentation graphique des fréquences et de l'amplitude d'un son.

Références :

Salis, A., Léna, J., & Lengagne, T. (2021). Great tits (Parus major) adequately respond to both allopatric combinatorial mobbing calls and their isolated parts. *Ethology*, *127*(3), 213-222.

Ont participé au travail d'écriture de cet article, en collaboration avec Ambre Salis, doctorante en écologie (par ordre alphabétique): Iles BEKKOUCHE ; Manel FILALI-IDRISSI

Comment citer cet article : Ambre Salis et la 2nde5 du lycée Jacques Brel (Vénissieux (FR)), *Les mésanges, un langage familier : Les mésanges d'espèces et lieux différents peuvent-elles communiquer entre elles ?,* Journal DECODER, (2022-07-01)

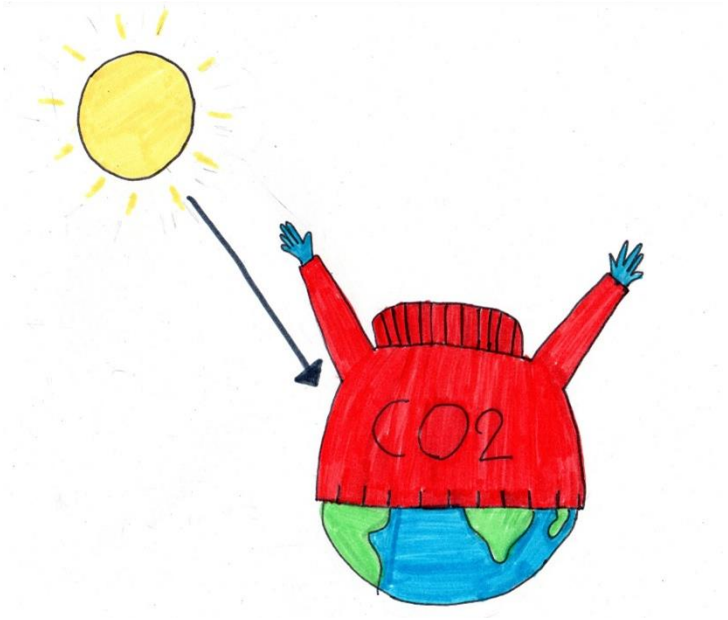
Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Changement climatique : mécanismes, impacts et solutions

Anne-Sophie Daloz[1] (chercheuse) et la classe de CM1-CM2 de Mme Quiblier[2] *(la liste des élèves est mentionnée en fin d'article)*

Institution: [1] CICERO, Center for International Climate Research, Norvège
[2] Ecole Elementaire Ferdinand Flocon, 5 rue Ferdinand Flocon, 75018 Paris, France



Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

I Qu'est-ce que le réchauffement climatique ?

Définition :

Le **réchauffement climatique**, également appelé **réchauffement planétaire**, ou **réchauffement global**, est un phénomène d'augmentation de la température moyenne des océans et de l'atmosphère, à l'échelle mondiale sur plusieurs années. Dans son acception commune, ce terme est appliqué à une tendance au réchauffement global observé depuis les dernières décennies du XX^{e} siècle et dont l'origine serait humaine selon le groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

Figure 1 : Dessin des élèves de l'école Ferdinand Flocon.

Explication du phénomène :

L'effet de serre est un phénomène naturel où la chaleur du soleil est en partie conservée par l'atmosphère et renvoyé sur la Terre. Dans l'air, certains gaz permettent ce phénomène de serre : ce sont les GES (gaz à effet de serre). L'effet de serre permet à la vie d'exister grâce à une température moyenne d'environ +15° (Faure et Lam 2019).

Malheureusement, aujourd'hui, cet effet est amplifié et les températures augmentent excessivement.

Pourquoi ?

A cause des activités humaines, la présence de GES comme le gaz carbonique (CO2) augmente et ces gaz retiennent donc plus de chaleur dans l'atmosphère. Il faut donc chercher à réduire ces émissions de GES.

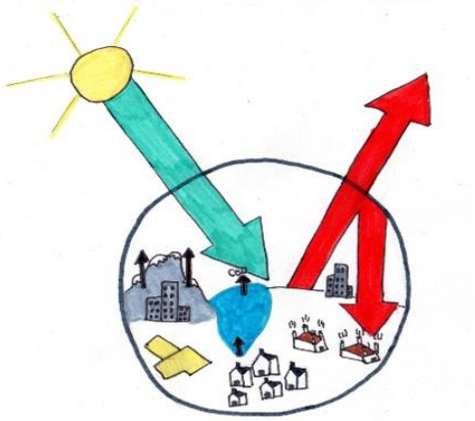


Figure 2 : Dessin des élèves de l'école Ferdinand Flocon

D'où viennent les GES liés à l'activité humaine ?

Selon l'agence européenne de l'environnement (EEA), c'est la consommation d'énergie qui produit le plus de GES en Europe, comme le montre la figure ci-contre.

En France, les transports, suivi de près par l'alimentation, sont les principaux producteurs de GES, incluant le CO2 (30% du total, AAE (2020)). L'énergie électrique est encore principalement nucléaire en France (environ 70%) ce qui limite la production de GES pour ce secteur.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

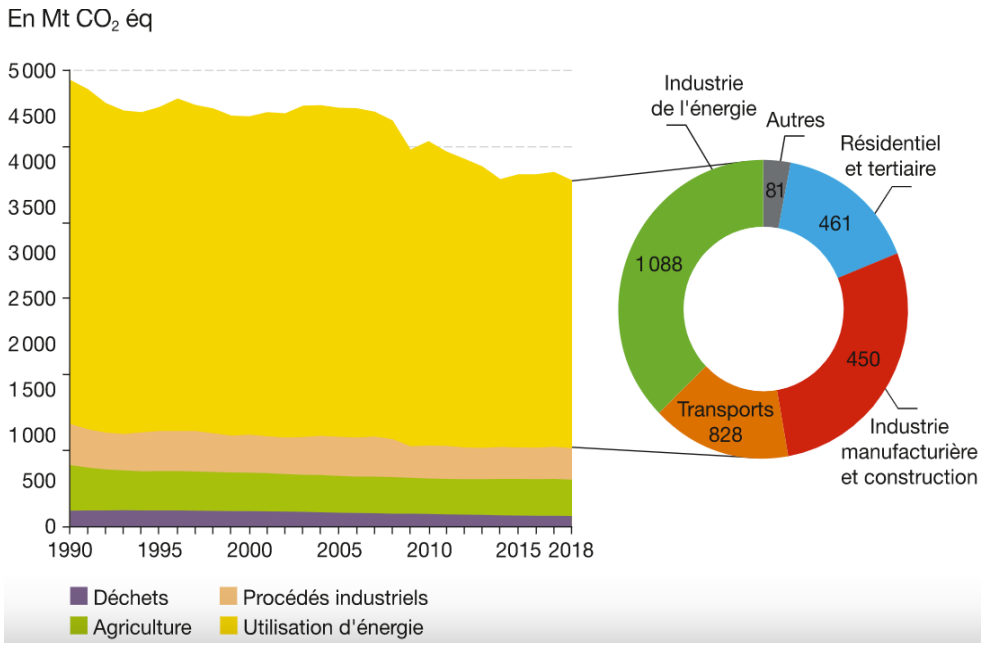


Figure 3 : Répartition par sources des émissions de GES dans l'UE à 27 entre 1990 et 2018. Source : AEE, 2020.

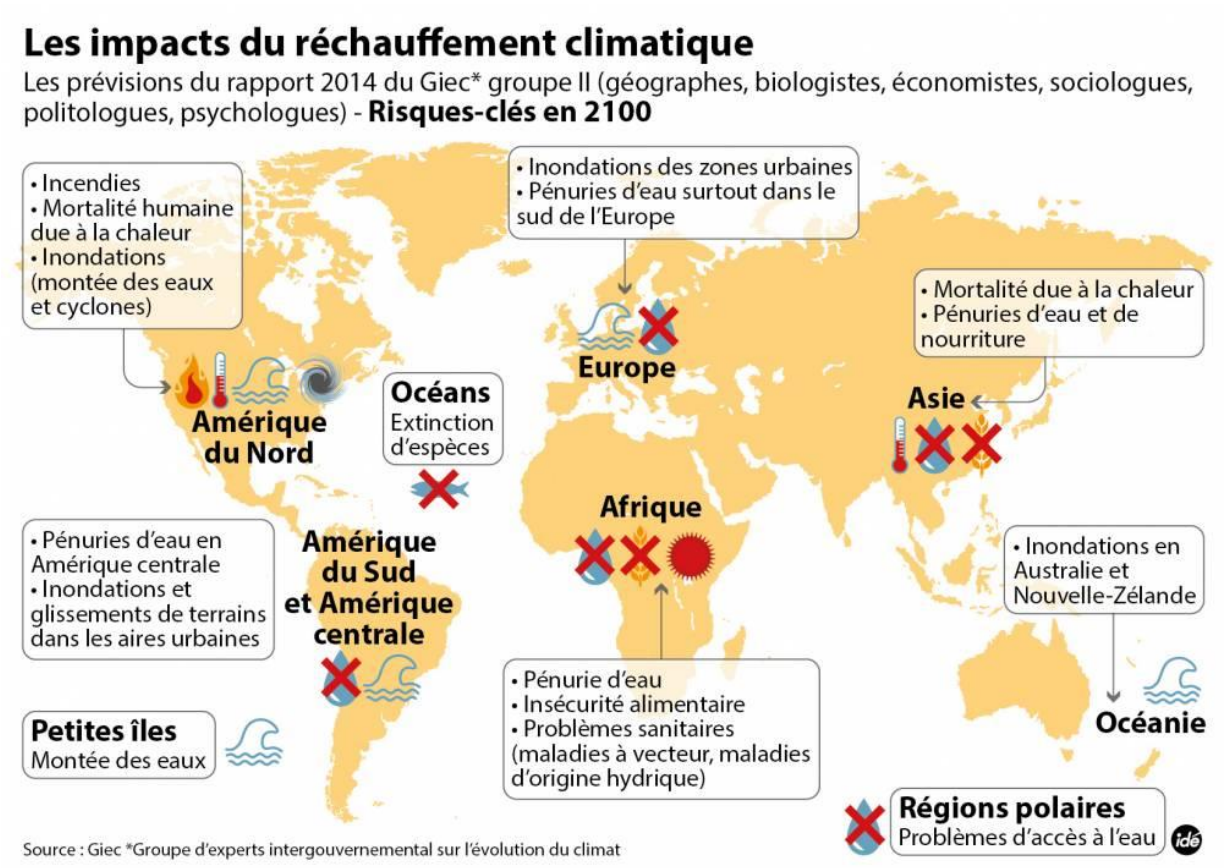


Figure 4 : Les impacts du changement climatique. Source : GIEC, 2014.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

II Les effets du réchauffement climatique

Comme nous l'avons vu dans la première partie, les activités humaines provoquent une augmentation anormale des températures sur Terre. Ce réchauffement de la température à la surface de la Terre a des conséquences (GIEC, 2022), que nous avons essayé de lister de manière non exhaustive :

1. **Sur les humains** : augmentation des problèmes de santé et de la mortalité, apparition de maladies nouvelles, migrations de population, violence, malnutrition et diminution de la quantité d'eau potable

2. **Sur les océans** : augmentation du niveau de la mer due à la fonte des glaciers, îles et côtes submergées par les flots, disparition de certains espèces vivantes et destruction d'écosystèmes (exemple : les coraux meurent et en mourant, toutes les espèces vivantes qui dépendent d'eux disparaissent également.)

3. **Sur les continents** : incendies et sécheresses plus nombreux et plus intenses, catastrophes climatiques plus nombreuses (vagues de chaleur, inondations), des espèces animales et végétales meurent car elles ne sont pas adaptées à ces températures plus élevées.

4. **Sur l'atmosphère** : dégradation de la qualité de l'air avec la présence plus importante de GES.

III Comment LUTTER CONTRE le réchauffement climatique ?

L'urgence est absolue selon les derniers rapports du GIEC (GIEC, 2021 ; 2022). Ils disent que les effets sont irrémédiables et appellent à une action politique immédiate. Il faut inverser ou au moins ralentir la courbe des émissions de GES le plus rapidement possible. Il y a plusieurs solutions pour arrêter ou ralentir le réchauffement climatique, mais aussi pour préserver l'environnement de notre planète (car les deux sujets sont souvent liés).

Alors nous, élèves de CM1 et de CM2 de l'école Ferdinand Flocon dans le 18e arrondissement de Paris, nous nous sommes penchés sur la question de la lutte contre le réchauffement climatique tout en réfléchissant aussi à mieux protéger la nature et l'environnement. Bien sûr, nous pouvons faire chacun des choses contre ce dérèglement à notre niveau. Mais il faut aussi que les gouvernements en fassent autant en imposant, par exemple, des mesures dédiées à diminuer les émissions de GES, en mettant en place des solutions d'adaptation au changement climatique ou en faisant voter des lois à ces effets.

Voici nos propositions afin de lutter contre le réchauffement climatique tout en protégeant la nature et l'environnement :

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Nous, écoliers parisiens	Les gouvernants
Privilégier les transports en commun	Développer plus de lignes de métro, de train, de bus et que ceux-ci soient moins chers
	Financer la recherche pour savoir comment éliminer ou diminuer les GES
Ne plus utiliser les énergies fossiles	Développer pour remplacer (à terme) les énergies fossiles par des énergies renouvelables, basses en carbone ou neutres
Si on a envie d'aller quelque part (pas trop loin), y aller à pied, en vélo, en trottinette	Construire plus de pistes cyclables et qu'elles soient en sites protégées
Mieux et plus recycler (par exemple : trier les déchets dans toutes les écoles, former les écoliers ...)	Améliorer le recyclage (mettre plus de poubelles de recyclage, créer plus de filières de recyclage, mieux former les citoyens, ...)
Privilégier le matériel scolaire qui dure.	Recycler les matériaux scolaires
Réfléchir à réduire ses emballages pour le goûter et réduire les emballages de manière générale	Obligation de moins d'emballages et des emballages qui peuvent être recyclés, former les citoyens
Limiter tout type de gaspillage (en particulier alimentaire)	
Conserver les vêtements le plus longtemps possible ou acheter des vêtements d'occasion	Créer plus de lieux d'échanges ou de dons de vêtements et avoir des obligations sur la qualité (résistance) des vêtements
Utiliser une gourde plutôt qu'une bouteille en plastique, éviter tous les objets utilisables une seule fois (assiettes, verres, couverts...)	Privilégier la construction de gourdes et les rendre moins chères.
Éviter tout ce qui est produit chimique et privilégier les produits naturels et peu polluants	Limiter les produits chimiques et polluants, les pesticides
Prendre des douches plutôt que des bains	Réglementer les conduites d'eau potable et non potable (pour économiser l'eau potable)
Replanter les arbres	Préserver les forêts (diversifier les essences d'arbres, ne plus faire de coupes franches, bien entretenir les forêts).
Manger moins de viande et de produits laitiers	Réduire notre production de viandes (surtout rouge) et de produits laitiers
Privilégier le bio, le local	Réserver des terres agricoles autour des grandes villes, permettre à ceux qui ont un potager de vendre leur production, créer des jardins même

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

	dans les villes (parcs, terrasses…), créer des marchés de produits locaux, baisser les prix pour que tout le monde puisse se procurer des produits sains et locaux
Mieux gérer la nourriture achetée pour éviter le gaspillage	Revoir le système des dates de péremptions
Privilégier le télétravail	
Isoler les bâtiments	

Figure 5 : Exemples de matériel scolaire recyclable à privilégier.

IV Références

- AAE, 2020 : Panorama français des gaz à effet de serre | Chiffres clés du climat (developpement-durable.gouv.fr)

- Cedric Faure et Kei Lam, 2019: Mes p'tites questions sciences: Le climat. Edition Milan, ISBN: 978-2-4080-1379-0.

- GIEC [IPCC en anglais], 2014 : Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

- GIEC [IPCC en anglais], 2021 : Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen,

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.

- GIEC [IPCC en anglais], 2022 : Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

Élèves impliqués dans le travail d'écriture (par ordre alphabétique) :

Aggoun Sobieski Alexandre, Boukir Selena, Cerrone Angelina, De Charry Raphaël, Elashry Maya, Fabre Clémence, Gargouri Isra, Le Mouel Laura, Slama Samy (CM1)

Blandin Joséphine, Bouftass Imane, Gomes Ivanelson, Kabuiku Milanda Boguy, Khaled Marua, Langlois Lili, Manojlovic Anouk, Marbeau Jules, Morin Anita, Tangoudia Fouceyne (CM2)

de la classe CM1-CM2 de Mme Quiblier Valérie de l'école primaire Ferdinand Flocon (année scolaire 2021-2022).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

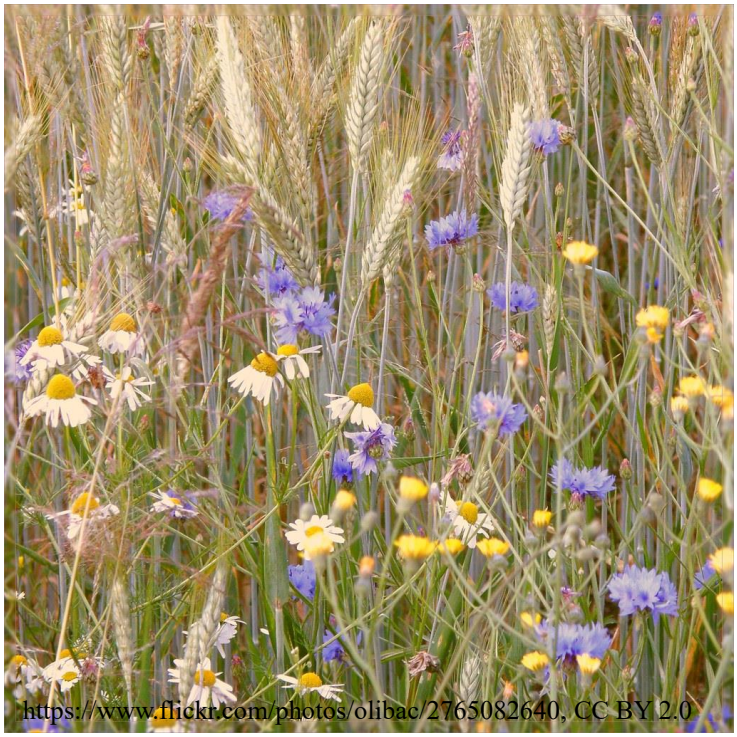
© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Comment conseillers et agriculteurs contribuent au développement d'un modèle d'aide à la décision pour la gestion agro-écologique de la flore adventice ?

Floriane Colas[1](post-doctorante) et les classes de 2GT6 et 2GT8 du lycée Condorcet de Saint-Quentin[2]*(la liste des élèves est mentionnée en fin d'article)*

Article original/*Original article*: Colas, F., Queyrel, W., Van Inghelandt, B., Villerd, J., Colbach, N. (2018), *Un OAD pour la gestion agroécologique des adventices,* Phytoma, 719, 14–17.

Institution :[1]Agroécologie, AgroSup Dijon, INRAE, Univ. Bourgogne, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon
[2]LGT Condorcet, 17, rue Henry Hertz, 02100 Saint-Quentin



https://www.flickr.com/photos/olibac/2765082640, CC BY 2.0

Résumé

Contexte – Afin de réduire l'utilisation d'herbicides[1], les agriculteurs ont besoin d'outils pour concevoir des stratégies de gestion des adventices[2] qui utilisent moins de désherbants chimiques. Dans ce but, un outil d'aide à la conception de systèmes de cultures réconciliant protection des

[1] Herbicide : produit chimique permettant l'éliminer les plantes indésirables

[2] Adventice : plante qui se développe dans le champ (ou l'agrosystème) sans avoir été semée par l'agriculteur ; elle est souvent appelée "mauvaise herbe" car elle peut limiter le développement de la culture, mais n'a en fait pas que des impacts négatifs

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

cultures et des écosystèmes a été développé.

Etude – Tout d'abord, la structure de ce nouvel « Outil d'Aide à la Décision » (OAD) a été développée en interaction avec les futurs utilisateurs (conseillers et agriculteurs), par l'intermédiaire d'enquêtes et d'ateliers. Ensuite, le contenu biophysique[3] d'un modèle de recherche a été utilisé. Ce modèle, FLORSYS, analyse et modélise les effets des techniques de culture sur les adventices et la production agricole pour simuler numériquement la croissance des adventices en fonction des systèmes de culture, de la météo et du type de sol. Il en déduit des indicateurs[4] d'impact de l'ensemble des adventices sur la production agricole et sur les avantages que les adventices apportent à l'écosystème.

L'OAD résultant, DECIFLORSYS, est un outil informatique, qui est composé :

- de classements listant les techniques de culture qui ont le plus d'effets (ex : l'épandage de pesticides, le labour…)
- d'arbres de décision proposant des combinaisons de pratiques de cultures pour atteindre un objectif donné en termes d'impact de la flore adventice (ex. : rendre compatible les faibles pertes de rendement et le faible usage d'herbicides)
- d'un simulateur rapide permettant de tester sur ordinateur de nouveaux systèmes de culture en direct, notamment au cours d'un atelier impliquant des usagers dans la conception de systèmes de culture[5].

Mots-Clés – Gestion agroécologique, adventice, OAD, perte de rendement, biodiversité

I Gestion agro-écologique de la flore adventice

Imaginer des stratégies de gestion de la flore adventice est essentiel afin de suivre les lois françaises et européennes. Cependant, l'emploi du désherbage chimique, la solution la plus efficace, rapide et facile d'usage à ce jour, est aussi la cause de certains problèmes sanitaires et environnementaux, comme une diminution de la qualité de la production alimentaire qui peut contenir des produits potentiellement toxiques. Les autres techniques de traitement sont moins efficaces ou plus difficiles à mettre en œuvre. Elles doivent être associées à des méthodes préventives[6] qui limitent la multiplication des adventices, comme :

- la diversification de la rotation des cultures[7]

[3] Contenu biophysique : connaissances en biologie et physique

[4] Indicateur : un indicateur permet d'évaluer une situation précise. L'indicateur est plus ou moins précis (note de 1 à 20 ; critère qualitatif ; valeurs précises).

[5] Système de culture : ensemble de modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles travaillées de manière identique

[6] Méthode préventive : méthode qui empêche le développement des adventices – comme par exemple le faux-semis

[7] Rotation des cultures : alternance des cultures sur un terrain donné afin par exemple d'éviter le redéveloppement d'adventices qui ont déjà poussé l'année précédente et qui pourraient pousser l'année suivante ou éviter l'apparition d'adventices résistant aux herbicides ou éviter la propagation de maladies

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

- le travail du sol pour vider le stock de graines d'adventices
- le retard de semis en automne qui permet de réaliser un travail superficiel du sol ou un faux-semis[8] supplémentaire avant la culture d'hiver pour éviter le pic de germination des adventices - c'est-à-dire le moment où il y a le plus de germination-
- le choix d'espèces et variétés de culture compétitives pour occuper l'espace.

L'ensemble doit être raisonné sur le long terme. La gestion de la flore adventice est complexe parce que les adventices ont leur rôle à jouer dans l'agroécosystème, en rendant des services écosystémiques. En effet ces adventices servent de ressources alimentaires pour les abeilles présentes dans le champ et sont une composante de la biodiversité[9] végétale propre aux champs cultivés. Créer un système de culture respectant cet équilibre en augmentant les avantages liés aux adventices, tout en limitant leurs inconvénients est complexe, d'autant plus que le système de culture se réfléchit sur le long terme. C'est pourquoi nous avons besoin d'outils pour aider les acteurs - agriculteurs et conseillers agricoles -, confrontés directement à la création de systèmes de culture (Colbach et al., 2018). Notre objectif était de co-développer, avec ces acteurs, un outil qui soit adapté à leurs besoins : un OAD[10] pour la gestion agroécologique des adventices.

Des OAD de ce type existent et répondent à des besoins spécifiques, par exemple : aider à reconnaître les espèces adventices, guider les traitements pour éliminer les « mauvaises herbes », guider la conception de nouveaux systèmes de culture économes en herbicides. Cependant, des experts ont identifié le besoin d'un outil à l'échelle système de culture et permettant de prendre des décisions stratégiques sur le long terme. Le projet CoSAC a donc comme buts :

- le développement d'un OAD prédisant les effets des pratiques agricoles et du pédoclimat[11] sur la flore adventice
- l'utilisation de cet outil pour concevoir des stratégies de gestion durable des adventices.

II Comment allier implication des utilisateurs et méthodes statistiques complexes pour développer un outil d'aide à la décision

Afin de concevoir un OAD permettant d'aider à la gestion agroécologique des adventices, nous avons besoin de (Colas, 2016) :

- un outil qui raisonne et évalue la gestion de la culture sur le long terme, et combine les pratiques culturales - comme le désherbage manuel ou le désherbage chimique

[8] Faux-semis : action de travailler le sol mais sans mettre de semences, ce qui favorise la germination des adventices et vide le stock de graines

[9] Biodiversité : diversité des espèces présentes

[10] Outil d'Aide à la décision : ensemble d'instruments qui permettent de résoudre un problème en aidant l'utilisateur à faire des choix

[11] Pédoclimat : ensemble des conditions de sol et de climat auquel est soumis une plante, connaissance essentielle pour déterminer par exemple si une culture se trouvera bien à un endroit particulier

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

pendant la culture - pour contrôler les adventices
- un outil qui prenne en compte les techniques curatives alternatives[12] et la prévention des adventices
- un outil qui donne en résultat :
  - ✓ des indicateurs proches des problèmes des agriculteurs liés aux adventices, comme les pertes de rendement
  - ✓ des indicateurs pour le compromis de gestion durable des systèmes de culture, comme le maintien de la diversité des adventice

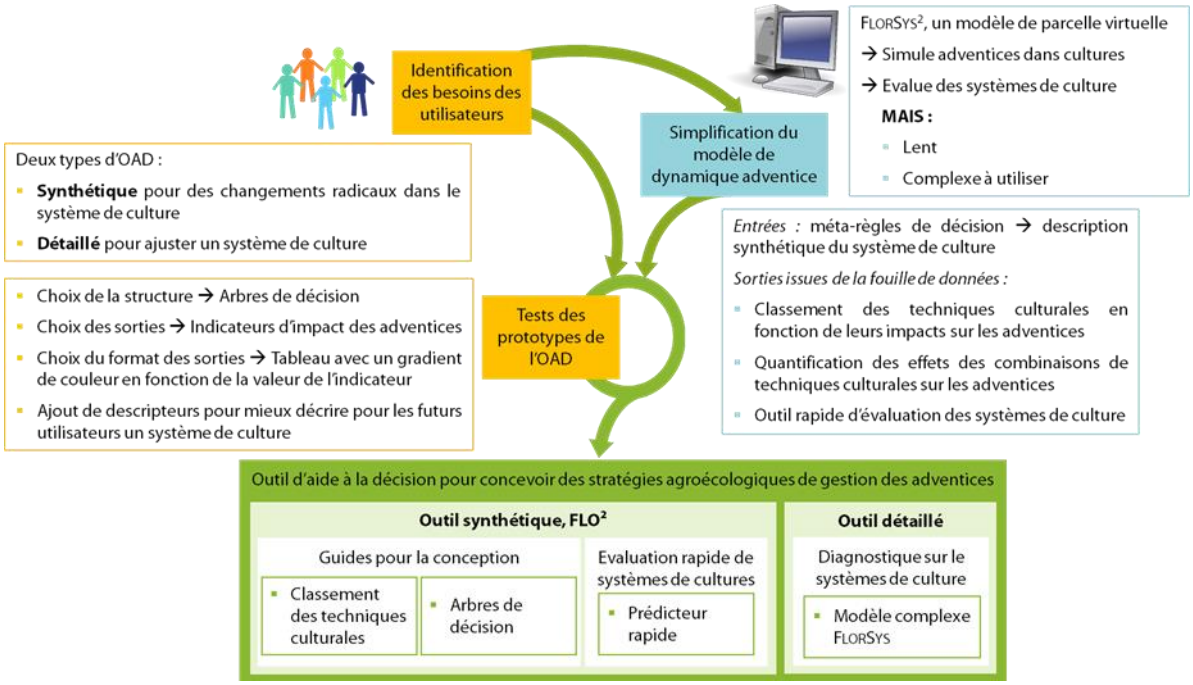


Figure 1 : Méthodologie et résultats de la conception d'un outil d'aide à la décision pour la gestion agro-écologique des adventices (Colas et al., 2018).

1 Implication des utilisateurs dans le développement de l'outil

Pour cela, il est nécessaire d'avoir à la fois un outil qui représente la complexité des interactions entre le système de culture et les adventices mais aussi un outil qui soit utile et utilisé. C'est pourquoi la démarche adoptée ici fait intervenir les agriculteurs et les conseillers agricoles dès les premières étapes du développement tout en utilisant au mieux un modèle existant, en le rendant plus facile et plus rapide à utiliser (Figure 1).

Les interventions avec ces personnes nous donnent le type, la structure et la forme de l'OAD à produire, tandis que la

[12] Technique curative alternative : technique qui permet d'éliminer les adventices quand elles ont poussé sans utiliser les pesticides - comme par exemple le désherbage mécanique (désherbage utilisant des outils et non des produits chimiques)

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

simplification du modèle nous fournit le contenu de l'OAD. C'est en avançant en parallèle avec les utilisateurs et avec la simplification du modèle qu'on peut arriver à l'OAD résultant du meilleur accord entre les demandes des utilisateurs et les possibilités du modèle

2 Quels besoins des conseillers et agriculteurs ?

A l'aide d'un questionnaire en ligne, 40 conseillers agricoles et 6 agriculteurs ont été consultés pour définir quelle utilisation ils pourraient avoir d'un OAD au niveau de la gestion stratégique des adventices.

Deux types de besoins sont ressortis de l'enquête (Figure 1) :

1. utilisation d'un OAD pour **gérer la composition d'un nouveau système de culture** : nécessité d'un outil qui décrit le système de culture à une échelle synthétique de type règle de décision simplifiée (ex : fréquence du travail du sol ou proportion de culture de printemps dans l'alternance des cultures) ;
2. utilisation d'un OAD pour **améliorer un système existant** en ajustant le système de culture : besoin d'un outil qui décrit de façon complète le système de culture, par l'intermédiaire d'une liste d'opération détaillée.

Les futurs utilisateurs consultés ont donné leur avis sur ce que devait estimer l'OAD, notamment sur les indicateurs qu'il est possible de calculer avec le modèle (Colbach et al., 2017; Mézière, Colbach, et al., 2015; Mézière, Petit, et al., 2015). Les conseillers agricoles et les agriculteurs sont principalement intéressés par les indicateurs qui évaluent les dommages causés par les adventices à la production agricole, en termes de quantité et qualité, aspect indispensable pour que leur système de production soit rentable (Figure 2).

Cependant, ils sont nombreux à vouloir également inclure des impacts environnementaux - comme la participation des adventices à diminuer le lessivage de l'azote dans le sol - ou des impacts liés à la biodiversité - comme la présence de ressources alimentaires pour les abeilles ou pour les insectes qui mangent les graines des adventices - dans les critères d'évaluation des systèmes de culture.

Cette première interaction avec les utilisateurs démontre que nous disposions déjà d'un outil pour répondre au deuxième besoin, avec le modèle de recherche FLORSYS (voir présentation détaillée plus bas). Par contre, cette enquête démontrait aussi le besoin de développer un nouvel outil correspondant au premier besoin, que nous nommons DECIFLORSYS par la suite.

3 Comment combiner pratiques agricoles et connaissances scientifiques

Pour éviter de reprendre depuis le début la construction du nouvel outil DECIFLORSYS, nous avons décidé d'utiliser le logiciel FLORSYS comme réseau de champs virtuels[13] afin de pouvoir reproduire de nombreux

[13] Champs virtuels : champs simulés par un logiciel

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

systèmes de culture, ce qui permet de modéliser plus simplement la relation entre le système de culture et les impacts des adventices. Les données utilisées proviennent de systèmes de culture existants : elles sont issues d'enquêtes en exploitation agricole, d'essais de systèmes de culture[14] et d'experts.

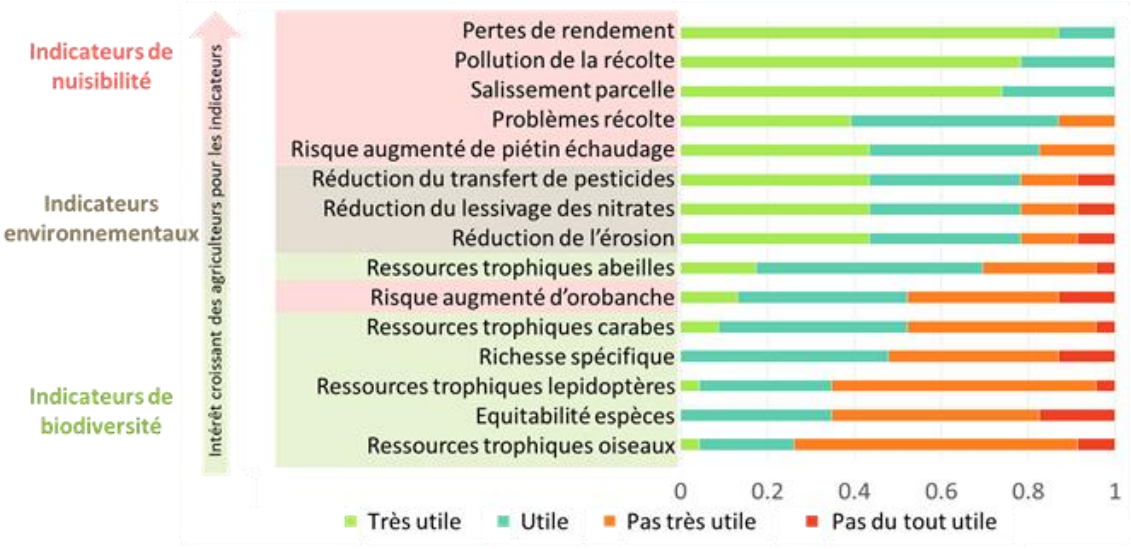


Figure 2 : Proportion des réponses d'un questionnaire en ligne évaluant l'utilité des indicateurs d'impact présents dans le modèle FLORSYS pour les conseillers agricoles (Colas et al., 2018).

Ces systèmes réels ont été complétés par des situations extrêmes, sans herbicides ou sans travail du sol, et par des systèmes de culture aléatoires pour découvrir des innovations inattendues.

Au total, 4102 systèmes ont été simulés sur 30 ans, afin d'identifier les effets à long terme. Les simulations ont été répétées avec 10 climats différents afin d'évaluer la résistance de ces systèmes face aux aléas climatiques[15]. Pour transformer ces données en OAD –DECIFLORSYS-, le modèle de recherche FLORSYS a été simplifié.

III Les différentes composantes de l'outil d'aide à la décision

1 L'outil DECIFLORSYS pour jeter les grandes lignes d'un système de culture

Le nouvel OAD développé avec les conseillers et agriculteurs, DECIFLORSYS, est composé de trois parties :

- partie 1 : un classement des techniques culturales qui ont le plus d'effet sur la flore adventice, qui entraine elle-même des conséquences sur la production agricole et la biodiversité. Ce classement

[14] Essai de système de culture : test des systèmes de culture dans des champs réels découpés en parcelles (en institut de recherche ou chez des agriculteurs volontaires)
[15] Aléa climatique : phénomène aléatoire lié au climat, comme les tempêtes, la sécheresse…

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

permet d'aider l'utilisateur dans le choix des techniques qu'il peut modifier s'il veut améliorer ou concevoir un système de culture (Figure 3 : par exemple si on réduit le nombre d'opération destructives pendant le nourrissement des abeilles, on peut avoir un fort impact sur les adventices mais si on change le nombre de passage de rouleau cela n'aura pas un grand impact sur les adventices).

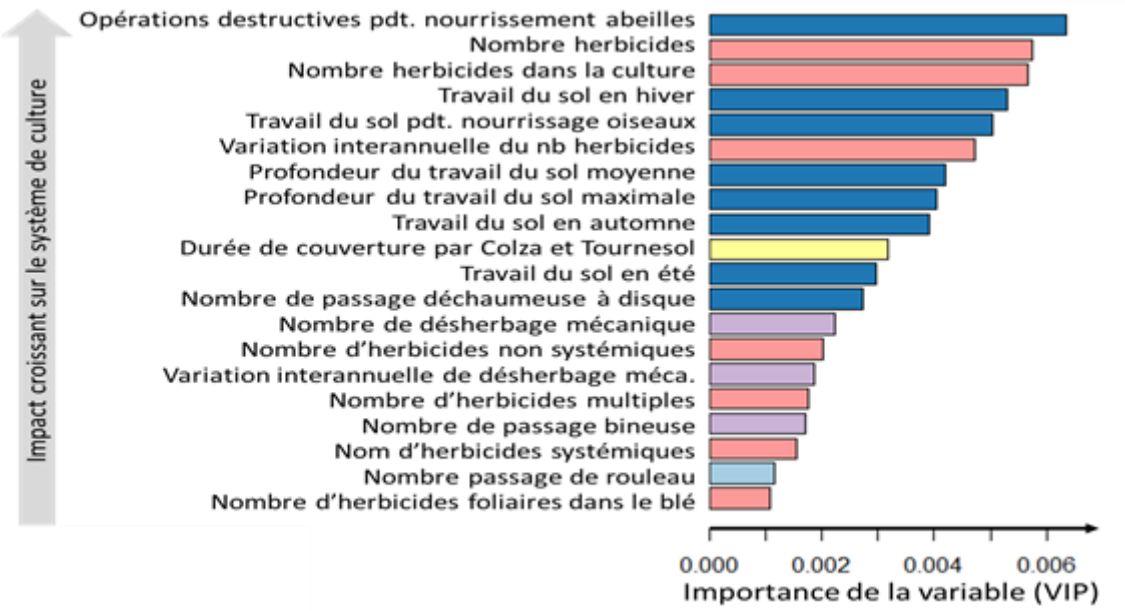


Figure 3 : Classement des 20 techniques culturales ayant le plus fort effet sur les impacts des adventices – les techniques culturales qui ont moins d'effet ne sont pas représentées- (Colas et al., 2018).

-partie 2 : un arbre de décision[16] (figure 4) Chaque entrée correspond à une règle de décision simplifiée qui résume le type de système de culture (par exemple : la fréquence moyenne de travail du sol, la proportion de cultures de printemps utilisées, etc…). Les sorties de l'arbre sont les indicateurs d'impact de la flore adventice, dont la plupart a été développée avec des agriculteurs.

[16] Arbre de décision : arbre constitué de propositions à partir desquelles on peut choisir parmi plusieurs décisions, représentées par des branches. Lorsque plusieurs arbres se succèdent, les feuilles positionnées à l'extrémité des dernières branches indiquent le résultat obtenu à la suite de l'ensemble des décisions prises.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

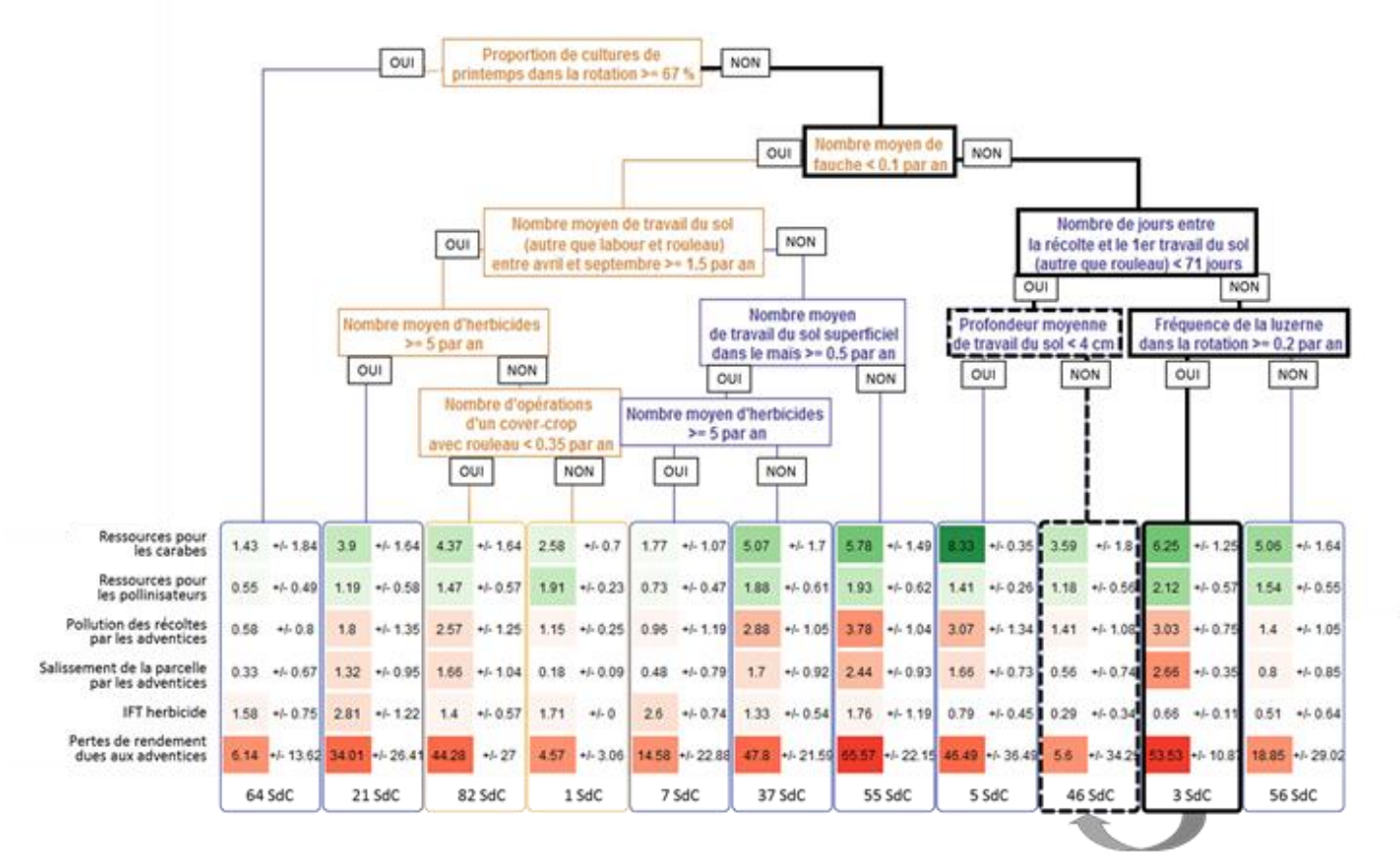


Figure 4 : Arbre de décision réalisé sur des systèmes de culture situés dans la région de la champagne humide et correspondant à la situation de production des agriculteurs du groupe de test de l'OAD. Les « feuilles » en bas de l'arbre (cadres) comportent les indicateurs d'impact des adventices sur la biodiversité, la nuisibilité des adventices pour la production agricole et l'usage d'herbicides. Les « branches » constituent des combinaisons de pratiques culturales. En orange, le chemin correspondant au système de culture actuel d'un agriculteur du groupe. Les indicateurs-cibles représentés ont été choisis par la conseillère du groupe d'agriculteurs. (Colas et al., 2018)

L'arbre peut se lire de haut en bas (« que se passe-t-il si… ») : en renseignant les différentes entrées (par exemple, sur la figure 4 , série de décisions en trait noir plein : moins de 67% de cultures de printemps dans la rotation, puis nombre de fauche supérieur à 0,1 par an, puis nombre de jours entre la récolte et le premier travail du sol supérieur à 71 jours, et enfin fréquence d'utilisation de la luzerne supérieure ou égale à 0,2 par an), on obtient en quelques secondes une estimation des impacts des adventices sur la production agricole et la biodiversité (si l'on suit le même exemple : mauvais résultats pour le rendement, le salissement de la parcelle et la pollution des récoltes par les adventices, mais bons résultats pour la biodiversité). Si le résultat n'est pas

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

satisfaisant, l'utilisateur modifie les valeurs des entrées pour relancer le calcul.

L'arbre peut également se lire de bas en haut (« que faut-il faire pour … ») : toujours avec le même exemple, en traits noirs pointillés : pour améliorer les indicateurs concernant la récolte et l'utilisation des herbicides et conserver des indicateurs corrects de biodiversité, on peut choisir d'augmenter le nombre de jours entre la récolte et le premier travail du sol (supérieur à 71 jours) ainsi que d'augmenter la profondeur moyenne de travail du sol (supérieure à 4 cm).

- partie 3 : un calculateur qui prédit en quelques secondes les valeurs des indicateurs d'impact de la flore adventice sur le système à partir des entrées renseignées dans l'arbre de décision. Ce calculateur permet de trouver rapidement les modifications à apporter aux systèmes de culture pour faire bouger les impacts des adventices dans le sens qui nous convient.

2 La parcelle virtuelle FLORSYS pour ajuster finement le système

FLORSYS est une « parcelle virtuelle », où sont simulés les impacts du système de culture sur la croissance des mauvaises herbes à l'échelle de la parcelle, en fonction de l'humidité, de la température du sol et d'autres paramètres.

Les entrées du modèle sont les opérations culturales et les variables environnementales renseignées par l'utilisateur. Elles influencent le cycle de vie des adventices et des plantes cultivées. La croissance et la dynamique de ces plantes sont simulées en 3D et avec un pas de temps quotidien.

Cette approche produit des sorties très détaillées qui décrivent le couvert cultivé[17] et la flore adventice (par exemple, la densité des semences capables de donner une plante, la densité des graines dormantes et germées, la densité, la position, la biomasse et la croissance des plantes, ainsi que la production de graines). Ces informations permettent de comprendre l'effet et la performance de chaque technique et système de culture utilisés dans le champ. Pour faciliter la comparaison des systèmes de culture testés, ces données sont synthétisées sous forme d'indicateurs d'impact de la flore adventice sur la production agricole, la biodiversité et l'environnement physique (Figure 5).

[17] Couvert cultivé : plantes cultivées semées par l'agriculteur et présentes dans le champ

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

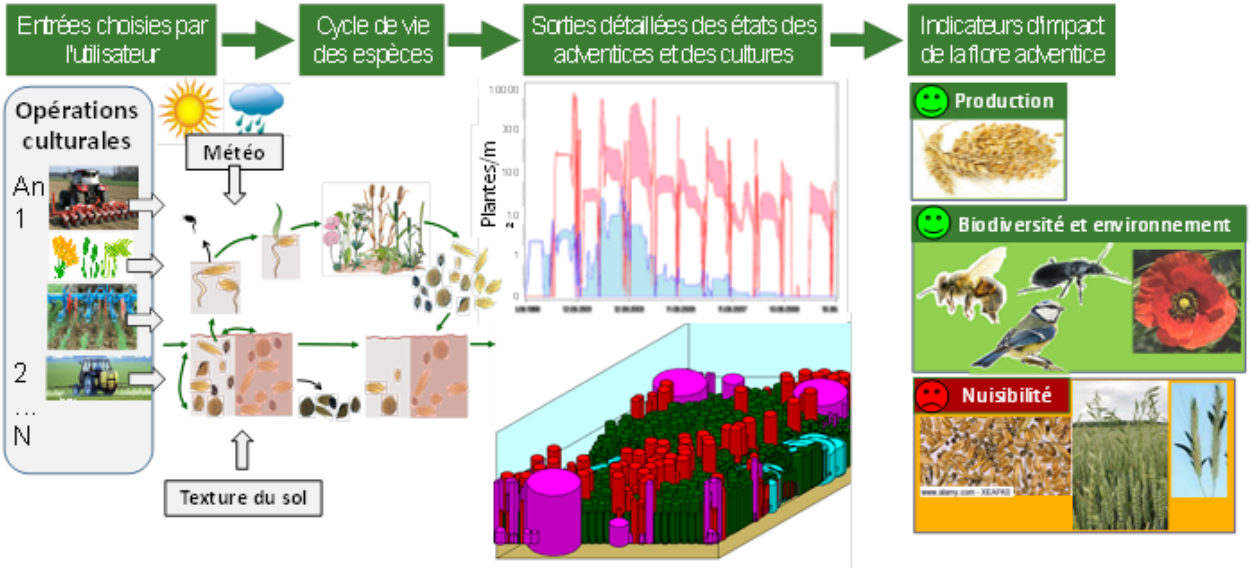


Figure 5 : Présentation schématique du fonctionnement du modèle de recherche FLORSYS (Colbach et al., 2021)

L'évaluation du modèle FLORSYS avec des données indépendantes provenant d'observations sur le terrain dans différences régions de France a montré que le rendement des cultures, la densité journalière d'adventices et les densités moyennées sur les années de simulations sont classées correctement par le modèle. On peut donc comparer les systèmes de culture entre eux, car l'erreur de prédiction est acceptable.

FLORSYS, par sa capacité à tester en virtuel de nombreux systèmes de culture très détaillés et à les évaluer par de nombreux indicateurs permet de faire une analyse détaillée du système de culture testé. Par exemple, les résultats de FLORSYS permettent de rechercher précisément les pratiques qui n'ont pas été suffisamment efficaces pour gérer les adventices à différentes étapes de la rotation. Cette complexité rend cependant l'utilisation de FLORSYS très lente. L'analyse d'un système de culture sur 30 ans et avec 10 répétitions climatiques peut demander jusqu'à 2 jours. C'est pourquoi on ne compare souvent qu'un petit nombre de systèmes de culture précis.

IV Exemple d'utilisation de l'outil d'aide à la décision avec des agriculteurs

Dans le cadre d'un atelier de co-conception de systèmes de culture (conception incluant agriculteurs, conseillers agricole et chercheurs), économes en désherbants et produisant malgré tout une récolte importante, ces deux outils, DECIFLORSYS et FLORSYS, ont été utilisés pour évaluer les propositions de système de culture conçus par des agriculteurs du GDA (Groupement de Développement Agricole) de Brienne. Lors de cet atelier les agriculteurs ont conçu des systèmes de culture. DECIFLORSYS est intervenu ensuite pour évaluer en direct les

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

systèmes de cultures afin d'informer les agriculteurs de l'efficacité des différents systèmes de culture testés, grâce à son calculateur rapide.

Le **Tableau 1** synthétise les performances du système de référence et celles de plusieurs prototypes, estimées par ce calculateur. Les options testées dans le prototype B montrent bien que l'évaluation en direct a donné des pistes de réflexion sur les options choisies par les agriculteurs pour gérer les adventices, les encourageant à mobiliser d'autres moyens de gestion et ainsi relancer une boucle de conception. Par exemple, DECIFLORSYS permet de voir que combiner l'utilisation d'herbicides et le désherbage mécanique ne permet pas de réduire encore la perte de rendement comparé au désherbage mécanique seul ou à l'utilisation d'herbicide seul, mais qu'au contraire, elle réduit la biodiversité liée à la flore adventice.

Système de culture (*cultures de printemps en italique*, couverts soulignés)	Offre trophique pour		Nuisibilité pour la production agricole		
	Carabes	Abeilles	Perte de rendement	Pollution récolte	Salissement de la parcelle
Référence (colza/blé/blé/*orge*)	4.65	1.59	45.8	2.82	1.51
Prototype A[§]	4.60	1.59	31.8	2.37	1.02
Prototype B[$] avec herbicides	5.11	1.66	25.5	2.09	0.87
B avec désherbage mécanique	5.01	1.67	24.2	2.11	0.99
B avec herbicides + désh. méca.	4.82	1.60	23.7	2.03	0.84
B-lentille + désh. mécanique	5.07	1.74	40.6	2.68	1.28

[§]Colza+légmineuses/blé/couvert gélif puis *orge*/colza+pois/trèfle puis *tournesol* ou *betterave*/blé/orge

[$] Colza/blé/couvert gélif puis *orge*/couvert gélif puis *orge*/luzerne (2 ans)/blé/couvert gélif puis chanvre

Tableau 1 : Évaluation de l'impact de la flore adventice sur la biodiversité et la production agricole de systèmes de culture conçus par des agriculteurs en atelier, en utilisant le prédicteur rapide de DeciFlorSys.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Ces ateliers ont aussi démontré que, malgré une interface un peu complexe qui reste à améliorer, DECIFLORSYS est déjà un outil capable d'appuyer la conception de nouveaux systèmes de culture. DECIFLORSYS et FLORSYS sont complémentaires. En effet, DECIFLORSYS peut s'utiliser à chaud pendant un atelier, en évaluant des propositions de système de culture pour avoir une vision globale de leurs performances, tandis que FLORSYS s'utilise plus à froid, entre deux ateliers, pour faire du diagnostic - avoir une évaluation plus précise du système de culture

Références :

Colas, F. (2016). *Which decision-support systems for sustainable weed management: Why, how and when to use it?* 7. International Weed Science Congress.

Colas, F., Queyrel, W., Van Inghelandt, B., Villerd, J., & Colbach, N. (2018). *Un OAD pour la gestion agroécologique des adventices*.

Colbach, N., Bockstaller, C., Colas, F., Gibot-Leclerc, S., Moreau, D., Pointurier, O., & Villerd, J. (2017). Assessing broomrape risk due to weeds in cropping systems with an indicator linked to a simulation model. *Ecological Indicators*, *82*, 280-292.

Colbach, N., Colas, F., Cordeau, S., Maillot, T., Queyrel, W., Villerd, J., & Moreau, D. (2021). The FLORSYS crop-weed canopy model, a tool to investigate and promote agroecological weed management. *Field Crops Research*, *261*, 108006. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.108006

Colbach, N., Favrelière, E., Munier-Jolain, N., & Pernel, J. (2018). Quels modèles, quels outils pour piloter la gestion durable de la flore adventice? In *Gestion durable de la flore adventice des cultures* (Editions Quae, p. 354). Éditions Quæ.

Mézière, D., Colbach, N., Dessaint, F., & Granger, S. (2015). Which cropping systems to reconcile weed-related biodiversity and crop production in arable crops ? An approach with simulation-based indicators. *European Journal of Agronomy*, *68*, 22-37.

Mézière, D., Petit, S., Granger, S., Biju-Duval, L., & Colbach, N. (2015). Developing a set of simulation-based indicators to assess harmfulness and contribution to biodiversity of weed communities in cropping systems. *Ecological Indicators*, *48*, 157-170.

Ont participé au travail d'écriture de cet article, en collaboration avec Floriane Colas, chercheuse en Agroécologie (par ordre alphabétique) : Mathilde DESPIERRE-THOMAS ; Noam LEBIBAT ; Corentin LEFEBVRE ; Antoine MOLINARO ; Kenneth SUINDJA-KANTOU ; Younès TOUAHRIA.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Comment citer cet article : Floriane Colas et la 2nde GT6 et GT8 du lycée Condorcet (St Quentin (FR)), *Comment conseiller et agriculteurs contribuent au développement d'un modèle d'aide à la décision pour la gestion agro-écologique de la flore adventice ?,* Journal DECODER, 2022-07-30)

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

L'histoire de la propagation des renouées du Japon en France

Dr. Mélanie Thiébaut[1] (chercheuse) et la classe de Première spécialité SVT groupe 1 du lycée Jean Racine de Montdidier de Mr Arnaud Van Praët[2] *(la liste des élèves est mentionnée en fin d'article)*

Article original/*Original article*: M. Thiébaut, S. Nicolas, F. Piola, *"The fad for Polygonum will fade away!": historic aspects of the propagation and success in France of the Reynoutria complex based on archives*, Botany Letters, 167:3, 301-314, 2020, DOI: 10.1080/23818107.2020.1750478.

Institution : [1]Université Lyon 1, CNRS, UMR 5023 - LEHNA, 6 rue Raphaël Dubois - Bât. Forel 69622 Villeurbanne
[2]Lycée Jean Racine, 541 rue Pasteur 80500 Montdidier

Résumé :

Dans l'article, publié en Anglais, on apprend que les renouées du Japon sont des plantes originaires d'Asie, importées en Europe par l'être humain au 19ème siècle. Comme deux espèces différentes ont été introduites, elles se sont hybridées à l'insu de l'homme, donnant naissance à une troisième espèce. Elles se sont ainsi propagées de façon rapide et incontrôlée dans une grande partie de l'Europe, et en France en particulier, se développant de façon invasive dans les écosystèmes. L'étude de la renouée du Japon permet de mieux connaître son histoire évolutive et génétique.

Mots clés : Renouée ; Japon ; histoire ; invasive ; hybridation

I Introduction

Les renouées japonaises sont des plantes d'origine asiatique qui ont été importées par les humains au 19ème siècle.

Ces plantes sont représentées par trois espèces différentes : *Reynoutria japonica*, *Reynoutria sachalinensis* et *Reynoutria x bohemica*, un hybride* apparu en Europe.

Les renouées, qui ont été introduites, ont échappé au contrôle de l'être humain. Elles ont pu s'échapper et se développer dans la nature. Comme elles peuvent bien survivre en Europe, on les dit invasives*.

En effet, elles possèdent de grands rhizomes* avec lesquels elles peuvent stocker de l'eau par exemple. En plus, elles se multiplient et constituent un réseau de clones* interconnectés, formant un amas dense qui recouvre le sol et le prive d'une grande partie de la lumière, ce qui peut conduire à éliminer les végétaux d'autres espèces avec lesquels elles sont en compétition.

Si, dans un premier temps, lors de leur implantation, les renouées augmentent la biodiversité, à moyen et long terme, leur caractère invasif fait qu'elles éliminent les autres espèces et entraînent une diminution de la biodiversité.

Figure 1 : Reynoutria japonica.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Face à ces observations, on a cherché à connaître les débuts de l'histoire européenne des renouées asiatiques et en particulier de leur relation avec l'être humain. L'objectif de l'étude était de retracer l'évolution temporelle et spatiale de l'introduction et de la propagation du complexe *Fallopia* en France : Où, quand, et dans quelles circonstances les deux espèces parentales sont-elles apparues sur le sol français ? Où, quand, et dans quelles circonstances se sont-elles hybridées ?

Pour cela, les informations que peuvent fournir les herbiers ont été compilées, en particulier en ce qui concerne :

- les premières parts d'herbiers des deux espèces parentales *R. japonica* et *R. sachalinensis*, récoltées en France.
- les premières hybridations visibles, grâce à la vérification des déterminations d'époque, la description très tardive de *R. x bohemica* ayant pu entraîner des erreurs ;
- l'apparition de la fertilité.

À ces éléments se sont ajoutées toutes les informations retrouvées dans la bibliographie de la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle à la première moitié du XX^{ème} siècle, ainsi que les archives, catalogues de graines et comptes-rendus de récolte de plantes.

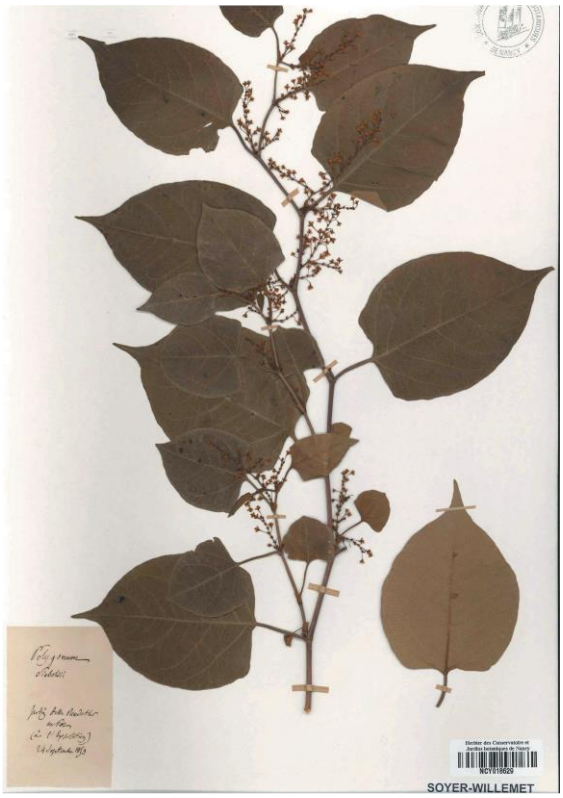


Figure 2 : Premier spécimen de Renouée du Japon conservée en herbier, cultivée par Jean-Baptiste Rendatler, célèbre horticulteur de Nancy (1853) (Thiébaut et al., 2020).

II Résultats

2-1 L'histoire de *Reynoutria japonica* en France

La première espèce, *Reynoutria japonica*, a été décrite par le médecin et naturaliste néerlandais Marteen Houttuyn en 1777. Elle est originaire de Chine mais l'espèce est très répandue au Japon. La découverte que Houttuyn a faite est restée méconnue jusqu'à ce que Siebold et Zuccarini fassent une nouvelle description en 1846 sous le nom de *Polygonum cuspidatum*. Dans les années 1840, Phillip Von Siebold, célèbre horticulteur hollandais, a utilisé une plante mâle stérile pour cultiver l'espèce et la vendre dans toute l'Europe. La multiplication du clone introduit a été possible grâce à des fragments de rhizome*. À partir de chaque fragment, une nouvelle plante pouvait se former.

Les plus anciens spécimens européens en herbier ont été trouvés en Lorraine. Ils sont issus du jardin botanique de Nancy où Jean-Baptiste Rendatler travaillait sur l'hybridation des végétaux. La renouée s'est ensuite rapidement propagée en différents points de France et à l'étranger. La littérature vantait encore ses qualités ornementales, fourragères* et alimentaires. Elle a même été progressivement introduite dans de nombreux jardins botaniques publics et parcs publics et privés français.

Si cette espèce a pu ainsi se propager de façon asexuée, les plantes étaient toutes issues d'un individu mâle stérile et elle n'était donc pas capable de se reproduire de façon sexuée.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

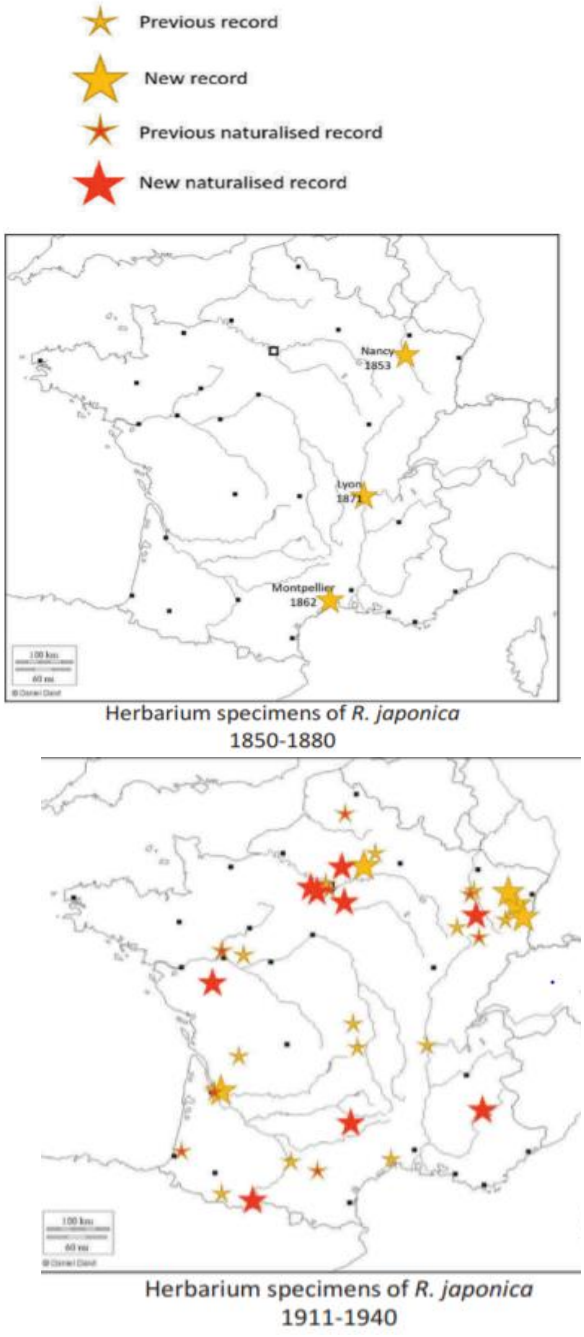


Figure 3 : Reynoutria japonica en France de 1850 à 1940 (Thiébaut et al., 2020).

2-2 L'histoire de *Reynoutria sachalinensis* en France

La 2ème espèce, *Reynoutria sachalinensis*, arrive en France bien après *Reynoutria japonica*. Elle est une double découverte franco-russe, réalisée pendant la guerre de Crimée. Weyrich, l'homme qui découvrit l'espèce à Sakhaline en 1853, était médecin de la marine russe. M. Barthe était à bord d'un navire français, il a collecté 151 spécimens qui ont été identifiés et sont accessibles en ligne sur le site du Musée National d'Histoire Naturelle dont un spécimen conservé en herbier qui date de 1876. En revanche, on ne sait pas si le médecin français a rapporté des plantes ou des graines vivantes de renouée du Japon.

Edouard André, jardinier et directeur de la Revue Horticole, propose en 1888 de planter ensemble les deux espèces, *R. japonica* et *R. sachalinensis*. La renouée est ainsi mise en avant et on lui trouve de nouveaux attributs comme source de miel et écran visuel pour les apiculteurs, ou encore comme abri pour les chasseurs ou pour fixer les talus sableux et les dunes. L'espèce était aussi cultivée au Jardin des plantes de Paris, à Saint-Quentin, dans l'Aisne et à Vichy où elle se montre très invasive. La passion pour la plante s'est vite évaporée mais sa culture s'est poursuivie dans les jardins botaniques et elle est restée dans les catalogues d'un grand nombre d'horticulteurs. On la trouvait à la fois sous la forme d'individus hermaphrodites* et mâles stériles.

2-3 L'hybridation des deux espèces parentales de Renouée

Pendant des dizaines d'années, les hybrides n'étaient pas distingués des deux espèces parentales *R. japonica* et *R. sachalinensis* par les botanistes, car les trois espèces partagent de nombreuses ressemblances morphologiques. Doumet-Adanson, avec d'autres, a cultivé les deux espèces parentales sur sa propriété et elles se sont rapidement hybridées, notamment lors de ses essais intensifs de culture fourragère, à son insu. On peut imaginer que toutes ces personnes étaient confrontées à des hybrides de générations différentes qui ne produisaient pas tous des graines fertiles, mais dès les années 1890, des hybrides fertiles* sont apparus sans être forcément identifiés comme hybrides.

Les études d'herbiers ont néanmoins permis

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

d'identifier a posteriori des hybrides présents en France. Le plus ancien datant de l'année 1892 et récolté dans la propriété Vilmorin

III Conclusion

Grâce aux spécimens conservés dans les herbiers, une enquête minutieuse a pu être menée sur les différentes espèces et savoir quand l'hybride est apparu.

On a ainsi déterminé que *Reynoutria japonica* était donc stérile jusqu'à l'arrivée de *R. sachalinensis* qui a apporté son pollen permettant la fécondation entre ces deux espèces, et donc leur hybridation. Les hybrides ont été très longtemps ignorés car ils étaient confondus avec les espèces parentales.

Cette étude permet de mieux comprendre certains mécanismes à l'origine de la propagation des plantes invasives : introduction dans un nouveau milieu favorable à son développement par l'être humain, perte de contrôle et nuisance pour d'autres espèces, multiplication asexuée, hybridation et autres modifications génétiques… autant de facteurs qui permettent de mieux comprendre la propagation de cette espèce en France depuis le 19ème siècle.

IV Lexique scientifique

Clones : Individus génétiquement identiques, issus de reproduction asexuée.

Étamines : Unité de l'appareil reproducteur mâle chez les plantes à fleurs. Elles contiennent les grains de pollen.

Fertile : Capable de produire des cellules reproductrices.

Fourragères : Les fourragères représentent un vaste ensemble d'espèces et de variétés. Ces plantes, véritable culture à part entière, sont principalement destinées à l'alimentation animale en agriculture

Gynécée : C'est un ensemble d'organes reproducteurs femelles de la fleur qui est formé d'un ou plusieurs pistils. Il contient les ovules.

Héliophile : Qui aiment la lumière et qui se développe dans des biotopes ensoleillés.

Hermaphrodisme : Phénomène biologique dans lequel l'individu présente à la fois des organes mâles et femelles, soit simultanément soit alternativement.

Hybridation : Croisement entre deux espèces et à l'origine d'une nouvelle espèce.

Interspécifique : Qui concerne deux espèces différentes et leurs relations.

Invasive : Espèce qui a tendance à envahir un écosystème au détriment des autres espèces qui l'occupaient précédemment.

Phénotype : Ensemble des caractères apparents d'un individu.

Photosynthèse : La photosynthèse consiste à transformer l'énergie lumineuse en énergie chimique. Ce phénomène s'accompagne de l'absorption de dioxyde de carbone (CO_2) et de production de dioxygène (O_2).

Prolifération : Multiplication rapide d'êtres vivants, de choses.

Rhizome : Tige souterraine, qui porte des racines et des tiges aériennes.

Références :

Thiébaut, M., Nicolas, S., & Piola, F. (2020). "The fad for Polygonum will fade away!" : Historic aspects of the propagation and success in France of the Reynoutria complex based on archives. *Botany Letters*, *167*(3), 301-314. https://doi.org/10.1080/23818107.2020.1750478

Ont participé au travail d'écriture de cet article, en collaboration avec Mélanie Thiébaut, chercheuse en biologie végétale (par ordre alphabétique) : Astrid Balluet, Inès Benkerfallah, Emma Cooke, Laura Denise, Sophie Galland, Pascaline Gorlier, Léo Heudeleine, Elodie Jérôme, Lenny Jusselme, Louis Laude, Clément Lebrun, Soline Martin, Camille Millet, Catheline Molon, Marlon Nnamocha, Margo Paris, Lili Pinel, Louis Rousselin, Clara Talmatkadi, Julie Touret.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Comment citer cet article : Mélanie Thiébaut et la Première spécialité SVT groupe 1 du lycée Jean Racine (Montdidier, FR), *L'histoire de la propagation des renouées du Japon en France*, Journal DECODER, 2022-09-30.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Article publié le 21 octobre 2022/*Article published on the 21st October 2022* www.journal-decoder.fr

Article de recherche vulgarisé/*Research outreach article*

Nature and relationships of *Sahelanthropus tchadensis*

Roberto Macchiarelli[1] (chercheur) et la classe de Terminale-EURO du Lycée général et technologique Joliot Curie de Hirson de Mme Marion Baudrand[2] *(la liste des élèves est mentionnée en fin d'article)*

Article original/*Original article*: R. Macchiarelli, A. Bergeret-Medina, D. Marchi, B. Wood, *Nature and relationships of Sahelanthropus tchadensis*, Journal of Human Evolution, Volume 149, 2020, 102898, doi: 10.1016/j.jhevol.2020.102898.

Institution : [1]Unité de Formation Géosciences, Université de Poitiers, 86073, Poitiers, France - Département Homme & Environnement, UMR 7194 CNRS, Museum national d'Histoire naturelle, 75116, Paris, France
[2]Lycée général et technologique Joliot Curie, 1 rue de Chanzy, 02500 Hirson

Abstract:

A cranium (a skull without the mandible) of the *Sahelanthropus tchadensis* species was found in Toros-Menalla, Chad. It was deformed but the discoverers proposed that it belonged to a hominin. In 2001, they found at the same place a part of a very damaged femur, eaten by carnivores. After studies in 2004, the femur seemed to belong to a primate and so it was concluded parsimoniously that it probably belonged to the same species. In this article, this femur is studied to determine if it, and thus the cranium, come from a hominid (that is, if it belonged to a lineage before the shared ancestor with chimpanzees/bonobos) or a hominin (the "human family" after the common ancestor with chimpanzees/bonobos). Morphological and biomechanical features associated with bipedalism were studied to determine if the femur belonged to a habitual biped, and so to a hominin.

This study compared the femur of *S. tchadensis* to another primitive potential hominin from Kenya (*Orrorin tugenensis*) and concluded that they had different locomotion modes and didn't belong to the same species. This study also concluded that *S. tchadensis* was probably not a habitual biped and so was likely to be a hominid rather than a hominin. Nevertheless, more material from this species (more numerous and better-preserved fossils from other body parts) is needed to do more comprehensive studies to have a more confidence in the results of this study and its hypotheses on this issue.

Key Words: Hominid ; Hominin ; Sahelanthropus tchadensis ; Femur

I Introduction

There are several scientific studies that indicate that the living taxa (groups) closest to humans are bonobos and chimpanzees because of their morphology, molecules and genetics (Ruvolo, 1997; Prado-Martinez et al., 2013; Diogo et al., 2017). Studies of the genetic clock concluded that hominins (the "human family") and panins (chimpanzees/bonobos lineage after the common ancestor with *Homo*) have been separated for about 8-6 million years (Myr) (Bradley, 2008; Stone et al., 2010), but other studies indicate it may have been earlier (Langergraber et al., 2012; see also Moorjani et al., 2016). Two possible extinct hominin species are known from around 8-6 Myr in Africa (so at the supposed time of separation between

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

hominins and panins):

- The first, *Orrorin tugenensis*, was defined from dental and body remains (except the cranium) recovered from sediments dating to around 6.0 Myr and located in Kenya (Senut et al., 2001), and is commonly considered a bipedal early hominin (Pickford et al., 2002).
- The 2nd species, *Sahelanthropus tchadensis*, was at first defined from 6 fossils, including the "main" specimen (holotype) which is an adult cranium (Brunet et al., 2002). These fossils were recovered in the same locality in Chad.

Further specimens representing *S. tchadensis* were recovered in 2001 and 2002, including an upper premolar, and two mandibles (Brunet et al., 2005) and seem to confirm the hypothesis that all these remains belong to only one species. Currently, the remains attributed to *S. tchadensis* come from six to nine adult individuals from three fossiliferous localities spread over approximately 0.73 km². Studies on absolute dating (Lebatard et al., 2008) assign an age between 6.38 Myr and 7.22 Myr to the sedimentary formations where the remains were found, whereas biochronology (relative) dating studies determined an age between 6-7 Myr (Vignaud et al., 2002). Which means that the fossils would have the same age as the formations, assuming the fossils were found in situ in sediments, but even if the discoverers said that the cranium was found still partly buried, so could be considered "in situ" (Brunet et al., 2004), this has been disputed by other scientists (Beauvilain and Watté, 2009).

The cranium of *S. tchadensis* is complete, but some areas are deformed, and others are cracked. The preserved elements show that the cranium includes a certain number of primitive characters (i.e., ape-like), but also derived characters (close to more recent hominins) (Guy et al., 2005). These characters are synthesised in the Figure 1.

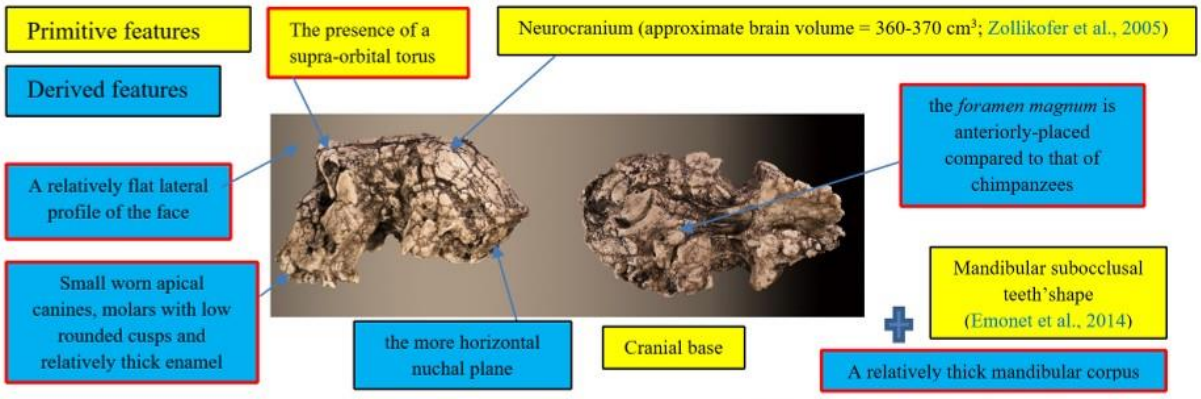


Figure 1: Synthesis of the primitive and derived characters of Sahelanthropus tchadensis (features excluding Sahelanthropus tchadensis from a close relationship with the Pan clade according to Brunet et al., 2002; Guy et al., 2005.)

Some of the characters were used by the discoverers of the fossil to exclude this species from the group of chimpanzees/bonobos (*Pan* clade, or panins), particularly the advanced position of the foramen magnum, yet some bonobos have such an advanced *foramen magnum* (Ahern, 2005). Due to the deformities, virtual reconstructions of the cranium have been performed to try to reconstruct its original shape. These reconstructions allowed Zollikofer et al. (2005) to say that the deformations necessary to

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

make the deformed *S. tchadensis* cranium into a cranium of gorilla or of chimpanzee are too great, which would exclude it from both groups (Wolpoff et al., 2002, 2006). However, using the same principle, the deformations necessary to make this cranium a *Homo sapiens* are even greater, so this should also exclude it from the hominin lineage. Another study (Guy et al., 2005) based on a virtual reconstruction and a comparison with current and fossil species made it possible to conclude, in a more nuanced way, that the cranium probably belonged to a hominin but that certain characters were either new or combined in a new way in this species and therefore, that some of them could be convergent characters (i.e., not inherited from a common ancestor), which means that some characters are probably not relevant to use to establish relatedness.

However, one characteristic should be highlighted: virtually reconstructed cranium the position of the foramen magnum is closer to *H. sapiens* than to *Australopithecus* according to Zollikofer et al., 2005: fig. 4). A phylogenetic study from Mongle et al. (2019), based on updated (from Strait and Grine, 2004) morphological characteristics of the cranium and the teeth concluded that, statistically, there was little chance that this species was a hominin (41%) and that these chances were lower compared to another primitive hominin species, *Ardipithecus ramidus* (64%). However, it is very difficult to reconstruct relatedness based on few fossils (Smith, 2005) that are deformed, or based on their virtual reconstruction (Brunet et al., 2002, 2004, 2005; Brunet and Jaeger, 2017). The study of fossils of other parts of the body of this species having the potential to provide information on its mode of locomotion (type of bipedalism) are specifically necessary to clarify the relationships between this species and other hominid/hominin species. This is what this article proposes by presenting a study of a femur portion likely belonging to this species (so, the first fossil part of the body and not of the cranium).

1 The partial femur

According to Beauvilain and Watté (2009), the partial left femur discussed in this article was collected on 19 July 2001 in the same location as the cranium of *S. tchadensis*. It was recognized as a probable primate femur (by A.B.-M.) in 2004 during a study on the deposition and fossilization ways of the late Miocene nonhominin fossils of vertebrates from Toros-Menalla (Bergeret, 2004). These fossils, and so the femur, were at the time temporarily stored at the University of Poitiers, but the present whereabouts of the femur are unknown.

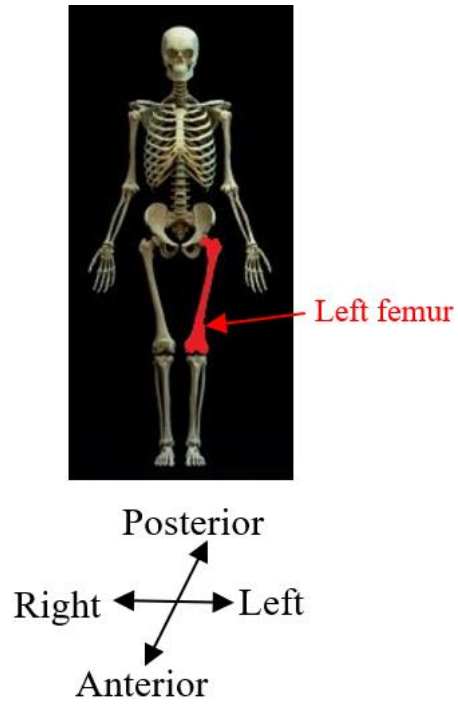


Figure2. Localization of the left femur.

On Figure 3a, an interval of angles between the femoral neck and the shaft is given because

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

the real angle can't be known for certain, since part of the neck is missing. However, the space between the trochanters is well preserved (Fig. 3f). On the second picture 3b, some cracks can be observed on the femur because of its depositional history (sedimentary compression). The Figure 3 shows that the distal (lower) part is slightly deformed. The last Figure 3d also shows that a part of the femur is missing. The surface of the bone became rough because of its oxidation in the sediments. Moreover, part of the femur was flattened (see slightly convergent red arrows) because the femur was buried underground during a long time. It is estimated that the distal break is close to what would have been the junction between the diaphysis and the distal epiphysis (see Fig. 3a & 3e), so a reasonable estimate of the length (Ruff, 2002) of the femur is >280 mm (SOM Fig. S2).

he past fauna from Toros-Menalla included both hyaenids (e.g., *Chasmaporthetes*, *Belbus*, *Hyaenictitherium*, and *Werdelinus*) and felids (e.g., *Dinofelis*, *Machairodus*, *Lokotunjailurus*, and *Tchadailurus*; Vignaud et al., 2002; Bonis et al., 2005, 2007, 2010a, b; Peigné et al., 2005; Le Fur et al., 2014), so the possibility that the studied femur belonged to a carnivoran was considered but then rejected as a likely one since in carnivorans the neck-shaft angle is usually lower than the range of possible angles estimated for this femur (see Fig. 3b & 3e). Moreover, in carnivorans the part of the shaft near the pelvis (proximal) is typically not flattened like in this specimen, and the region between the trochanters (see Fig. 3a & 3e) has a characteristically medially-directed crest that should have been apparent in what is preserved of the lesser trochanter, but that is absent. Finally, the fossil femur is curved towards the front throughout its length (Fig. 3c), whereas carnivoran femurs are also somehow bowed, but normally only in the distal part of the shaft (Pale and Lambert, 1971; Werdelin and Lewis, 2001; Werdelin, 2003; France, 2011; see also https://www.archeozoo.org/archeozootheque/). Given that the entire set of other fossils from Toros-Menalla compatible with a large-bodied primate has been assigned to *S. tchadensis* and that the cranium and the femur were found in the same location (Beauvilain and Watté, 2009: fig. 1a), it is reasonable to assume that the femur should also be assigned to *S. tchadensis*.

II Materials and methods

1 Comparative materials

The material used to compare the characteristics the femur with the characteristics of femora of other species to try to characterize its locomotion pattern included current species (Humans and Great Apes) and fossil species (Australopiths and Great Apes). The number and origin of the materials used for the comparison are described in Table1.

2 Methods

Different measurements that could have a significance to characterize the bipedalism were realized on the femur and on femora of the material described in Table 1. The neck-shaft angle (Fig. 3b), the 80%, 50% and 20% cross-sections, and the degree of anteroposterior curvature of the shaft (Fig. 3c) were used to characterize the locomotion of each group (Modern Humans, Chimpanzees, Gorillas, fossil hominins, fossil Great Apes) and compare *S. tchadensis* with them to try to identify the characteristics of its possible bipedalism.

Measurements were also taken on two femora of *O. tugenensis* (when possible) to assert its bipedalism and compare it with *S. tchadensis*.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

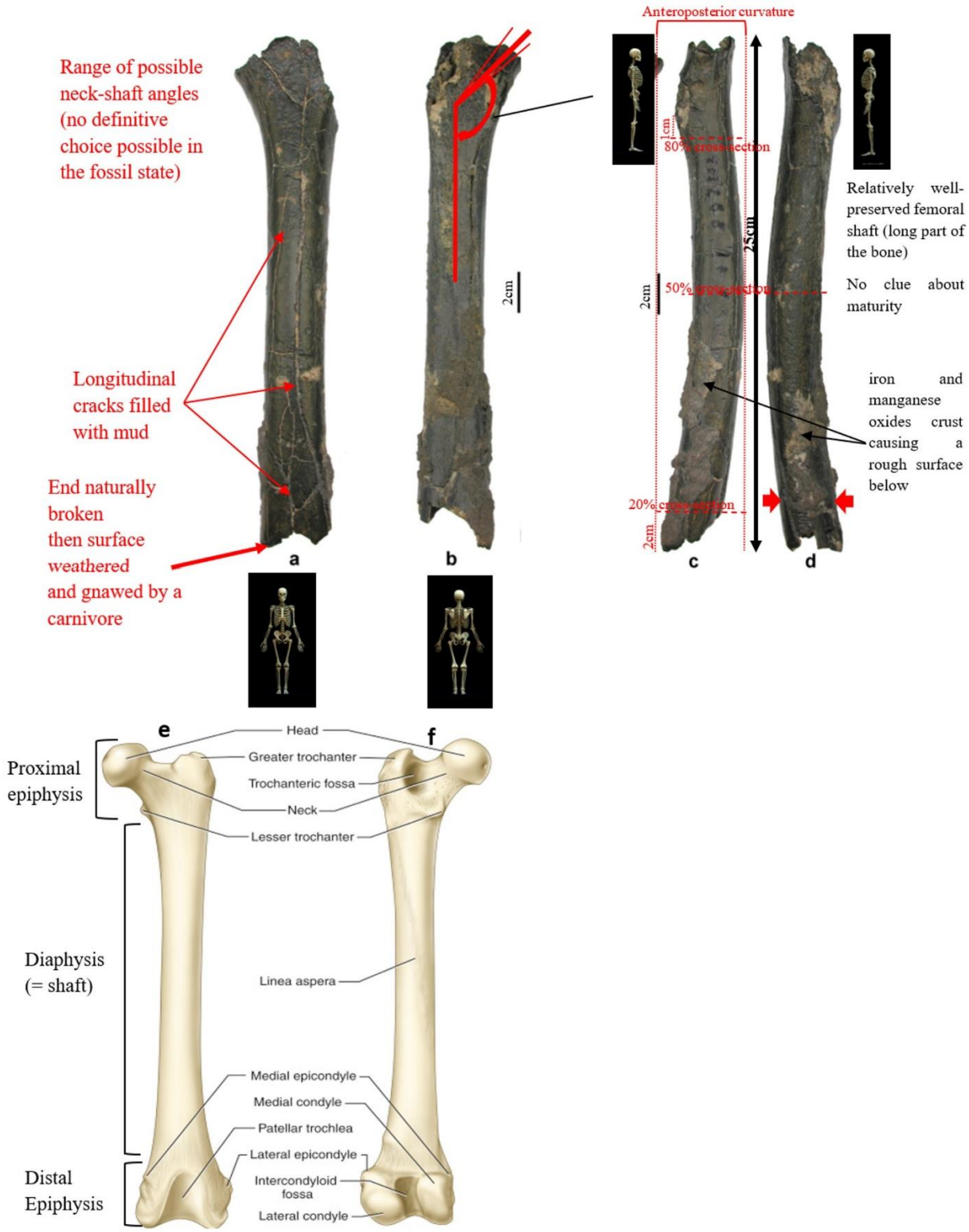


Figure3. The partial femur in anterior (a), posterior (b), medial (c), and lateral (d) views and diagram of a human femur naming the main structures of biomechanical interest for bipedalism (modified from science direct.com.) in anterior (e) and posterior (f) views

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

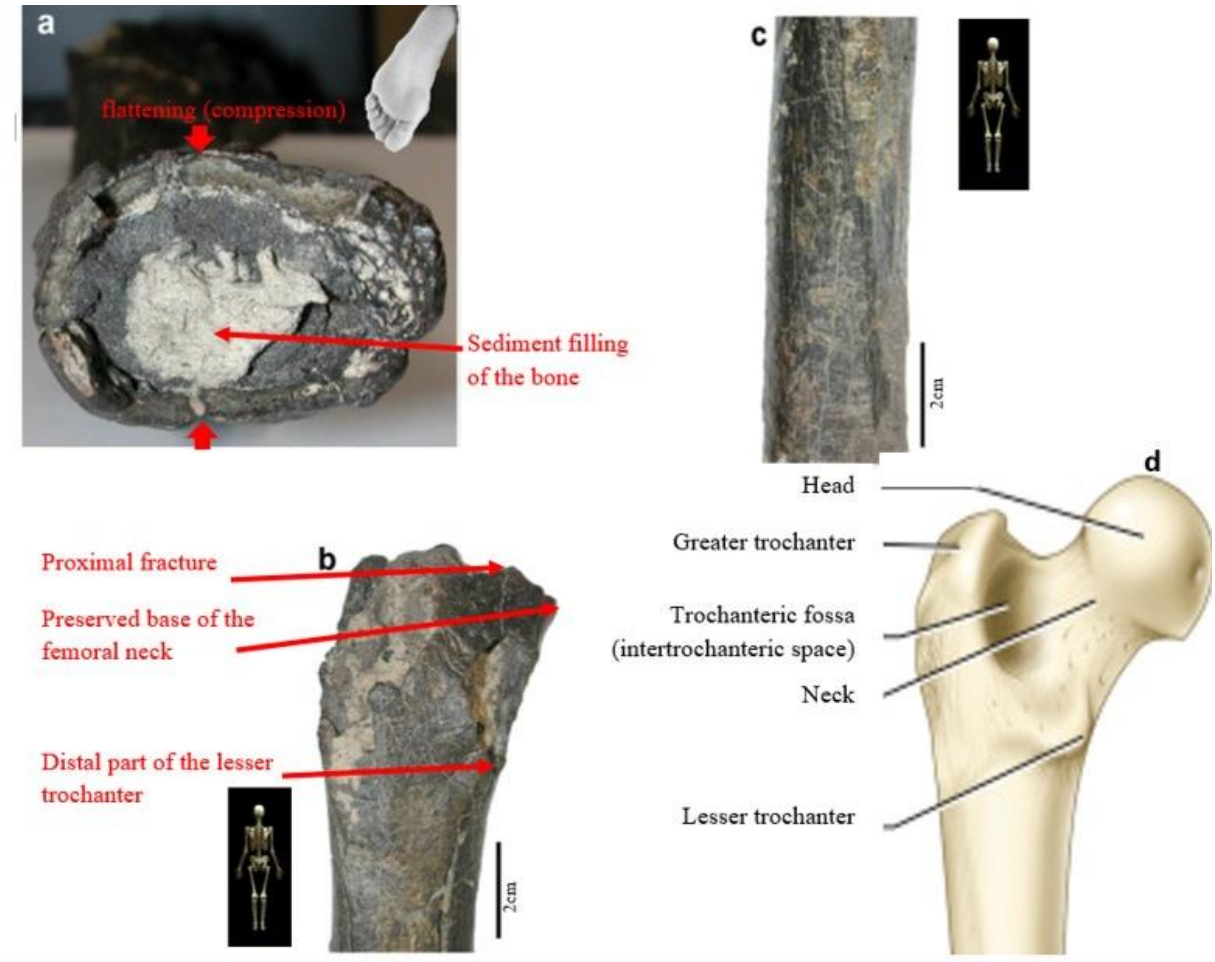


Figure 4: Details of TM 266-01-063. a) The naturally broken, sediment-filled, and slightly anteroposteriorly compressed distal end seen from below (anterior surface to the bottom; medial surface to the right). b) Posterior view of the proximal end (medial surface to the right). c) Posterolateral view of the midshaft region (medial surface to the right) d) Part of a diagram of a human femur naming the main structures of interest (from ScienceDirect.com).

The characterization then the comparison of the locomotor pattern of each group with the fossils were realized through morphometric analyses (Procrustes analyses, Principal Component Analyses and then between group PCA). These analyses used chosen measurements to characterize a shape and then allow to reveal the principal factors modifying one shape into another. These factors could then be used to try to identify the differences between diverse types of locomotion characterizing each group, and so inferring *S. tchadensis*' locomotion.

More specifically, the neck-shaft angle (cf. Köhler et al., 2002) was measured using the software ImageJ (Schneider et al., 2012) on different images of the femur in posterior view. Comparative values of the neck-shaft angle for *Pan*, *Gorilla*, and *Pongo* are a combination of our original (m)XCT-based measurements and data from Pina (2016). The cross sections (15%, 20%, 50%, 80%) of the femur were defined using previous studies (Ruff et al., 1999; Ruff, 2000, 2002; Puymerail et al., 2012; see SOM Fig. S2 and Fig. 3c). For assessing the degree of

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Table 1. Material used to compare the characteristics of different species femurs to Sahelanthropus tchadensis femur (including measurements and/or data)

			Number of individuals	Origin (of the fossils and/or of the data)	Use of the data
Current living species:	Modern Humans		96 adults (males and females)	Bronze Age necropolis of Olmo di Nogara, northern Italy, stored at the Department of Biology, University of Pisa (measured by D.M.)	used in the comparative analysis of the shaft curvature and in the analysis of distal cross-sectional shape.
			10 adults (5 females and 5 males)	from African (n=4) and European (n=6) ancestry from the Pretoria Bone Collection, Pretoria, South Africa (data of µXCT images generated at the South African Nuclear Energy Corporation SOC Ltd., Pelindaba, South Africa)	
	Great apes	Chimpanzees	42 common adults (22 females, 20 males)	Cleveland Museum of Natural History, Cleveland, USA; the Harvard Museum of Comparative Zoology, Harvard, USA; the Smithsonian Institution's National Museum of Natural History, Washington, D.C., USA; and the Yale Peabody Museum of Natural History, New Haven, USA (Marchi et al., 2017)	
			22 adults (12 females, 8 males, and 2 unknown)	Digital Morphology Museum, Kyoto University Primate Research Institute (KUPRI), Japan	
			17	Izu Shaboten Zoo and the Kyoto City Zoo (http://dmm.pri.kyoto-u.ac.jp/dmm/WebGallery/index.html)	
			1	Evolutionary Studies Institute, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa (scanned at the South African Nuclear Energy Corporation SOC Ltd., Pelindaba, South Africa)	
			4	Smithsonian Institution's National Museum of Natural History, Washington, D.C., USA (MorphoSource, https://www.morphosource.org/).	
		Gorillas	47 adults (20 females and 27 males)	Cleveland Museum of Natural History, Cleveland, USA; the Harvard Museum of Comparative Zoology, Harvard, USA; the Smithsonian Institution's National Museum of Natural History, Washington, D.C., USA; and the Yale Peabody Museum of Natural History, Newhaven, USA (Marchi et al., 2017)	
			20 adults (9 females and 11 males)	surface model/CT record from the Digital Morphology Museum, KUPRI, Japan	
			4 individuals	Higashiyama Zoo, the Fukuoka City Zoo and the Kobe Oji Zoo (http://dmm.pri.kyoto-u.ac.jp/dmm/WebGallery/index.html);	
			10	Powell-Cotton Museum, Birchington-on-Sea, UK, scanned at the Cambridge Biotomography Centre, Department of Zoology, University of Cambridge, Cambridge, UK;	
			6	Smithsonian Institution's National Museum of Natural History, Washington, D.C., USA (MorphoSource, https://www.morphosource.org/)	
		Orangutan	5 adults (3 females, 3 males) and 3 juveniles (1 female, 2 males)	Digital Morphology Museum, KUPRI, Japan (http://dmm.pri.kyoto-u.ac.jp/dmm/WebGallery/index.html)	used for the surface model/CT data
			7 individuals	Smithsonian Institution's National Museum of Natural History, Washington, D.C., USA (MorphoSource, https://www.morphosource.org/)	
			10 femora belonging to 6 individuals	Smithsonian Institution's National Museum of Natural History, Washington, D.C., USA (MorphoSource, https://www.morphosource.org/) (i.e., eight femora are from both sides of four individuals).	used in the comparative analysis of the shaft curvature and in the analysis of distal cross-sectional shape
Fossil species	Hominins		Australopiths *Australopithecus afarensis, Australopithecus africanus Australopithecus sediba Paranthropus robustus* and presumed *Paranthropus boisei*	A.L. 128-1, A.L. 152-2, A.L. 333-131, A.L. 333-142, A.L. 827-1 (Ward et al., 2012); A.L. 129-1 (Johanson and Coppens, 1976); A.L. 211-1 (Harmon, 2006); A.L. 288-1ap (Johanson et al., 1982; Haeusler and McHenry, 2004); MAK-VP 1/1 (Lovejoy et al., 2002); StW 573 (Heaton et al., 2019); SK 82, SK 97, StW 99, and U.W. 88-4,5,39 (MH1; measured by D.M. on the originals;Marchi et al., 2017); and A.L. 333-3 and KNM-ER 738 (measured by D.M. on a high-quality cast at the Evolutionary Studies Institute, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa; Marchi et al., 2017). X-ray microtomographic (mXCT) record of the left femur of the A.L. 288-1ap A. afarensis partial skeleton (Johanson et al., 1982; Ruff et al., 2016) (courtesy of C.B. Ruff and J.W. Kappelman)	
	Great apes		*R.hungaricus*	from Hungary (Kordos and Begun, 2001; Begun et al., 2012; Ward et al., 2019)	comparative analysis of the cross-sectional shape of the distal femoral shaft
			H.laietanus	Spain (Moya- Sola and Kohler, 1996; Kohler et al., 2002; Almécija et al., 2013; Pina, 2016)	
			Rudapithecus	right femur RUD 184. (courtesy of D.R. Begun and R. Martin)	
			Hispanopithecus	left femur ISP 18800.28. (courtesy of M. Pina and of the Institut Catala de Paleontologia Miquel Crusafont)	

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

anteroposterior curvature (Fig. 3c) of the femoral shaft, analyses on the sketch of the femur (SOM Fig. S3) were realised and on the similarly-oriented virtual rendering of *O. tugenensis*, *H. sapiens*, *Pan*, *Gorilla*, and *Pongo* femora. The software TpsUtil64 (Rohlf, 2005) digitized the shaft curvature, then generalized Procrustes analyses and a Principal Component Analysis between-group Principal Component Analyses (bgPCAs) were realised to obtain the areas seen in Figure 5b for the living groups. *S. tchadensis* and *O. tugenensis* data were then projected *a posteriori* in the bgPCA. The analyses were performed using the package ade4 v. 1.7e6 (Dray and Dufour, 2007) for R v. 3.6.3 (R Development Core Team, 2020).

The cross-section outlines presented in Figure 6 were obtained by extracting the cortical shell by manual delimitation of the endosteal and periosteal contours (SOM Fig. S4a). However, given some damage and the slight anteroposterior compression in the distal shaft (Fig. 3d), a projection *a posteriori* of two reconstructed outlines of the femoral shaft approximating its original contour in two ways was realized (SOM Fig. S4b, c).

For comparison, the contours of femora representing *H. sapiens*, *Pan*, *Gorilla*, and *Pongo* were extracted together with the contours of an *Australopithecus afarensis* ("Lucy") femur (SOM Fig. S5a) and of two fossil Great Apes: *Hispanopithecus* and *Rudapithecus* (the contour of this latter fossil was partially reconstructed to compensate for lateral damage and anteroposterior deformation; SOM Fig. S5d).

NB : A more exhaustive and precise description of the measurements and of the morphometric analyses can be found in the original article (not simplified).

Table 2. Measurements of Sahelanthropus tchadensis femur compared with Orrorin tugenensis and samples representing Australopiths, Homo sapiens, and living Great Apes (Pan, Gorilla, Pongo). For each comparative sample, the mean standard deviation (SD) range and sample size are provided.

Variable	TM 266-01-63	BAR 1002'00	BAR 1003'00	Australopiths	*H. sapiens*	*Pan*	*Gorilla*	*Pongo*
Subtrochanteric m-l diameter (mm)	31.6	25.7	27.3	29.5 ± 4.9, 23.5–38.9 (*n* = 16)	32.5 ± 2.4, 27.4–38.3 (*n* = 94)	27.6 ± 2.2, 23.5–34.0 (*n* = 63)	38.6 ± 4.6, 29.3–45.9 (*n* = 57)	23.4 ± 4.2, 19.3–30.1 (*n* = 5)
Subtrochanteric a-p diameter (mm)	25.3	20.4	22.0	22.2 ± 4.0, 16.9–29.6 (*n* = 16)	24.1 ± 2.5, 18.7–30.8 (*n* = 94)	23.4 ± 1.6, 20.5–27.8 (*n* = 63)	32.5 ± 4.1, 24.7–39.3 (*n* = 57)	19.3 ± 1.8, 16.6–21.0 (*n* = 5)
Platymeric index (%)	80.1	79.4	80.6	74.6 ± 3.7, 66.4–81.5 (*n* = 16)	74.3 ± 6.6, 60.6–88.9 (*n* = 94)	85.3 ± 5.8, 71.1–102.4 (*n* = 63)	84.3 ± 5.1, 76.5–101.3 (*n* = 57)	83.3 ± 8.8, 69.6–91.9 (*n* = 5)
Midshaft m-l diameter (mm)	29.3[a]	25.5	26.3	24.7 ± 2.4, 21.9–27.8 (*n* = 4)	26.0 ± 1.9, 21.1–31.1 (*n* = 94)	25.7 ± 2.2, 21.4–29.2 (*n* = 21)	41.3 ± 3.9, 32.8–46.6 (*n* = 10)	22.0 ± 3.9, 17.9–27.9 (*n* = 5)
Midshaft a-p diameter (mm)	26.2[a]	20.8	21.3	22.9 ± 2.0, 21.0–25.0 (*n* = 3)	27.0 ± 2.7, 21.7–33.5 (*n* = 94)	24.5 ± 2.3, 21.4–30.1 (*n* = 21)	33.6 ± 2.7, 26.9–36.2 (*n* = 10)	19.2 ± 2.5, 16.1–23.1 (*n* = 5)
Pilastric index (%)	92.6	81.6	81.0	93.1, 89.9–95.9 (*n* = 3)	104.1 ± 9.3, 88.3–128.0 (*n* = 94)	95.5 ± 6.8, 83.3–109.6 (*n* = 21)	81.6 ± 4.3, 73.8–88.0 (*n* = 10)	87.5 ± 6.2, 79.6–94.5 (*n* = 5)
Neck-shaft angle (°)	>135[b]	124	–	119.3 ± 4.7, 112.5–125 (*n* = 11)	127.4 ± 4.1, 113.3–136.3 (*n* = 96)	123.1 ± 5.1, 109.3–133.3 (*n* = 66)	118.9 ± 5.1, 106.0–129.0 (*n* = 83)	134.0 ± 5.2, 127.3–145.1 (*n* = 18)

Abbreviations: m-l = mediolateral; a-p = anteroposterior; SD = standard deviation.
[a] Measured at the point of maximum anteroposterior curvature as seen in medial and lateral views (see SOM Fig. S2).
[b] See SOM Figure S1.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

III Results

1 Comparative analysis

The characteristics of the femur of *S. tchadensis* were compared to those of the femora from the living hominid species *H. sapiens*, *Pan*, *Gorilla* and *Pongo*, but also to the fossil hominin species *A. afarensis* and *O. tugenensis* (2 better preserved femora) to establish its relationships with the different taxa and to determined where it can be positioned on a phylogenetic tree (see arrows on Fig. 10).

The results of the analysis presented in Table 2 indicate that *S. tchadensis* was not a monkey, but indeed a hominid (a Great Ape). Monkeys are Primates that have a tail whereas Great Apes lost it. These results exclude hypotheses 1 and 1' on Figure 10.

The results of the morphological analysis of the shaft curvature (see Fig. 3c and Fig. 5b) separate, through the abscissa axis, *Pongo* from *Homo*, *Gorilla* and *Pan*, which have a more convex shape of the femur distally. They also separate *Homo* and *Pongo* from *Pan* and *Gorilla* (the African Great Apes), through the ordinate axis, that is likely to represent the flattening of a sinusoidal shape (Fig. 5b). So, this analysis reveals that *Pongo* is separate from other living hominids in terms of its femoral curvature and so in terms of locomotion.

The results of the analysis also show that *S. tchadensis* (see Fig. 5b) is closer to the common chimpanzee than to *Homo*, *Gorilla* and *Pongo*. So, these results (Fig. 9) indicate the hypothesis 3 on Figure 10 as more likely than the others, but they do not exclude the hypothesis 3' on the same figure.

However, the same analysis tends to separate *O. tugenensis* from the living Great Apes, with a femoral shape intermediate between *Pongo* and *Homo*. This suggests that *S. tchadensis* and *O. tugenensis* may not have had the same type of locomotion.

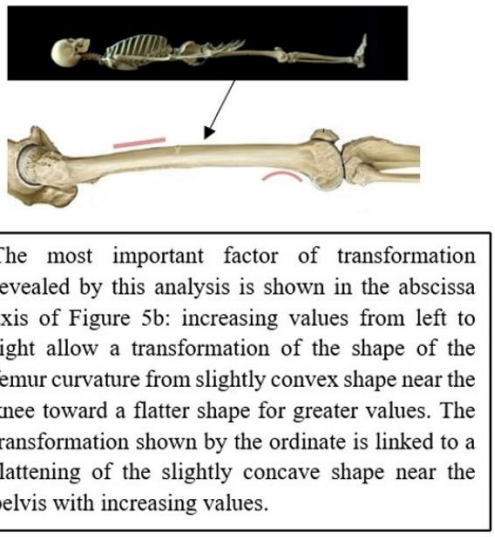
The morphological analysis of the cross-sectional contours (Fig. 6b) shows that *Hispanopithecus* is separate from Modern Humans, far from *Pan*, and closer to *Pongo* and *Gorilla*. These results are consistent with its classification as a fossil Great Ape, so in a position near the arrows of the hypotheses 2 and 2' in Figure 10.

For *S. tchadensis*, the comparative results of the cross-sectional femoral shape are closer to that of the common chimpanzee than to *Homo*, *Gorilla* and *Pongo* (Fig. 9). These results tend to indicate that the hypothesis 3 would be more likely, but they do not exclude hypothesis 3'on Figure 10. However, in S. *tchadensis* the cross sections of the shaft are larger than the average for *Pan*, possibly excluding hypothesis 3. But the neck-shaft angle estimated from the preserved morphology of *S. tchadensis* (Fig. 3b) ranges between 138°and 146° (SOM Fig. S1). If we use the conservative estimate of >135° for the Chadian fossil, it is likely to have been higher than the range seen in *Homo*, *Pan*, *Gorilla* and *Orrorin*, closer to the range of values for *Pongo* and *Hispanopithecus* (Köhler et al., 2002; Pina, 2016), thus favoring hypotheses 2 or 2' on Figure 10.

Even if the diameter of the *S. tchadensis*' cross sections are larger than the average for *Pan* (Table 2), the reconstructed biomechanical length of the femur is similar to the estimates for *O. tugenensis* (288 mm - 297 mm; Nakatsukasa et al., 2007; Puymerail, 2017; and original data). This suggests that this *S. tchadensis* individual likely weighted more than 47 kg, since this is the weight that was estimated for the largest of the two *O. tugenensis* individuals (Grabowski et al., 2018; see also Nakatsukasa et al., 2007).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.



The most important factor of transformation revealed by this analysis is shown in the abscissa axis of Figure 5b: increasing values from left to right allow a transformation of the shape of the femur curvature from slightly convex shape near the knee toward a flatter shape for greater values. The transformation shown by the ordinate is linked to a flattening of the slightly concave shape near the pelvis with increasing values.

Figure 5.a Diagram of a human (right) femur in lateral view. (in pink : curvatures characteristics at the ends of a femur for Homo)

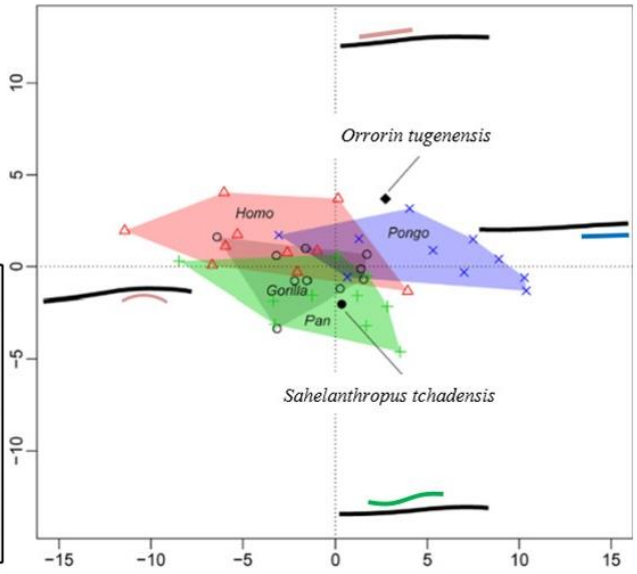


Figure 5.b Results of an analysis of the shape of the anterior curvature of the femoral shaft of Sahelanthropus tchadensis, Orrorin tugenensis, and four subsamples of data characterizing the range of anterior curvature of the femoral shaft of Homo sapiens, Pan, Gorilla, and Pongo. (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

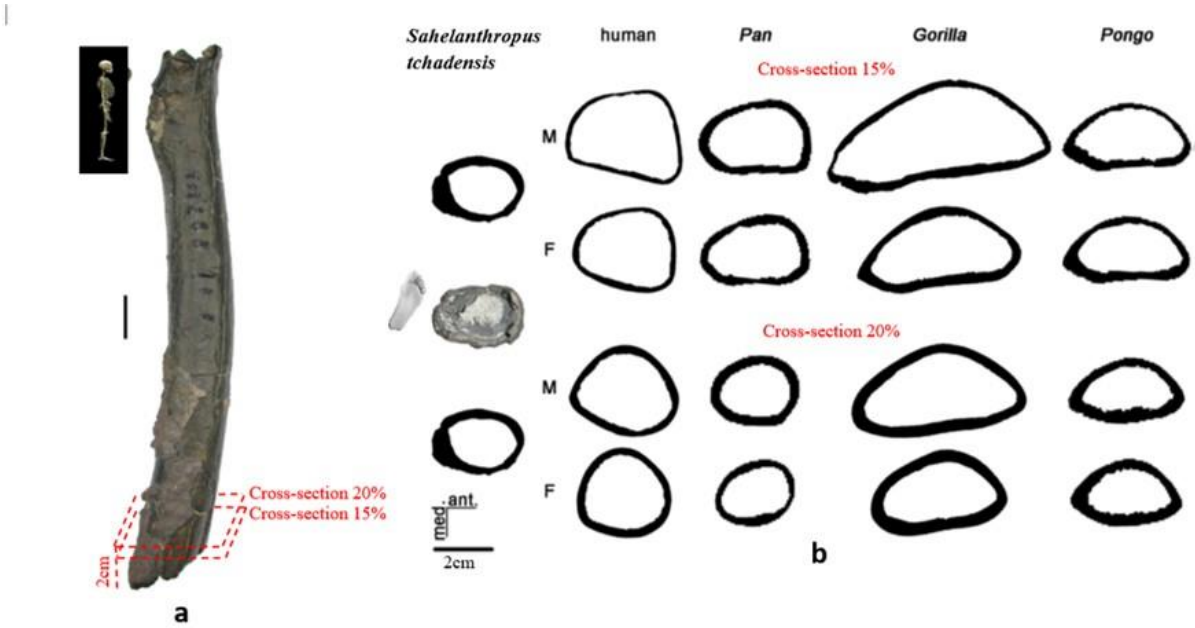


Figure 6.a Situation of the cross sections on Sahelanthropus tchadensis femur.
Figure 6.b Manual delimitation of the endosteal and periosteal contours of the cross-section of Sahelanthropus tchadensis femur at different level near the foot (cf. Fig. 3a) and of 2 virtual cross sections at 15% and 20% of the biomechanical length in a female (F) and a male (M) femurs representing Homo sapiens, Pan, Gorilla and Pongo.

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

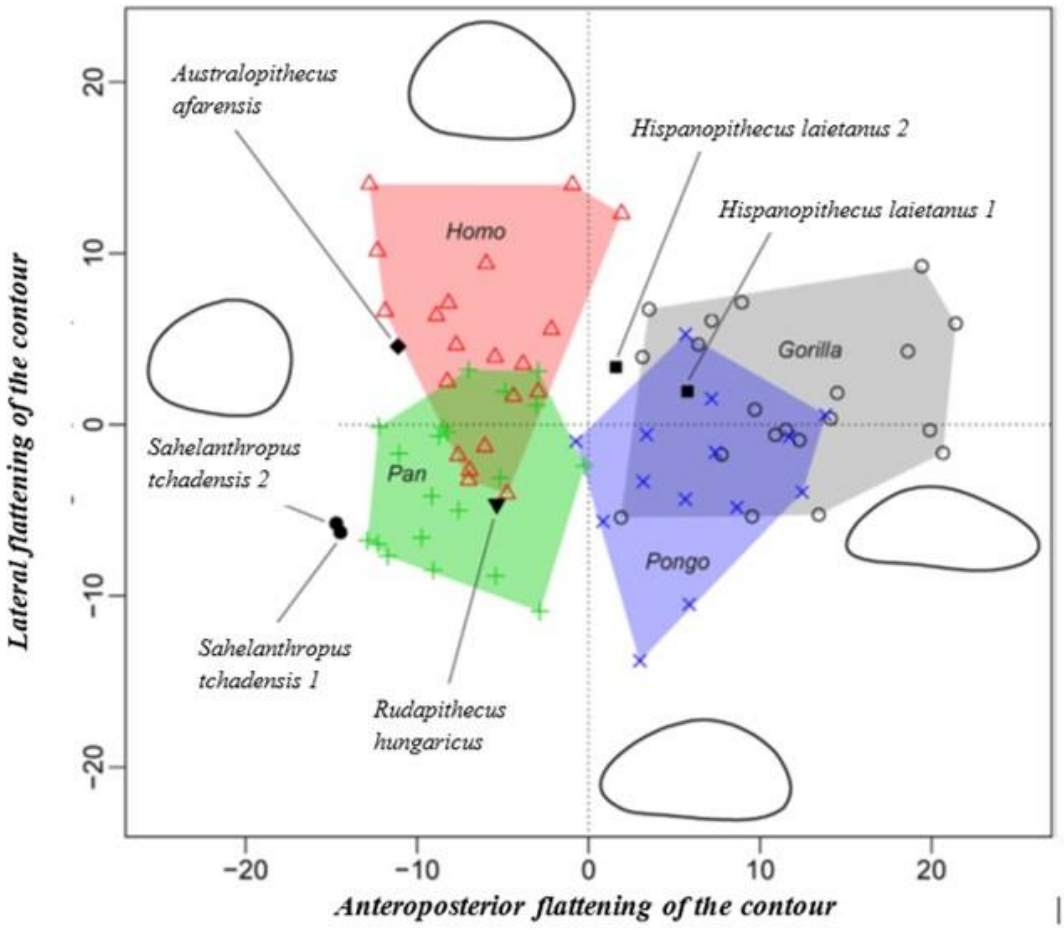


Figure 7. Between-group Principal Component Analysis (bgPCA) of the Procrustes shape coordinates of the cross-sectional contour of the distal part of the femurs of Sahelanthropus tchadensis (ca. 15% of the estimated biomechanical length), A.L. 288-1ap (Australopithecus afarensis, ca. 20%), IPS18800.28 (Hispanopithecus laietanus, ca. 17% [IPS18800.28_1] and ca. 20% [IPS18800.28_2]), and Rudapithecus hungaricus (RUD 184, ca. 20%), and in four (m)XCT-based subsamples representing Homo sapiens (Homo in the pink space), Pan, Gorilla, and Pongo (both 15% and 20% cross-sectional contours). The studied femur is represented by two reconstructed outlines approximating its most likely original shape (Sahelanthropus tchadensis 1 & 2; SOM Fig. 4). (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

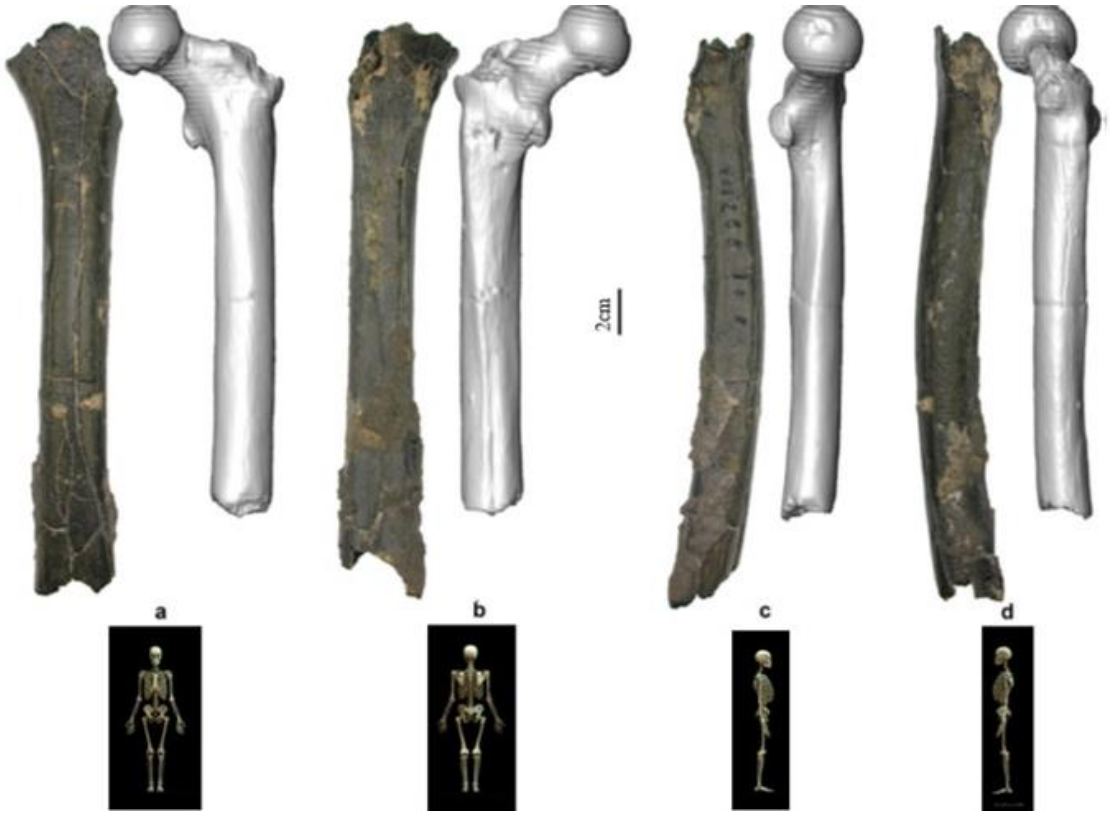


Figure 8. The partial femur of Sahelanthropus tchadensis in anterior (a), posterior (b), medial (c), and lateral (d) views compared with a virtual reconstruction of a femur of Orrorin tugenensis (Puymerail, 2011, 2017, based on a record kindly made available by B. Senut and M. Pickford). Technical characteristics of the CT record are detailed in Galik et al. (2004); for additional 3D projections of Orrorin tugenensis femur, see also Kuperavage et al. (2018).

	Curvature of the shaft (0 to 3)	Contour of cross-sections (0 to 3)	Neck-shaft angle (0 to 0.5)	Size (diameter) of the shaft cross-sections (0 to 0.5)	Biomechanical length (0 to 0.5)	"Score of proximity"
Homo	outside	Outside (far)	higher			0+0+0=0
Pan	Inside the space	Outside but nearest	higher	bigger		3+2+0+0=5
Gorilla	Outside but relatively near	Outside (farthest)	higher			1+0+0=1
Pongo	Outside the space	Outside (far)	near			0+0+0.5=0.5
Australopithecus afarensis		far				0
Orrorin tugenensis	far		higher		similar	=0+0+0.5=0.5
Rudapithecus		nearest				1
Hispanopithecus		farthest	near			=0+0.5=0.5

Figure 9. Matrix of comparison of supposed derived characters of Sahelanthropus tchadensis deduced from the morphometric analyses presented in this article to approximate its position on the phylogenetic tree of Primates

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

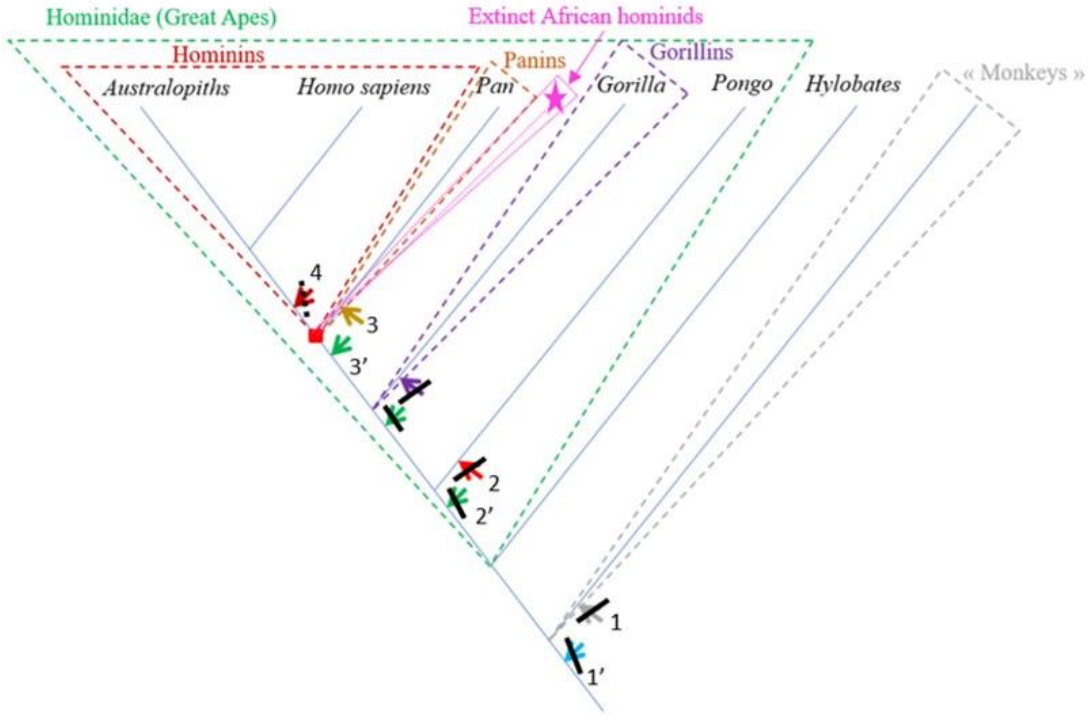


Figure 10. Simplified phylogenetic tree of the Primates and its main groups (the names of the tribes are written in the same color as their group). Arrows represent the different hypotheses of the position of Sahelanthropus tchadensis on this tree. The hypotheses excluded based on the results of this study are barred whereas the more likely hypothesis is represented with a star.

2 Functional assessment

We often use bipedalism (upright walking) as a decisive factor to decide if a species belongs to the hominin group (e.g., Le Gros Clark, 1955), and so to determine whether Pliocene fossils identified as hominids (Great Apes) are from a hominin species or not (e.g., Haile-Selassie et al., 2004; White et al., 2009; Simpson, 2013; Pilbeam and Lieberman, 2017).

Even if all occasional bipeds may not be hominins, by definition hominins should be characterised by forms of habitual bipedal locomotion when on ground (not just occasional, like in *Pan* or even in *Gorilla*, that can use forms of bipedal displays to impress a rival, for example, or on short distances). So, showing that the morphology of the femur of *S. tchadensis* is consistent with habitual bipedalism would confirm its classification as a hominin.

To do this, two ways can be used:

- We can compare the morphology of *S. tchadensis* femur to Modern Humans, that are habitual bipeds, and to the other living Great Apes (*Pan*, *Gorilla*, *Pongo*), that are occasional bipeds, to see which one is most resembling. Here, the fossil specimen resembles common chimpanzees more than Modern Humans (Fig. 9). We also know that in hominins there is a neck-shaft angle that results in "touching" knees. This configuration implies a reduction in the width of the bone, so the bone becomes thinner from the part near the pelvis (proximal) toward the middle. The *S. tchadensis* femur does not show these characteristics, so it could be concluded that it was not a habitual biped. However, some fossil hominins do not show the changes present in Modern Humans either (Lovejoy and Heiple, 1972; Richmond and Jungers, 2008), even if they were almost

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

certainly habitual bipeds, so the lack of these characteristics simply cannot be used to confirm if *S. tchadensis* represents or not an extinct hominin (on this unique basis, hypothesis 4 in Fig. 10 would be doubtful, but not formally excluded). Moreover, the upper and lower ends of the bone have unfortunately been destroyed and these are the parts where there is most information about the functional role (sensu Bock and von Wahlert, 1965) of the femur (e.g., Lovejoy, 1988; Richmond and Jungers, 2008; Ruff and Higgins, 2013; Marchi et al., 2017; Cazenave et al., 2019; Pina et al., 2019; Sukhdeo et al., 2020). Accordingly, a lot of pertinent information is missing to conclude this way.

- Or, we can compare the morphology of *S. tchadensis* to the most complete femur of *O. tugenensis* (Senut et al., 2001; Pickford et al., 2002). Indeed, most scientists that studied its femurs agreed that *O. tugenensis* probably displayed a form of habitual bipedalism similar to the one found in *Australopithecus* (Pickford et al., 2002; Galik et al., 2004; Nakatsukasa et al., 2007; Richmond and Jungers, 2008, 2012; Kuperavage et al., 2018), even if Almecija et al. (2013) found some differences with respect to the Australopiths, and Ohman et al. (2005) questioned the interpretation of its internal morphology. Moreover, if we consider more particularly the morphology of the proximal epiphysis, Bleuze (2012) also concluded, after a comparison of the geometry of its cross-sections, that *O. tugenensis* shows bipedalism similar to the Australopith locomotion mode. Thus, if we follow the logic of our preceding argument, if *O. tugenensis* displayed a bipedalism similar to the Australopith pattern, it was probably a habitual biped and so, if *S. tchadensis* femur had similar characteristics, then we could use it to support the hypothesis that it was probably a habitual biped too.

Even if the proximal epiphysis is missing in *S. tchadensis*, this study was still able to compare the femoral morphologies of *S. tchadensis* and *O. tugenensis* (Fig. 5 to 9).

The analysis of the anteroposterior curvature and the neck-shaft angle in this study does not show enough similarities between the two fossil species to conclude on *S. tchadensis* bipedalism being similar to *O. tugenensis*.

Moreover, when considering the bony characteristics that could have a functional significance in terms of bipedalism, the picture that can be drawn is very difficult to interpret because the characteristics present in *O. tugenensis* or in any living or fossil apes have not been found in *S. tchadensis*, whereas some characteristics specific to the Chadian specimen have not been found in other species. Indeed, Table 3 highlights the fact that the different characteristics found on femora that could have a functional role in bipedalism are not consistently found in different groups. These different features seem to be different or combined differently in each group, so they do not allow any conclusion on *S. tchadensis* habitual bipedalism and each feature cannot be used to conclude that *S. tchadensis* was a habitual biped, so, an early hominin. Nevertheless, we can confidently state that *S. tchadensis* locomotion pattern differed from that of *O. tugenensis*.

IV Discussion

Guy et al. (2005) explained that more research and more information are needed to define the relationship between *S. tchadensis* and known Miocene and Pliocene hominids/hominins and to confidently position it on the phylogenetic tree of Primates (see Fig. 10).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Table3. Comparisons of different morphological characteristics of femur that could have a functional significance in terms of bipedalism.

Species Functional characteristics	*Sahelanthropus tchadensis*	*Orrorin tugenensis*	Living African apes	Miocene fossil apes
Spiral lines	NO	evident		
Gluteal tuberosity (*Pickford et al., 2002*)	NO	Yes (*2 specimens)	NO (usually) (*Lovejoy et al., 2002*)	Present (*Nakatsusaka and Kunimatsu, 2004; Almecija et al., 2013; Pilbeam and Lieberman, 2017; Pina et al., 2019*)
intertrochanteric lines	Missing Region	evident		
Pectinal line	Damaged	Marked		
Lateral spiral pilastic pilaster	Modestly developped	NO	Yes (*Lovejoy et al., 2002*)	
Posterior surface of the femoral shaft	laterally convex crest + linea aspera	salient and wide midline crest (*Senut et al., 2001; Pickford et al., 2002*)		
Locomotion modes	**Different**			

Thus, to prove that *S. tchadensis* was indeed a habitual biped (and so a hominin) as suggested following the first research on the cranium, Richmond and Jungers (2008: 1662) wrote that "postcranial fossils (*i.e. fossils that are parts of the body other than the skull*) are needed to confirm this conclusion".

So, in the following paragraphs it will be presented, in descending order of confidence, what can be said at this stage from the results of this study about the functional morphology of *S. tchadensis* femur and, consequently, what this implies in terms of relationships between this species and other living and fossil species/groups. Moreover, since the information provided by this study is mostly limited to the shaft, it is important to keep in mind some carefulness about the conclusions reached here.

The most reliable and parsimonious working hypothesis is that the studied femur indeed belongs to *S. tchadensis* and so that *S. tchadensis* was a hominid *sensu lato* (which places it in the "green box" of Figure 10, thus excluding hypotheses 1 and 1').

There are important differences between *S. tchadensis* and *O. tugenensis* femora indicating that they belong to different species, and maybe even to different groups. Finally, if the studied femur indeed represents *S. tchadensis*, the results of this study on its preserved morphology imply that it may not have been a habitual biped so, by extension, that it may not have been a hominin (which would exclude him of the "red box" in Fig. 10, thus excluding hypothesis 4).

But it is important to say that the observations on the femur are only partial, since they are limited to its outer morphology and to what can be currently found in the literature, plus limited by a brief access to the original fossil. So, we realize that if those with curatorial responsibilities for the original specimen will conduct a more detailed and thorough comparative study, including assessments of its cross-sectional geometry and internal structure, the conclusions may be different.

On the other hand, if the studied femur indeed

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

belongs to *S. tchadensis*, what are the implications of the results of this study on the evolutionary relationships of *S. tchadensis*? Will our understanding of hominid and hominin evolution in Africa between 7 and 6 Myr change?

There is a lot of differences between the morphology of chimpanzees/bonobos and that of Modern Humans, but the difference between the ancient Miocene ancestors of Modern Humans and chimpanzees were likely to be less obvious. Among the characteristics that distinguish Modern Humans from chimpanzees, the ones related to bipedalism seem to go far back in time (Almécija et al., 2013; Böhme et al., 2019). Other characteristics like smaller jaws and molars seem to have evolved more recently in the human lineage and so cannot be used to confidently differentiate a "primitive" hominin (hypothesis 4 on Fig. 10) and a "primitive" panin (hypothesis 3 on Fig. 10).

But, with this caution, how could we differentiate a "primitive" hominin and a "primitive" panin?

The common hypothesis is that "primitive" panins should have had a face with a long jaw (strong prognathism) with rather small molars, big honed canines with a significant difference between males and females (Pilbeam and Lieberman, 2017), and a body adapted to a quadrupedal-like locomotion in the trees. On the other hand, a "primitive" hominin should have had cranial, skeletal and other locomotory adaptations that allowed being able to stand by and walk upright for a long time. These characteristics would have been combined with relatively large molars and "small" canines. These inferences are working hypotheses that will be revised when the evidence is discovered (Guy et al., 2005).

Indeed, the presence of one or some characteristics that can distinguish the first hominins from the first panins is likely not to be sufficient to identify a fossil as a hominin or panin, since there is evidence that Primates, like many other mammalian groups, are affected by homoplasy (aka false homology; Diogo and Wood, 2011). This means that some characteristics that appear similar (or have a similar function) can result from separate evolution and so do not imply that the species that possess them have a common ancestor. For example, after a climatic cooling in the environment, snow may become a regular occurrence and a white color may be advantageous. So, some beetle, rabbit and mouse individuals that have separate random mutations resulting in a white color may be preferentially selected and become common in the different populations, but this similarity certainly does not mean that the common ancestor of beetles, rabbits and mice was white. Thus, the possibility of homoplasies means that it is not impossible, indeed it may even be probable, that some of what many have come to regard as key morphological adaptations at the base of the hominin lineage may have evolved separately more than once. If that is the case, then one or two features can't be used to define a species, but particular sets of features should rather be used to separate a group from another.

It is possible that *S. tchadensis* is a "primitive" hominin with some reduction of the canine and loss of the honing complex (hypothesis 4 on Fig. 10), but without the femoral adaptations to terrestrial bipedalism that are seen in *A. afarensis* and *O. tugenensis* (Pickford et al., 2002; Galik et al., 2004; Richmond and Jungers, 2008; Almécija et al., 2013). It has been suggested that the early Pliocene *Ardipithecus ramidus* (Lovejoy et al., 2009; White et al., 2009; Simpson et al., 2019) was a biped, but it is difficult to see how the partially opposite position of its big toe is compatible with an obligate terrestrial bipedality. Based on this study, *S. tchadensis*

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

femur lacks any feature consistent with habitual bipedalism; instead, its general characteristics suggests a derived *Pan*-like morphology. Thus, either we consider that *S. tchadensis* was not a "primitive" hominin or, if *S. tchadensis* is included among the current hominins, then bipedalism can no longer be seen as a requirement to belong to hominins.

But being a "primitive" hominin or a "primitive" panin, or their most recent common ancestor (red square on Fig. 10), may not be the only options for *S. tchadensis*. Given what we have learned about the evolutionary history of the hominids, it is likely, and indeed probable, that during the late Miocene and the early Pliocene, there was a modest adaptive radiation of African hominids that includes taxa that are neither hominins nor panins as defined previously (Wood and Harrison, 2011). Any such extinct groups are likely to include taxa with novel morphologies, or with novel combinations of characters we also see in hominins or panins. Given the mix of inferred primitive and inferred derived features in *S. tchadensis*, we suggest this Miocene species could belong to a group of extinct hominids that has no living representative (see pink dashed group and star on Fig. 10).

V Conclusion

The lack of proof allows only to say that *S. tchadensis* was a hominid but we can't be sure that it was a habitual biped, so it seems even less likely than it was before that *S. tchadensis* could be a "primitive" hominin (Mongle et al., 2019). However, this does not make the discovery of this species less important (Brunet et al., 2002). There is lot of proof that shows that, for at least the last four million years, there is a diversity of lineages within the hominin group (Haile-Selassie et al., 2016; Wood and Boyle, 2016). So, it would mean that there are high chances that the fossils that have been found may not be direct ancestors of Modern Humans but rather would be "cousins", but it is currently difficult to sort direct ancestors from non-direct relatives (since we lack information on these extinct branches that have no living descent). So, there is no logical reason to think that the same problems and limitations do not also apply to the late Miocene hominids like *S. tchadensis*. It will not be easy, especially since the fossils are so few, to work out which late Miocene species are hominins, which are panins, and which are neither. As one of us had previously suggested, "exactly where in Africa, and under what circumstances, the ape-human demarcation began, and when, how and why the ape-human boundary became irrevocably established, are important research challenges that are still unresolved" (Wood, 2017: 103). But if we treat the hominin status of *S. tchadensis*, or any other enigmatic species, as a given and not a hypothesis, we run the risk of adding further confusion to a picture that is already "complicated and less easy to resolve" (Guy et al., 2005: 18839).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

References :

(see references original article)

Ont participé au travail d'écriture de cet article, en collaboration avec Roberto Macchiarelli, chercheur en paléobiologie et paléoanthropologie (par ordre alphabétique): Léon ALARD; ALLART Lubin; BEAUFORT Callixte; BELLOT Simon; CHAUDERLIER Gaylor; CHENU Rémi; CHERPIN Aude; COQUENET Théo; COUPEZ Jules; DEHUT Raphaelle; DEPIL Nathan; DESSITER Axel; DUPRE-ROSIN Yael; FOUQUART Audrey; GAUDION Ophélie; GAUME Gabrièle; LEVEBVRE Eloïse; LEFEVRE Paul Emmanuel; PARENT Léa; PRINCE Juliette; RENAUD Margot; RENAUD Victoire; REVUE Marius; ROUSSELLE Léa; RUTKOWSKI Margot; SEGUIN Lucie; STEVENIN Romane.

Comment citer cet article : Roberto Macchiarelli et la Terminale Euro (TEURO) du lycée Joliot-Curie (Hirson (FR)), *Nature and relationships of Sahelanthropus tchadensis,* Journal DECODER, Date (2022-10-21).

Article en accès libre sous licence Creative Commons (CCAL) : cet article est en téléchargement et diffusion libre sans but commercial ni modification et doit être cité comme mentionné en fin d'article ou sur le site du journal.
Free access article under Creative Commons licence: this article can be downloaded and shared without any commercial purpose and cannot be modified. It must be cited as mentioned at the end of the article or in the journal website.

© les auteurs. Journal DECODER, publié par l'association DECODER/*the authors. Journal DECODER, published by DECODER association*
Journal DECODER, 2022.

Sciences@Camus
S'adapter à un monde qui change ?

Estimation des flux de plastiques transitant en Seine : quelles méthodes pour quels résultats ?

Co-Auteur (2017) : Romain Tramoy, LEESU, Université Paris-Est Créteil
Vulgarisation scientifique / Programme DECODER* (2021) : Clarence A. (4ème)

Introduction / Problématique

Les activités humaines génèrent d'importantes quantités de déchets dont 8 à 15% de plastiques.
Ils s'accumulent pour des centaines d'années, surtout dans les fonds marins et sur des iles isolées, après avoir parcouru des milliers de kilomètres à raison de 1 à 10 millions de tonnes par an.
La protection des écosystèmes marins passe donc par la compréhension des transferts de plastiques des continents vers les océans.

Des études statistiques ont été menées ces dernières années pour estimer ces quantités. Mais les calculs statistiques de flux de plastiques dans les mers et océans à l'échelle planétaire donnent des ordres de grandeurs critiquables.

La plupart des méthodes existantes ne permettent pas de calculer la part de certains paramètres clés. En effet elles s'appuient sur des indicateurs pris à l'échelle locale et prennent en compte certaines données propres à des territoires comme les États-Unis.

L'auteur, nous propose de découvrir et de confronter deux méthodes d'estimation des flux de plastiques transitant en Seine : statistique et expérimentale.

Estimation statistique des flux de plastiques transitant en Seine

La production d'OMR (Ordures Ménagères Résiduelles) est estimée à environ 276 kg/hab/an dans la Seine.

Cela représente 14 760 tonnes de déchets plastiques par an qui se diffusent dans l'environnement dont 15 à 40% par la Seine.

Estimation expérimentale des flux de plastiques transitant en Seine

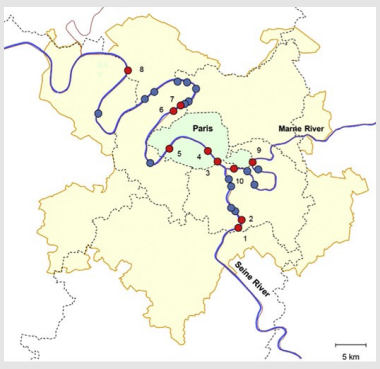
Des dispositifs expérimentaux sont installés sur des barrages pour capter le plus de déchets possibles durant une période donnée. Cette quantité est multipliée pour estimer le résultat sur une plus longue période.
Les degrés de fiabilité sont mesurés pour chaque technique expérimentale.
Il faut aussi tenir compte des nettoyages des berges qui luttent contre la pollution plastique.

26 barrages flottants existent en amont et en aval de Paris sur une distance de 77 km sur la Seine et la Marne. L'auteur s'est appuyé sur ces installations dont 10 en particulier.

Les barrages flottants piègent en moyenne 27 t par an mais la partie piégée par les barrages par rapport à la quantité totale de plastiques dans l'eau n'est pas connue. On peut estimer le flux de plastiques total passant par la Seine avec deux méthodes d'extrapolation : les résultats obtenus varient entre 1800 et 5400 tonnes par an.

Proportions des activités humaines sur le bassin de la Seine rapportées au niveau national

Population	Trafic fluvial	Activités économiques	Activités agricoles
25%	50%	40%	30%



Localisation des 26 barrages flottants du Siaap (Service public de l'assainissement francilien) sur la Seine et la Marne.

● Barrages flottants considérés en détail par l'étude.

La Seine : Fleuve d'environ 775 km qui prend sa source sur le plateau de Langres (Côte d'Or) pour se jeter dans la Manche.

Conclusion

L'utilisation d'approches expérimentale et de modélisation ont mené à des estimations de flux de plastiques de la Seine jusqu'aux océans de l'ordre de 1700 à 5800 tonnes par an. Ces estimations sont fondées sur des hypothèses fortes avec de grandes incertitudes qui sont difficiles à contenir dans l'état actuel des informations. Les études ont par ailleurs montré la fragilité des paramètres et des modèles utilisés à l'échelle globale. Cela oblige à affiner les paramètres, notamment basés sur la collecte de déchets ou le comptage visuel des déchets flottants.

Quels ODD sont concernés ?

Les objectifs de développement durable nous donnent la marche à suivre pour parvenir à un avenir meilleur et plus durable pour tous. Ils répondent aux défis mondiaux auxquels nous sommes confrontés. *Source : www.un.org*

Mot de Romain Tramoy (2022)

"Ravi d'avoir participé à l'aventure de DECODER*. La démarche scientifique permet de lutter contre les croyances et les dogmes, et d'éclairer les choix démocratiques. L'enseigner dès le plus jeune âge est donc un enjeu de société".

(DECODER* : Association qui imagine un journal pluridisciplinaire dans lequel des chercheur.e.s peuvent publier leurs articles dans une version « vulgarisée », en accès libre. Ces articles vulgarisés sont ensuite validés après un travail de relecture de collégien.ne.s, et/ou lycéen.ne.s mis.e.s en contact avec le.la chercheur.e.)

Sciences@Camus
S'adapter à un monde qui change ?

- Les transferts d'azote souterrain : le chêne facilite la croissance de la molinie -

Co-auteur (2019): Marine FERNANDEZ post-doc « Urban forest ecology and climate change »
PAQLAB - UQAM.
Vulgarisation scientifique: Programme DECODER (2021): Selmen A. (4ième)

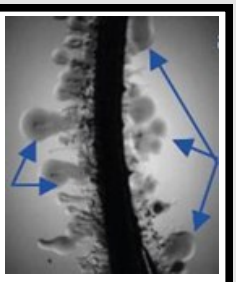
Contexte de l'article :

Le chêne (*Quercus petraea* ci-contre) est l'arbre le plus répandu dans la forêt française mais il est confronté à de rudes épreuves comme l'**herbivorie***, l'**abroutissement***… et il y a aussi certaines plantes qui sont en compétition avec le chêne comme la molinie bleue (*Molinia caerulea* ci-dessous) qui forme des tapis denses dans la forêt. Le problème n'est pourtant pas la densité de cette plante mais plutôt le fait qu'elle capte l'azote présent dans le sol, cet azote étant un nutriment essentiel pour la bonne croissance des chênes.

Des chercheurs ont également démontré que la bonne croissance de la molinie était facilitée par la présence des chênes.

Crédits photos: *MonacoNatureEncyclopedia*

Introduction :



Les racines fixent les arbres au sol et sont importantes pour la croissance car elles absorbent et font des réserves d'un nutriment important: **l'azote**.
Certaines plantes captent l'azote sous forme minérale dans le sol pour grandir et d'autres comme les **fabacées*** fixent l'azote atmosphérique présent dans l'air, puis le transforment en azote minéral.
Cette capacité à fixer l'azote est due à des rhizobactéries (flèches bleues sur l'image crédit photo B. Zahra) qui vivent en **symbiose*** avec les plantes dans le sol.
L'azote peut aussi être transféré vers d'autres plantes voisines pour les aider.

Marine a cherché à savoir si, dans les forêts, la molinie peut bénéficier des transferts d'azote grâce à la présence du chêne à ses cotés.

Lexique :

Herbivorie : manger des plantes.

Abroutissement : animaux qui broutent les jeunes arbres.

Légumineuses/Fabacées : plantes dont le fruit est une gousse. Ces plantes possèdent pour beaucoup des bactéries sur leurs racines qui fixent l'azote atmosphérique.

Symbiose : Association d'organismes différents qui se développent ensemble ; chacun bénéficiant de cette association.

Isotope : Atomes d'un même élément chimique ayant dans leurs noyaux le même nombre de protons mais un nombre différent de neutrons.

Spectromètre de masse : appareil qui permet d'analyser et d'identifier des molécules.

Quels ODD sont concernés ?

Les objectifs de développement durable nous donnent la marche à suivre pour parvenir à un avenir meilleur et plus durable pour tous. Ils répondent aux défis mondiaux auxquels nous sommes confrontés.
Source : www.un.org

Mot de Marine FERNANDEZ (2022) :

« *Faire de la recherche est passionnant, diffuser nos résultats est exaltant… et échanger avec des élèves est un véritable enrichissement ! DECODER élargit le nombre de jeunes chercheuses et chercheurs à l'école, même plus besoin du doctorat !* »

Matériel et méthodes :

Afin de vérifier ce transfert, chênes et molinies ont été plantés ensemble dans une terre forestière. La même opération a été faite en isolant les deux sujets afin qu'aucuns transferts ne soient possibles.
Pour valider l'hypothèse de transfert, un autre « type » d'azote que celui naturellement présent a été utilisé: l'**isotope*** ^{15}N.
L'utilisation du **spectromètre de masse*** a permis ensuite aux chercheurs de différencier les deux isotopes d'azote présents dans la plante et donc d'identifier la provenance de celui qui était présent.

2 possibilités de résultats :
- si on détecte du ^{15}N seulement dans la récolte du printemps suivant, cela veut dire qu'il a fallu attendre la mort des racines du chêne pour avoir un transfert d'azote;
- si on détecte du ^{15}N dans les premières récoltes, cela veut dire qu'il y a bien un transfert d'azote du chêne vivant vers la molinie.

Discussion :

Marine et ses collègues ont retrouvé de l'azote ^{15}N dans la molinie ce qui prouve que le chêne a libéré de l'azote dans le sol.

La molinie prend cet azote et l'utilise alors pour sa croissance. Ils ont donc émis une hypothèse : la molinie n'aurait pas besoin d'étendre ses racines car elle a sa nourriture à proximité et cela lui fait donc économiser de l'énergie.

Mais les chercheurs ont aussi été étonnés de retrouver du ^{15}N dans les pots de molinie isolés, et ils en ont déduit que même les plantes « non fabacées » peuvent absorber de l'azote par les voies aériennes.
Leur expérience prouve enfin que le chêne libère plus d'azote à cause de molécules que libère la molinie, ce qui indique qu'ils communiquent tous les 2 !