



**Haut Conseil
Breton
pour le Climat**

BULLETIN 2025

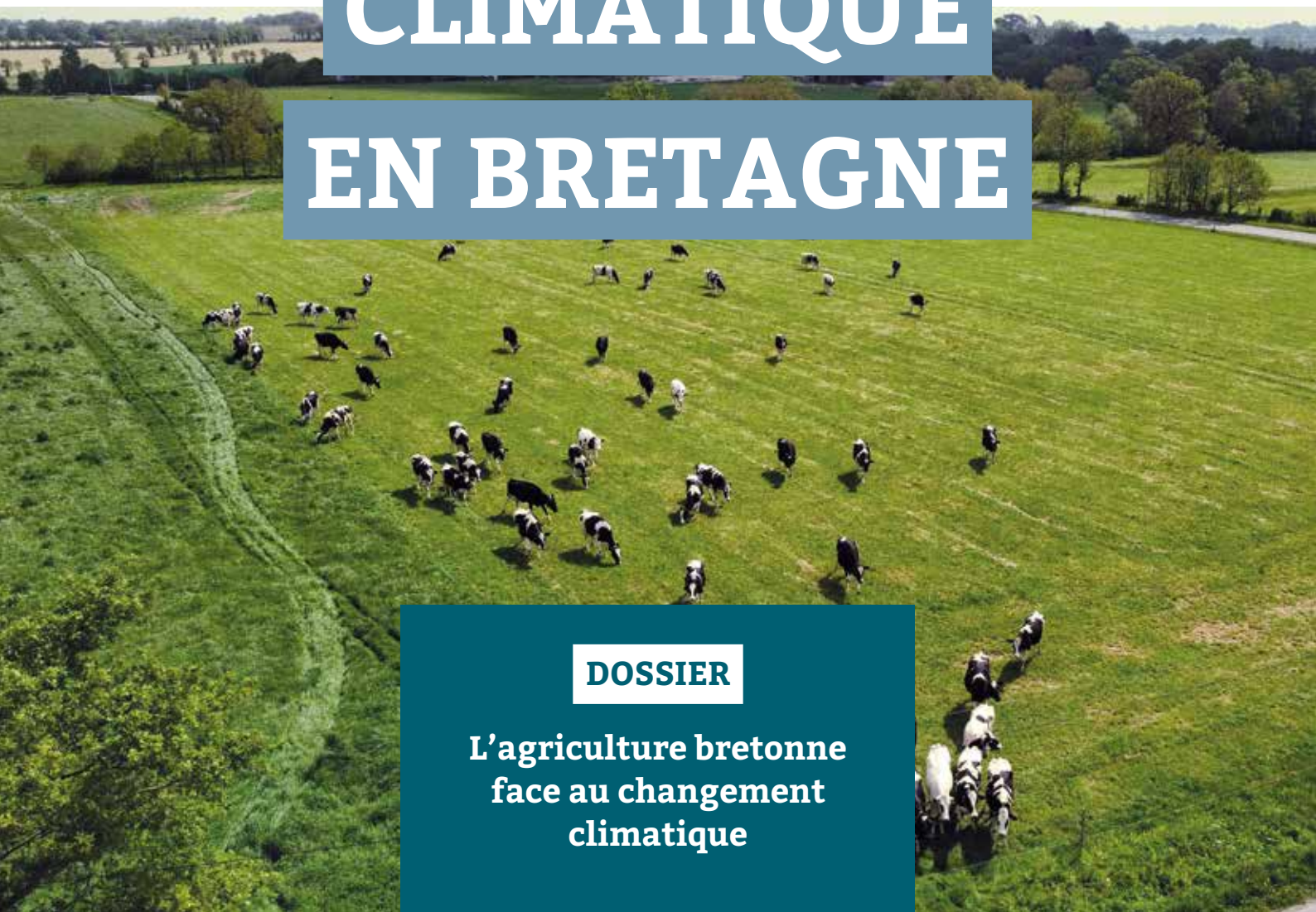
LE CHANGEMENT

CLIMATIQUE

EN BRETAGNE

DOSSIER

**L'agriculture bretonne
face au changement
climatique**



Sommaire

1# Le Forum « Climat et Territoires », 2^e édition

p.04

- › Quel avenir pour le littoral breton ?
- › Scientifiques et politiques : comment mieux dialoguer ?

DOSSIER

L'agriculture bretonne face au changement climatique

Un avenir incertain pour les productions agricoles	p.08
Changement climatique et santé des plantes	p.12
Agriculture, paysage et territoire	p.15
Agriculture et changement climatique : des défis pour la santé humaine	p.18
Le méthane, un gaz à effet de serre à surveiller	p.22
L'élevage au cœur des enjeux de réduction des émissions	p.24
Agriculture et séquestration de carbone	p.27
La pluralité sociale de l'agriculture bretonne	p.31
Verrous et leviers systémiques	p.33
Vers une agriculture résiliente face au changement climatique	p.36

2# Atténuer le changement climatique et s'y adapter : de jeunes chercheurs y travaillent en Bretagne

p.37

- › Les haies et talus limitent les pertes azotées lors des événements climatiques extrêmes
- › Les marchés fonciers agricoles prennent déjà en compte le climat futur
- › Les pucerons des céréales sont sensibles aux événements climatiques extrêmes
- › Le changement climatique module-t-il la réponse des poissons aux polluants ?

Pour la première fois depuis le début des mesures, la température moyenne de la planète a dépassé la valeur de +1,5°C par rapport aux valeurs pré-industrielles. S'il n'est pas encore formellement dépassé, l'objectif ambitieux de l'accord de Paris paraît désormais hors d'atteinte. En France, 2024 est la quatrième année la plus chaude jamais enregistrée mais elle a surtout été marquée par un déficit d'ensoleillement et un fort excédent pluviométrique : celui-ci s'est d'ailleurs poursuivi en janvier 2025 avec de fortes pluies et inondations de Rennes à Redon.

Se préparer au climat futur nécessite d'anticiper celui-ci en termes de connaissances : quelle fréquence notamment des événements extrêmes potentiellement dommageables pour la société et nos territoires ? À ce titre, le HCBC a poursuivi en 2024 sa mission d'information auprès des élus, des acteurs et de tous les publics de la région en participant à une centaine de manifestations, articles et réunions consacrés au changement climatique. Un nouveau site web (www.hcbc.bzh), une communication active sur LinkedIn et la mise en place d'un réseau d'experts élargi sont autant de nouvelles actions lancées l'an passé.

Après trois années d'activité, il est évident pour le HCBC que, si les connaissances scientifiques sont indispensables, elles ne sont qu'un préalable à l'action : l'inertie des systèmes, la préservation des avantages acquis ou de certains intérêts (sans parler de la désinformation) sont de puissants freins aux politiques de lutte contre le changement climatique. À ce titre, l'agriculture, enjeu régional majeur, est emblématique des difficultés à faire évoluer un modèle hérité des décennies précédentes : c'est pour cette raison que nous avons choisi d'y consacrer notre dossier du bulletin de cette année.



Bonne lecture,
Les membres du HCBC.

1# Le Forum « Climat et Territoires », 2^e édition

Quel avenir pour le littoral breton ?

Le 23 mai 2024, Brest a accueilli la deuxième édition du forum annuel « *Climat et territoires* » organisé par le Haut Conseil Breton pour le Climat. En partenariat avec l'Université de Bretagne Occidentale et Brest Métropole, l'accent a cette fois été mis sur le littoral breton face aux défis climatiques. Temps fort de discussions et d'échanges, le forum a une fois de plus suscité l'intérêt de 300 personnes.

Compte tenu de l'importance du littoral en Bretagne, de nombreuses activités sont ou seront affectées par les changements de l'océan et du climat. Si certains événements météorologiques extrêmes ont un effet choc auprès des populations (tempêtes, érosions, submersions, etc.), d'autres phénomènes à l'œuvre sont moins perceptibles mais tout aussi préjudiciables, tels que le réchauffement et l'acidification des océans. Ces sujets nombreux et complexes ont été abordés lors de la matinée en plénière par deux panels d'acteurs scientifiques, politiques et économiques.

La première table-ronde a abordé la montée du niveau de la mer en soulignant la nécessité d'améliorer l'information sur les risques immobiliers et de préparer les infrastructures et activités aux impacts climatiques. La deuxième table-ronde a étudié les risques liés au réchauffement et à l'acidification des océans, en mettant en lumière l'urgence d'adopter des mesures d'adaptation et d'atténuation face aux impacts sur la biodiversité marine et l'économie, notamment la conchyliculture.

Les huit ateliers interactifs de l'après-midi ont, quant à eux, permis d'approfondir les concepts abordés, par des échanges, des jeux sérieux et le partage de bonnes pratiques. La conclusion de la journée s'est faite en compagnie de Valérie Masson-Delmotte, qui a souligné la place importante occupée par la communauté scientifique à toutes les échelles de décision politique.

Scientifiques et politiques : comment mieux dialoguer ?

Le dialogue entre scientifiques, élus et acteurs des collectivités est au cœur des missions du Haut Conseil Breton pour le Climat. Lors du forum 2024, un atelier a permis d'identifier les bonnes pratiques mais aussi les freins à ce dialogue, à partir de l'expérience des conseils scientifiques. Une introduction générale a éclairé les types et fonctions des conseils scientifiques (CS) existants, en examinant plus en détail la structure et les missions du HCBC, du CS de Terrarade (Contrat territorial de la rade de Brest et de ses bassins versants Aulne et Elorn) et du Conseil Scientifique de l'Environnement du Morbihan (CSEM).

Par la suite, deux tables rondes ont permis à ces acteurs de partager leur expérience. Dans chaque cas, des scientifiques et des élus ont témoigné et porté un regard positif et critique sur les actions de leur CS. Il a été montré que l'intérêt de ces conseils est de travailler sur des cas concrets, à l'échelle des territoires. Les chercheurs ont également souligné l'importance pour eux de s'ouvrir vers la société, de construire des réseaux d'acteurs, d'apprendre à communiquer leurs questions de recherche et leurs résultats aux décideurs. Les élus ont quant à eux salué le discours basé sur les observations et la position neutre des scientifiques, qui a permis chaque fois d'établir une relation de confiance sur la durée et de dépasser des clivages d'acteurs territoriaux.



🌱 **Atelier** « comment améliorer le dialogue entre politiques et scientifiques ? » © HCBC

Les 40 participants de l'atelier (élus, chercheurs, doctorants, et acteurs des collectivités) ont ensuite été invités à échanger par groupes sur les questions suivantes :

- Qu'est-ce que l'incertitude ? Comment la prendre en compte sans conduire à l'inaction ?
- Qu'est ce qui fait preuve ? Comment produire des connaissances crédibles ?
- Qu'est-ce qu'une décision politique effective ? Qu'est ce qui la rend robuste ?
- Comment améliorer l'usage de la science par un acteur politique (élu, décideur ?)

Ces échanges riches ont permis de dégager des pistes de travail :

- La science participative, c'est-à-dire la collecte de données par les citoyens, ainsi que la recherche-action, c'est-à-dire la co-construction des recherches avec les acteurs du territoire, permettent un meilleur dialogue et une meilleure confiance envers les résultats scientifiques.
- La formation joue un rôle clé. D'une part, les chercheurs doivent mieux communiquer leurs résultats et se former pour cela : sans cacher la complexité des sujets, ils doivent apprendre à la rendre accessible. D'autre part, les acteurs politiques et économiques doivent être formés à ce que sont la science et la méthode scientifique ; il y a un besoin d'acculturation, de rencontres en petits groupes, hors des postures politiques.
- Il est souhaitable que les élus protègent et légitiment les scientifiques, tout en étant informés des rapports de force et de l'instrumentalisation possible de la recherche.

Une des conclusions est que les scientifiques doivent pouvoir dialoguer avec tous les élus quelle que soit leur orientation politique. Le HCBC a, lui, l'opportunité de présenter ses résultats tous les ans devant l'ensemble des élus du Conseil Régional de Bretagne, et se tient à la disposition de tous les élus régionaux ou locaux pour d'autres occasions de dialogue.

Retrouvez plus d'informations sur :

<https://www.hcbc.bzh/forum/forum-climat-et-territoires-2eme-edition/>

L'agriculture bretonne face au changement climatique

L'agriculture occupe une place majeure dans le territoire et l'économie de la région Bretagne. C'est l'héritage d'une forte intensification qui a commencé après la deuxième guerre mondiale et s'est appuyée sur un potentiel physique et climatique alors propice. Cette intensification a été accompagnée par l'implantation d'infrastructures de transport, une forte intégration des filières coopératives et industrielles, un soutien par les différents niveaux de gouvernance politique, une organisation forte de la profession et des services associés. Les transformations structurelles des exploitations, de leurs modes de gestion, de leurs outils de production, de leur implantation foncière et de leurs relations à l'environnement ont été très profondes. Au début des années 2020, 64 % du territoire régional sont consacrés à l'agriculture, exploités par 26 347 exploitations agricoles¹ correspondant à 55 400 actifs² (exploitants, collaborateurs et salariés) tandis que 41 % des emplois industriels bretons sont dans le secteur agroalimentaire³. Cela correspond à 11,1 milliards d'euros de productions agricoles et 21 milliards d'euros de chiffre d'affaires générés par l'agroalimentaire⁴. La part de l'élevage est très importante dans cette agriculture régionale et en proportion des cheptels nationaux. **Cette intensification systémique a cependant conduit à des impacts environnementaux importants en particulier**

en termes de pollution de l'eau, d'émission de gaz à effet de serre (GES), de qualité des sols, de biodiversité et de santé (des professionnels eux-mêmes et de la population en général).

L'agriculture s'appuie sur une domestication du vivant (végétal, animal, microbiologique) afin de produire de manière proactive des matières utiles (avant tout comme aliments et fibres). La proactivité consiste à choisir et piloter les productions en lien avec les potentialités du milieu physique (relief, sol, climat en particulier) ; à essayer de contrôler les dynamiques biologiques en tant que telles (à travers l'agronomie, la zootechnie, la génétique...) et face aux variabilités et aux aléas (météorologiques et sanitaires en particulier) ; et à intensifier les facteurs de production (foncier, fertilité, alimentation en eau, infrastructures paysagères et bâtementaires, outils, force de travail, énergie...). **Sur des échelles de temps longues, la proactivité passe par l'adaptation aux changements, l'innovation, la transformation de système. Le changement climatique actuel et à venir impose désormais à l'agriculture et ses interdépendances des adaptations, des innovations et des transformations extrêmement profondes**⁵.

1 / Agreste, 2022. https://draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/memento_a5_2022_complet.pdf

2 / En prenant aussi en compte les entreprises agricoles (travaux forestiers et paysagers, ETA...), le total atteint 70 000 ETP (voir note suivante)

3 / Chambre d'agriculture Bretagne, 2024. <https://bretagne.chambres-agriculture.fr/agritheque/detail-publication/actualites/abc-agriculture-et-agroalimentaire-de-bretagne-en-clair-analyse-perspectives-edition-2024/>

4 / Chambre d'agriculture Bretagne, 2023. https://bretagne.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/FAL_commun/publications/Bretagne/PDF/Economie/ABC-Analyse-et-Perspectives-2023-v02-bdf.pdf

5 / HCC, 2024, « Accélérer la transition climatique avec un système alimentaire bas carbone, résilient et juste ». <https://www.hautconseilclimat.fr/publications/accelerer-la-transition-climatique-avec-un-systeme-alimentaire-bas-carbone-resilient-et-juste/>



L'entité entrepreneuriale élémentaire est l'exploitation agricole, gérée par un(e) ou quelques exploitant(e)s qui prennent des décisions opérationnelles à court terme (échelle de la journée au mois et à la saison), tactiques à moyen terme (échelle de la saison à quelques années) et stratégiques à long terme (horizon 10-30 ans, qui touche à l'installation ou la transmission, la conversion à de nouvelles pratiques, la transformation structurelle, l'investissement et l'emprunt...), pour un ensemble d'ateliers déployés sur un support foncier organisé en parcellaire, et avec des objectifs (rentabilité et profit, qualité, multifonctionnalité...) et des valeurs. Ces prises de décision reviennent en fait à des prises de risque en termes de production, de marché, financier, institutionnel et humain et qui sont en général atténuées par des pratiques de sécurisation (traitement phytosanitaire, irrigation...), des stockages, de la diversification, de la mutualisation ou du transfert vers des tiers (contrats amont/aval, assurances, Etat...). La rationalité et le résultat économiques d'une exploitation dépendent non seulement de son résultat productif, mais aussi des marchés nationaux et internationaux des intrants et des produits, eux-mêmes

très variables selon la météorologie, la géopolitique et les modes de consommation ; et sont en général très dépendants d'une intégration professionnelle et logistique, territoriale et/ou en filière. **Avec la globalisation de nombreux approvisionnements et débouchés, l'agriculture bretonne est donc également vulnérable aux effets du changement climatique qui se produisent et se produiront en dehors de la région.**

Au vu des enjeux régionaux, le HCBC a établi dès sa création un groupe de travail sur la problématique de l'agriculture. Le groupe de travail a bénéficié d'auditions d'acteurs professionnels et académiques, et ses membres ont participé à de nombreuses activités régionales (rencontres, programmes, conférences, tables rondes sur ces questions) en plus de leurs enseignements et recherches propres. Au-delà du groupe de travail, ce dossier a été préparé par l'ensemble des membres du HCBC. Le dossier proposé, dans le format limité du bulletin annuel, ne prétend pas à l'exhaustivité mais aborde quelques-uns des enjeux majeurs pour l'adaptation et la lutte contre le changement climatique.

Un avenir incertain pour les productions agricoles

Les facteurs atmosphériques (température, humidité, vent, rayonnement, pluie) influent en permanence sur la croissance animale et végétale⁶. Par le passé, des fluctuations climatiques moyennes de quelques dixièmes de degrés sur plusieurs décennies ont entraîné une amélioration ou une dégradation des conditions climatiques affectant la production agricole. Des travaux d'historiens comme ceux de E. Leroy-Ladurie⁷ ont mis en évidence, via l'étude des dates de récoltes, des prix et des rendements agricoles, des périodes de réchauffement (optimum climatique médiéval) ou de refroidissement (petit âge glaciaire entre les XV^e et XVIII^e siècles) ayant eu de graves répercussions sociopolitiques. Aujourd'hui, si certaines productions agricoles sont remises en cause à plus ou moins long terme par le changement climatique, de nouvelles opportunités peuvent aussi apparaître pour la région.

L'agriculture bretonne en première ligne.

À partir des années 1950, la forte croissance des productions et des rendements a relégué au second plan les problèmes liés aux aléas climatiques. Mais au cours des deux dernières décennies, les rendements ont plafonné, soulignant les limites à l'intensification de la production. Les observations montrent aussi des changements profonds dans la physiologie des plantes : **l'augmentation des températures (et secondairement du taux de CO₂ pour certaines d'entre elles) accélère généralement leur croissance, entraînant une précocité plus grande de leurs stades phénologiques** (c'est à dire leur développement en fonction de la saison). Ainsi, les dates de floraison des pommiers ont avancé d'une à deux semaines, et les dates de récolte du blé et du maïs ont connu des avancées spectaculaires au cours des soixante dernières années⁸ (Figure 1). Dans le même temps, des conditions thermiques plus chaudes ont rendu certaines productions davantage dépendantes de la ressource en eau, d'où les impacts forts des dernières grandes sécheresses (2003, 2022) qui ont frappé la région.

De leur côté, les animaux aussi ont des gammes optimales de température favorisant le bien-être. L'index température – humidité (THI), couramment utilisé pour l'élevage, montre que les vaches peuvent présenter des signes de stress thermique dès que le THI atteint 68 (ce qui correspond par exemple à une température de 23°C et 40% d'humidité)⁹. Au-dessus de cette valeur, les animaux dépensent plus d'énergie pour réguler leur température corporelle, augmentent leur fréquence respiratoire et leur rythme cardiaque et développent une transpiration plus abondante avec des risques de mortalité¹⁰. Des modifications comportementales sont aussi observées comme une diminution de l'alimentation allant de 10 à 35% par jour et une augmentation de la consommation d'eau. Ces modifications entraînent, par exemple, une baisse de la production laitière : suivant l'intensité et la durée du stress, cela peut représenter une perte de 2 kg à 4 kg de lait par jour avec une dégradation de sa qualité ainsi qu'une augmentation des infections et un impact sur la reproduction.

6 / Merot et al., 2013. <https://pur-editions.fr/product/5150/changement-climatique-dans-l-ouest>

7 / Emmanuel Le Roy Ladurie, 2020 (rééd.). « Histoire du climat depuis l'an mil ». Flammarion

8 / OEB, 2021. « Résultats des travaux d'ORACLE 2021 », <https://bretagne-environnement.fr/notice-documentaire/Resultats-travaux-oracle-2021-fiches-thematiques-etudier-relations-changement-climatique-agriculture>

9 / Collier et al., 2018. <https://doi.org/10.1093/af/vfy031>

10 / Morignat et al., 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093176>



Figure 1 : Évolutions passées et futures des dates caractéristiques pour 4 productions représentatives de la Bretagne et une culture émergente (vigne). L'échelle horizontale correspond aux dates de l'année. Les carrés colorés dits « boîtes à moustache » expriment la variabilité interannuelle de la date d'atteinte du stade physiologique (médiane, quartiles, valeurs extrêmes). Quatre périodes de références sont représentées : 1951-1980 (bleu), 1994-2023 (vert), 2031-2060 (orange) et 2071-2100 (rouge). Modèle et scénario utilisés : CNRM-Aladin63, RCP 8.5. Inspiré des travaux menés dans le cadre des programmes de recherches CLIMATVEG¹¹ et FERMADAPT¹². Réalisation HCBC.

Des productions actuelles menacées

La poursuite du changement climatique pose la question du maintien possible des productions agricoles actuelles. Ainsi, la *figure 1* présente des dates d'avancées théoriques des cultures qui, dans la réalité, seront pour certaines incapables de se développer dans un climat plus chaud et contrasté au niveau de la pluviométrie saisonnière. **Au-delà de la modification des régimes moyens, l'augmentation en fréquence de certains événements extrêmes aura des impacts forts**

sur les productions céréalières : fortes pluies d'automne ou de printemps gênant les semis et labours, fortes chaleurs provoquant l'échouage pour le blé¹³ ou manque d'eau pour le maïs d'été. Pour beaucoup de cultures végétales, la pression des adventices, des ravageurs ou l'activité des auxiliaires seront également modifiées en intensité comme en termes de déphasage potentiel entre les cycles.

11 / <https://www.vegepolys-valley.eu/projet-climatveg/>

12 / <https://bretagne.chambres-agriculture.fr/chercheur-etudiant/nos-projets-de-recherche/climat-et-qualite-de-lair/fermadapt/>

13 / Beauvais F., 2022. <https://doi.org/10.1051/climat/202219003>

Pour l'élevage, les modélisations réalisées par Ceresco et Solagro sur le portail européen Agri4Cast indiquent une dégradation de la situation d'ici 2050 avec un nombre de jours d'inconfort thermique pour les bovins qui passera d'environ 10-15 jours par an actuellement à 20 jours par an pour le sud de la Bretagne, et pourrait atteindre 40 jours certaines années, si la tendance actuelle d'émissions des GES se maintient. Des adaptations sont possibles : fractionner la distribution de l'alimentation, offrir de l'ombre aux animaux au pâturage, adapter l'alimentation en favorisant les sources d'énergie à dégradation lente, maintenir les animaux en bâtiment si celui-ci a un nombre suffisant de points d'abreuvement et une ventilation suffisante ou migrer vers des races issues de régions plus chaudes. Dans tous les cas, les choix des stratégies d'adaptation devront être multicritères pour rendre les systèmes de production plus résilients dans un contexte de changement climatique.

Des risques futurs multiples et (re)combinés

L'impact du changement climatique sur les productions végétales dépend de la culture pratiquée, des capacités d'adaptation en termes de pratiques et de sélection variétale. L'avancement des stades phénologiques peut réduire l'impact de certains aléas (la sécheresse d'été pour le blé) ou en augmenter d'autres (les pluies intenses en période de semis). La *figure 2* reprend de manière systémique l'évolution probable des risques liés à trois types de productions végétales bretonnes actuelles. Des exemples détaillés par production et par région sont disponibles sur les sites des programmes FERMADAPT et CLIMATVEG, déjà cités.

Pour toutes les productions, l'intensification des précipitations en début et/ou fin de cycle pourrait être défavorable. Les fortes chaleurs seront surtout problématiques pour le blé (échaudage) et les pommiers¹⁴. **L'accentuation des dommages liés à la sécheresse estivale sera particulièrement préjudiciable pour les pommes et le maïs.** Les contraintes liées au gel et froid pourraient diminuer mais le gel tardif de printemps ne disparaît pas et la baisse du nombre de jours froids en automne et en hiver pourrait impacter la vernalisation du blé ou l'entrée en dormance et l'induction florale pour les fruitiers.

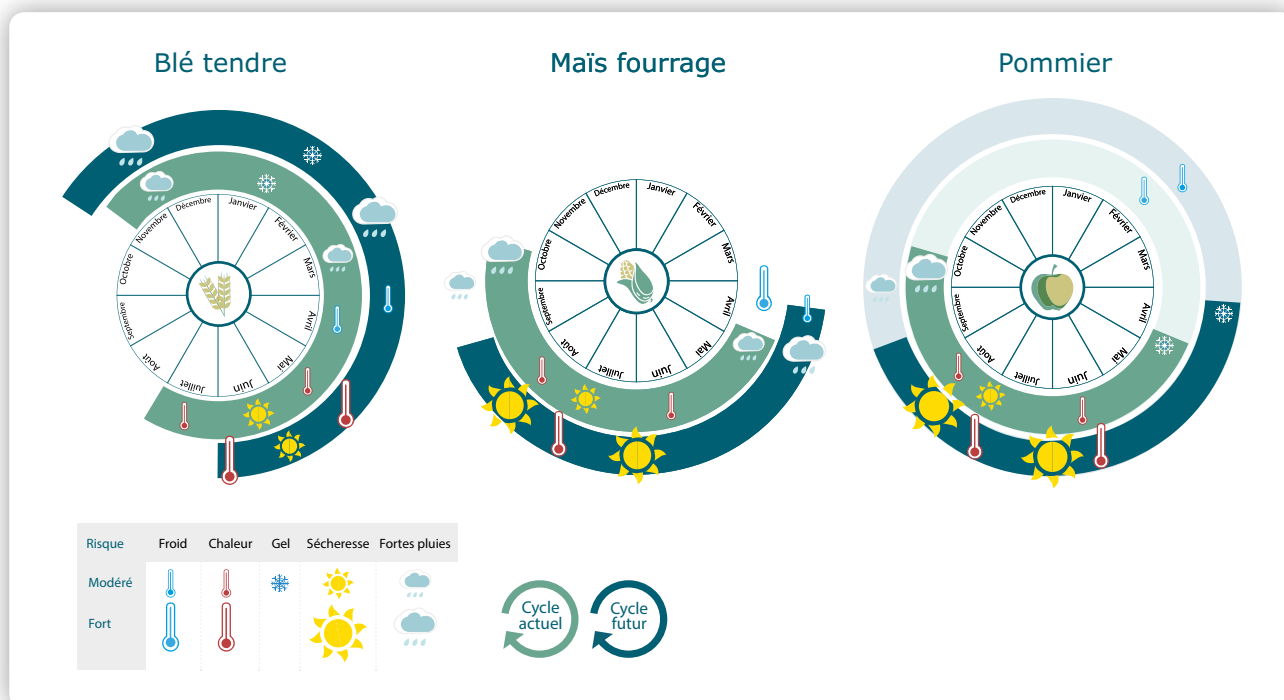


Figure 2: Evolution probable des risques climatiques associés aux cultures de blé tendre, maïs fourrage et pomme entre le climat actuel (cycle phénologique à l'intérieur en vert) et le climat futur (cycle phénologique à l'extérieur en bleu). Réalisation HCBC.

De nouvelles opportunités ?

Si certaines cultures semblent de moins en moins appropriées, voire condamnées à plus ou moins long terme, le changement des conditions climatiques permettra (et c'est déjà le cas) l'implantation (ou le retour) de nouvelles productions. Pour les plantes déjà présentes, l'acclimatation de variétés plus méridionales est aussi regardée de près par les professionnels. Puisque la température moyenne de Rennes d'aujourd'hui est celle de Bordeaux il y a 50 ans, **les possibilités d'adaptation pourront s'inspirer des pratiques adoptées au sud de la région.**

Depuis une dizaine d'années, les expérimentations sont nombreuses : pour la vigne, par exemple, les modifications réglementaires introduites en 2015 permettent désormais une production commerciale et de nouvelles parcelles apparaissent au-delà des limites historiques de son extension d'avant la crise du phylloxera¹⁵. De même, la culture du thé se développe depuis le début 2000. En plein champ, des essais de cultures d'arachides, de patates douces, de sorgho et de soja sont en cours montrant une capacité d'adaptation de l'agriculture bretonne.



🏠 De gauche à droite : parcelle de thé à Languidic (Morbihan), octobre 2023 et parcelle de vigne à Plouguiel (Côtes d'Armor), juillet 2023, © Valérie Bonnardot.

Changement climatique et santé des plantes

L'agriculture est le résultat d'une adaptation ancienne ou plus récente des pratiques (incluant le choix des espèces et des variétés cultivées) aux conditions pédoclimatiques locales. En conséquence, le changement climatique va se traduire par l'imposition de différents types de stress aux végétaux (canicules, sécheresse, ...). Cet accroissement du stress peut avoir des effets opposés en termes sanitaires. Dans de nombreux cas, les plantes affaiblies sont plus sensibles aux ravageurs et aux maladies, venant amplifier les effets négatifs des conditions météorologiques adverses. Inversement, il est fréquent que les plantes les plus vigoureuses soient également plus appétentes pour les ravageurs ou plus sensibles aux maladies. Dans ce cas, une amélioration des conditions sanitaires pourra partiellement compenser la réduction de productivité résultant de ces conditions adverses. Enfin et surtout, les changements climatiques impactent le développement des populations de ravageurs des cultures et les dynamiques épidémiques des maladies des plantes.

Le changement climatique impacte les ravageurs et maladies des plantes

Les études montrent qu'en l'absence de protection contre les ravageurs (parasites animaux) et maladies (fongiques, virales ou bactériennes), plus de 30% de la production agricole mondiale serait perdue¹⁶. Il est donc crucial pour la Bretagne, grande région agricole, d'anticiper les conséquences qu'aura l'évolution du climat sur la santé des végétaux cultivés et d'imaginer les moyens de faire face à ces nouvelles menaces. La plupart des ravageurs sont des organismes poïkilothermes (c'est-à-dire ne maîtrisant pas leur température corporelle). Leur métabolisme est donc très dépendant des températures auxquelles ils sont soumis. **Avec l'augmentation des températures, les ravageurs et les agents infectieux devraient ainsi être plus nombreux à coloniser les plantes cultivées, plus précocement, et devraient se développer plus rapidement, entraînant de fortes pullulations et épidémies.** Ainsi, chez les lépidoptères (famille des papillons) ravageurs, le nombre de générations annuelles présente un gradient nord-sud en France (de 1 à 2 voire 4 générations par an pour la tordeuse de la grappe, *Lobesia botrana* ou le carpocapse du pommier, *Cydia pomonella*)¹⁷. Le même

schéma s'observe pour les pathogènes réalisant plusieurs cycles annuels. Or, le nombre de générations est souvent un déterminant majeur de la nuisibilité de ces organismes.

La plupart des maladies sont causées par des champignons et nécessitent généralement un niveau élevé d'humidité pour se transmettre. Ainsi, les printemps et étés humides sont particulièrement favorables au développement d'épidémies (mildiou sur pomme de terre, tomate ou vigne). À noter, cependant, que les canicules estivales, dont la fréquence devrait augmenter en Bretagne, sont souvent défavorables au développement des populations d'insectes ravageurs¹⁸ et que de longues périodes de sécheresse peuvent provoquer une interruption des épidémies fongiques. **Par ailleurs, les changements climatiques vont modifier les aires de répartition des ravageurs et pathogènes avec une tendance à l'expansion vers les pôles,** du fait que leur distribution est plus sensible aux températures minimales subies qu'aux maximales¹⁹. On peut donc s'attendre à voir s'installer en Bretagne de nouvelles espèces à affinité plus méditerranéenne.

16 / Oerke & Dehne 2004. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.10.001>

17 / Reineke & Thierry 2016. <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0761-8>

18 / Wu et al. 2024. DOI : <https://doi.org/10.3390/insects15020100>

19 / Skendžic et al. 2021. <https://doi.org/10.3390/insects12050440>

La complexité des interactions rend l'anticipation difficile

Les principes exposés ci-dessus suggèrent une relation simple et mécanique entre climat et santé des plantes. L'accroissement des températures devrait entraîner des pullulations plus fréquentes des ravageurs. L'augmentation ou la réduction des précipitations devrait se traduire par une augmentation ou une réduction de la fréquence des épidémies fongiques. En réalité, la situation est plus complexe car résultant des interactions entre les organismes impliqués, tous sensibles aux modifications des conditions climatiques. Ainsi, si un accroissement des températures semble favorable au développement des populations de ravageurs, il impacte également la vitesse de développement des végétaux (et donc la durée de leur disponibilité pour les ravageurs) et celle des populations d'auxiliaires des cultures, ennemis naturels de ces ravageurs.

La synchronisation phénologique (plante, ravageur, ennemis naturels) est un déterminant majeur du succès parasitaire. Ainsi, par exemple, la colonisation des céréales d'hiver par les pucerons vecteurs de virus à l'automne nécessite que le semis ait eu lieu antérieurement au vol de colonisation. Le recul de cette date de vol, en l'absence de modification des dates de semis, entraînera un accroissement du risque pour l'agriculteur. D'une manière générale, prédire l'effet des changements climatiques nécessite d'évaluer leur impact sur les trois composantes du système et surtout sur leurs interactions. Cette prédiction est difficile et la recherche dans ce domaine est très insuffisamment développée pour que des prédictions fiables soient établies.

Des pistes d'adaptation reposant sur la diversification agricole existent

Une première piste d'adaptation repose sur l'adoption de nouvelles variétés ou de productions plus adaptées aux nouvelles conditions climatiques et sanitaires lorsqu'elles existent. En parallèle, il sera nécessaire de **repenser la sélection variétale en mettant l'accent sur une meilleure rusticité face aux aléas climatiques, aux ravageurs et aux maladies, plutôt qu'en recherchant la maximisation du rendement**²⁰. Les pratiques devront également s'adapter, avec, par exemple, la modification des dates d'implantation des cultures pour réduire leur vulnérabilité aux ravageurs et pathogènes.

Plus généralement, il sera nécessaire de faire évoluer les systèmes de production. Les menaces que fait peser l'agriculture conventionnelle intensive sur la biodiversité et sur la santé humaine et environnementale, notamment par sa dépendance aux intrants de synthèse (pesticides, fertilisants), conduisent déjà la profession à opérer une transition agroécologique. Il s'agit de réduire l'empreinte environnementale par la substitution des pratiques actuelles par des méthodes inspirées du fonctionnement des écosystèmes naturels (SFN - solutions fondées sur la nature). Or, la littérature montre que ces pratiques contribuent également à l'adaptation de l'agriculture aux changements climatiques et accroît sa résilience^{21, 22}.



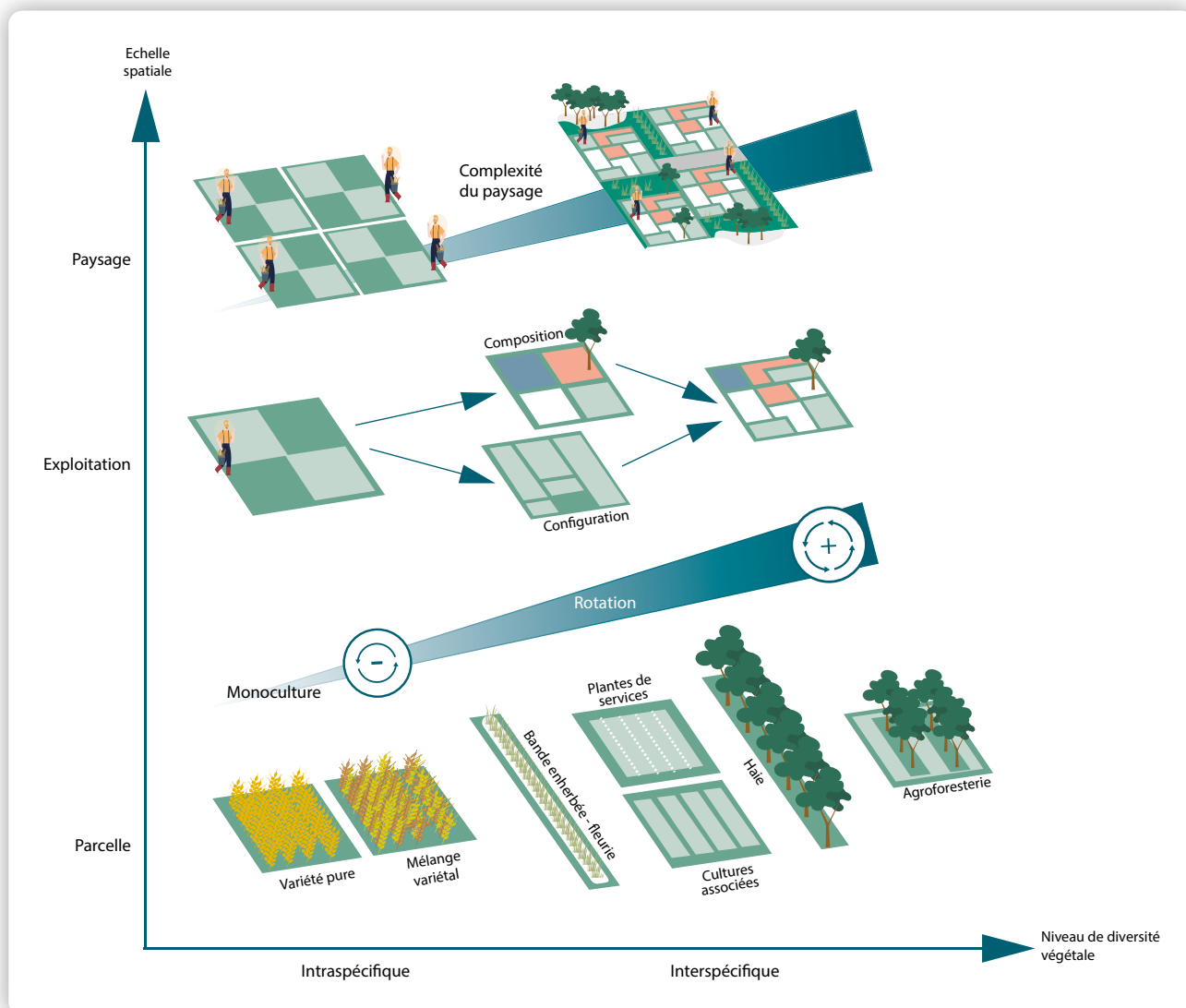
🌿 **Bande fleurie dans un champ étudiée dans le cadre d'un projet de recherche,**
© Benoît Canto.

20 / Rolland et al. 2012. « Courrier de l'environnement de l'INRA », n°62, décembre 2012, 71-85

21 / Altieri et al. 2015. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>

22 / Dittmer et al. 2023. <https://doi.org/10.1007/s00267-023-01816-x>

♥ **Figure 3** : Les différentes modalités de diversification considérées dans l'expertise scientifique collective (ESCo) "Protéger les cultures en augmentant la diversité végétale des espaces agricoles" (Tibi et al. 2023)



L'un des principes majeurs de la transition agroécologique est la diversification végétale²³, qui peut s'effectuer à différents niveaux (Figure 3). À l'échelle de la parcelle, un mélange de différentes variétés d'une même espèce ou de plusieurs espèces (blé et pois, par exemple) peut être cultivé. La diversification peut également intervenir par l'implantation de milieux semi-naturels autour des champs (maintien ou ajout de haies, bandes fleuries, bandes herbacées, plantes de services permettant d'attirer les auxiliaires ou de repousser les insectes ravageurs). À plus grande échelle (exploitation, voire paysage si une réflexion peut être menée sur plusieurs exploitations), la diversification des cultures pourra reposer sur une réduction de la taille des champs, une diversification des assolements et/ou un allongement de la durée des rotations.

La diversification végétale favorise la biodiversité, notamment les auxiliaires des cultures, en leur offrant des proies alternatives lorsque les insectes ravageurs ne sont pas encore présents et des refuges micro-climatiques leur permettant de s'abriter des épisodes de gel ou des vagues de chaleur.

Cependant, cette diversification végétale a un coût principalement porté par les agriculteurs quand les bénéfices en termes de protection de la biodiversité s'évaluent au niveau de la société. Des mesures d'accompagnement financier devront donc être mises en place pour développer ces pratiques à une échelle paysagère. Ceci nécessite d'évaluer économiquement les services écosystémiques par une approche pluridisciplinaire et d'interroger les mesures actuelles de soutien financier à l'agriculture.

23 / Tibi et al. 2023. « Protéger les cultures par la diversité végétale », Versailles, Editions Quae, 132 p.

Agriculture, paysage et territoire

L'agriculture est une actrice majeure du territoire, qui organise l'espace en fonction des potentialités du milieu (sol, relief, microclimat) et des choix technico-économiques des exploitants agricoles. À l'échelle locale, les parcelles forment des espaces fonctionnels et structurels qui servent de supports à la production. Aux niveaux supérieurs (terroir, micro-région, paysage, territoire), la mosaïque de ce parcellaire et des espaces interstitiels (dont les bords de parcelles) influence de nombreux processus biogéophysiques et écologiques. Les exploitants gèrent leurs parcelles et aménagements pour assurer leurs différentes productions, souvent en rotation, et des fonctions agroécologiques. La perception sensible par l'homme de cette mosaïque et des services écosystémiques rendus correspond aux aménités paysagères, très liées aux valeurs patrimoniales.

Vers une gestion intégrée du territoire

Les dynamiques influencées par les pratiques et la mosaïque agricoles sont nombreuses, avec des effets de circulation, de réservoir et de transformation. Il en va ainsi de l'eau et des matières qu'elle transporte (matériaux d'érosion et de sédimentation, éléments chimiques naturels et artificiels...) ; de l'air, réceptacle et vecteur des émissions gazeuses et des aérosols ; d'agents biologiques (éléments de biodiversité, incluant les auxiliaires et ravageurs de cultures). La météorologie locale (et donc le climat local) est également très influencée par la composition et la rugosité de cette mosaïque, déterminant localement une partie des précipitations et de l'évapotranspiration, la genèse des écoulements et de l'érosion, l'alimentation des sols et des zones humides, le confort des animaux. En cas d'événement extrême (tempête, pluie-humidité-cruel, sécheresse, canicule, incendie, attaque sanitaire...), l'organisation de la mosaïque (diversité, densité, orientation, connectivité) détermine la vulnérabilité, la robustesse et la résilience de l'ensemble productif et environnemental.

Les effets des aménagements et des pratiques sont nombreux et interconnectés, parfois explicites et recherchés, parfois méconnus, implicites et/ou négligés ; d'autant qu'ils émergent aux échelles paysagère et territoriale qui agrègent plusieurs exploitations agricoles dont les parcelles sont souvent disjointes, et d'autres emprises. Compte tenu des effets à venir du changement climatique, les agriculteurs doivent pouvoir activer des leviers paysagers et territoriaux pour améliorer leurs capacités d'adaptation. En outre, des évolutions ont émergé, telles que la production de cultures énergétiques ou supports de méthanisation, l'implantation de panneaux solaires au sol et sur les toits de bâtiments agricoles, la construction de retenues de substitution pour sécuriser l'approvisionnement hydrique des cultures par irrigation, la perte de terres agricoles par (péri-)urbanisation. Ces tendances questionnent le nexus agriculture-eau-énergie, la destination du foncier agricole et la gestion intégrée de l'eau avec de fortes controverses socio-techniques. **Les enjeux de l'adaptation demandent l'élaboration d'un nouveau paradigme régional, alimenté par des études scientifiques^{24, 25}, décliné en politiques publiques, et au service de la sécurisation d'une agriculture raisonnée et robuste ; et non pas d'une course à la sur-intensification assortie d'effets rebond et de paradoxes^{26, 27}.**

24 / Richard et al., 2018, <https://www.quae-open.com/produit/103/9782759229383/une-agronomie-pour-le-xxie-siecle>

25 / Carof et al., 2022, [10.1016/j.scitotenv.2022.156022](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156022)

26 / Di Baldassare et al., 2019, [10.1029/2018WR02390](https://doi.org/10.1029/2018WR02390)

27 / Godinot et al., 2024, [10.1016/j.agsy.2024.104137](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.104137)

Cela oblige à envisager des horizons de transformation à moyen et long termes, accompagnés de fortes incertitudes, et à chercher des mesures systémiques et synergiques avec les autres enjeux de transformation. Par ailleurs, la société attend des agriculteurs qu'ils assurent des services en plus de la production, au titre de la multifonctionnalité²⁸. Cela implique un nouveau contrat de société qui s'appuie sur une reconnaissance des efforts et des coûts induits par cette multifonctionnalité, au-delà des Mesures Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC) actuelles, ainsi que sur des arbitrages forts. Face à la complexité agro-écologico-climatique et à son évolution à venir, la connaissance est incomplète mais les pistes peuvent être déduites de la rétrospective bretonne, des recherches en cours, de territoires pionniers et d'expériences étrangères.



Une redécouverte des vertus du bocage

Au cours de l'histoire bretonne, les remembrements, débocagements, drainages et recalibrages qui ont accompagné l'intensification de la production agricole post 1945 ont eu de nombreux effets pervers. Une dynamique est à l'œuvre depuis la fin des années 1990 qui associe des changements de pratiques et des SFN – Solutions Fondées sur la Nature (protection et restauration des sols, des zones humides et du bocage) avec des objectifs de reconquête de la qualité de l'eau, de ralentissement des écoulements, et de facilitation d'interactions agroécologiques²⁹. **La transformation vertueuse est profonde au sein de nombreuses exploitations allant de l'adoption de pratiques moins intensives à la conversion biologique et l'expérimentation de pratiques agroécologiques. Mais l'absence de transformation généralisée et l'inertie de certains processus biogéophysiques limitent les effets positifs émergents aux niveaux agrégés.** Les effets visés sont globalement en synergie avec l'adaptation au changement climatique, et donc ces efforts doivent être amplifiés,

avec d'éventuels ajustements (e.g. organisation géométrique des structures, choix des essences...) afin de contribuer à tamponner la variabilité et les extrêmes météorologiques et des processus météo-dépendants dont la dynamique de certaines maladies, l'intermittence et la connexion-déconnexion de certains compartiments hydrologiques³⁰ qui parfois intensifient l'émission de polluants aquatiques et atmosphériques³¹.

L'objectivation et la perception du changement climatique sont plus tardives en Bretagne que dans d'autres régions. Des travaux de recherche-développement en agronomie territoriale sont en cours et les premiers résultats confirment l'intérêt des (infra-)structures paysagères, de la diversification intra- et inter-parcelles et des décalages de semis. Ces niveaux d'action emboîtés permettent de jouer sur la complémentarité des parcelles ; sur le redimensionnement des exploitations en accord avec leurs ressources³² ; sur des associations agroforestières pour tamponner les processus en années contrastées³³ ; sur le stockage de carbone et la teneur en eau dans les sols³⁴.

28 / Le Caro, 2015, <https://univ-rennes2.hal.science/hal-01580764v1>

29 / Caquet et al., 2020, <https://www.quae.com/produit/1620/9782759231300/agroecologie-des-recherches-pour-la-transition-des-filières-et-des-territoires>

30 / Fovet et al., 2021, <https://doi.org/10.1002/wat2.15><https://doi.org/10.1002/wat2.1523>

31 / Dupas et al., 2024, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122108> ; Bedos et al., 2019, 10.35690/978-2-7592-2938-3

32 / Réseau CIVAM et Réseau Action Climat, 2023, <https://www.civam.org/ressources/reseau-civam/agriculture-durable-thematique/rapport-resilience-de-lagroecologie-face-aux-crisis-economiques-et-climatiques/>

33 / Mettauer et al., 2024, <https://doi.org/10.1186/s13717-024-00538-0>

34 / Lesaint et al., 2023, <https://doi.org/10.1111/sum.12928> ; Soltani et al., 2019, <https://doi.org/10.1111/ejss.12725>



Des exemples inspirants

L'accompagnement des transformations agricoles pour gagner en robustesse et en résilience face au changement climatique, dans une perspective paysagère et territoriale, passe par l'identification de systèmes cohérents et l'orchestration des actions avec le jeu d'acteurs ad hoc. Certains bassins versants ont fait l'objet de plans d'actions agricoles ambitieux dont il faut tirer les leçons, en particulier en termes d'organisation des pratiques selon leur intensification ("*land sparing vs. land sharing*"³⁵). Les PNRs – Parcs Naturels Régionaux associent les porteurs d'enjeux, comme le nouveau PNR Vallée de la Rance - Côte d'Emeraude avec l'arboriculture qui oblige à se projeter vers un horizon lointain fortement impacté par le changement climatique. De même, les îles sont des systèmes bien délimités, sentinelles du changement climatique, et les enjeux agricoles y sont appréhendés par une recherche participative régionale (ENEZBZH) portée par le RAIA – Réseau Agricole des Îles de l'Atlantique. De nouvelles pratiques pédagogiques de l'enseignement agricole permettent quant à elles de développer des compétences intégrées à travers des projets territoriaux et des observatoires. Dans toutes ces régions, **le paysage agricole participe**

à une certaine identité régionale, un patrimoine souvent valorisé sur le plan touristique et dont le maintien est aujourd'hui questionné par le changement climatique.

Des exemples étrangers méritent par ailleurs d'être examinés, en particulier lorsqu'ils concernent des climats et secteurs agricoles comparables à ceux de la Bretagne. L'Irlande travaille actuellement à renforcer sa coordination de l'ensemble du secteur agri-alimentaire en tant que démonstrateur du partenariat européen KIC-Climat³⁶. Le Danemark vient, quant à lui, de promulguer une loi très ambitieuse qui crée une taxe carbone sur l'élevage, dans le but d'encourager les exploitations à se transformer avec réduction des émissions de méthane et d'azote, et de réinvestir dans la transformation de 10% de la surface agricole nationale en forêts. L'inspiration doit aussi être recherchée dans des expériences d'adaptation plus au Sud, sous des climats qui peuvent ressembler au futur climat breton, en particulier lorsqu'une similitude de milieu physique permet de regarder en détail les relations entre mosaïque agricole et climat.

35 / Desquilbet et al., 2013, <https://doi.org/10.17180/qmd6-2b60>

36 / <https://www.climate-kic.org/sustainablefoodireland/>

Agriculture et changement climatique : des défis pour la santé humaine

L'impact du changement climatique sur la santé humaine est largement documenté par la communauté scientifique, qui reconnaît la crise climatique comme « ... la plus grande menace sanitaire planétaire à laquelle le monde est confronté au XXI^e siècle, mais aussi la plus grande opportunité de redéfinir les déterminants sociaux et environnementaux de la santé »^{37,38}. Parmi les 47 indicateurs de santé publique suivis par le Lancet Countdown³⁹ depuis 2015, plusieurs, tels que les rendements des cultures, la sécurité alimentaire ou la disponibilité de l'eau pour l'irrigation, témoignent de l'importance de l'agriculture dans les impacts sanitaires liés au changement climatique.

Le changement climatique, un amplificateur des impacts sanitaires de l'agriculture

Le changement climatique ne constitue pas seulement un risque spécifique, mais c'est aussi un amplificateur d'autres risques. Les modifications des conditions climatiques moyennes et la fréquence accrue des phénomènes météorologiques extrêmes provoquent des effets en cascade qui affectent directement ou indirectement toutes les composantes de l'environnement et de la santé (humaine, animale, végétale). L'ampleur et les types de risques sanitaires sont conditionnés par de nombreux processus environnementaux, socio-économiques et politiques complexes dont beaucoup sont largement influencés par l'agriculture, à travers ses différentes politiques et types de pratiques⁴⁰. Ainsi, certains risques sanitaires générés par l'agriculture comme les risques liés à l'usage des pesticides peuvent être exacerbés par le changement climatique.

Un récent travail (Yang et al. 2024)⁴¹ témoigne de la manière dont le changement climatique est susceptible d'amplifier les impacts environnementaux de l'agriculture.

Ces travaux aboutissent à deux conclusions majeures (Figure 4 partie A). Premièrement, **le changement climatique aggravera probablement certains facteurs qui nuisent déjà directement à la productivité agricole**, par exemple en réduisant l'efficacité des produits agrochimiques, en augmentant leur perte dans l'environnement, en augmentant la pression des ravageurs des cultures, ou en favorisant l'érosion des sols. Deuxièmement, **la réponse de l'agriculture au changement climatique pourrait créer une boucle de rétroaction, augmentant par de multiples voies les émissions de GES du secteur** (déjà un cinquième des émissions mondiales). Par exemple, une réduction des émissions liées à l'élevage pourrait être contrebalancée par des augmentations dans d'autres secteurs, si plus de produits agrochimiques sont utilisés pour compenser leur perte d'efficacité ; si des conditions plus sèches nécessitent une irrigation plus énergivore et intensive en carbone ; ou si des pertes accrues de nutriments amplifient les émissions biogéniques de GES dans les systèmes aquatiques.

37 / Romanello et al., [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(23\)01859-7/abstract](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(23)01859-7/abstract)

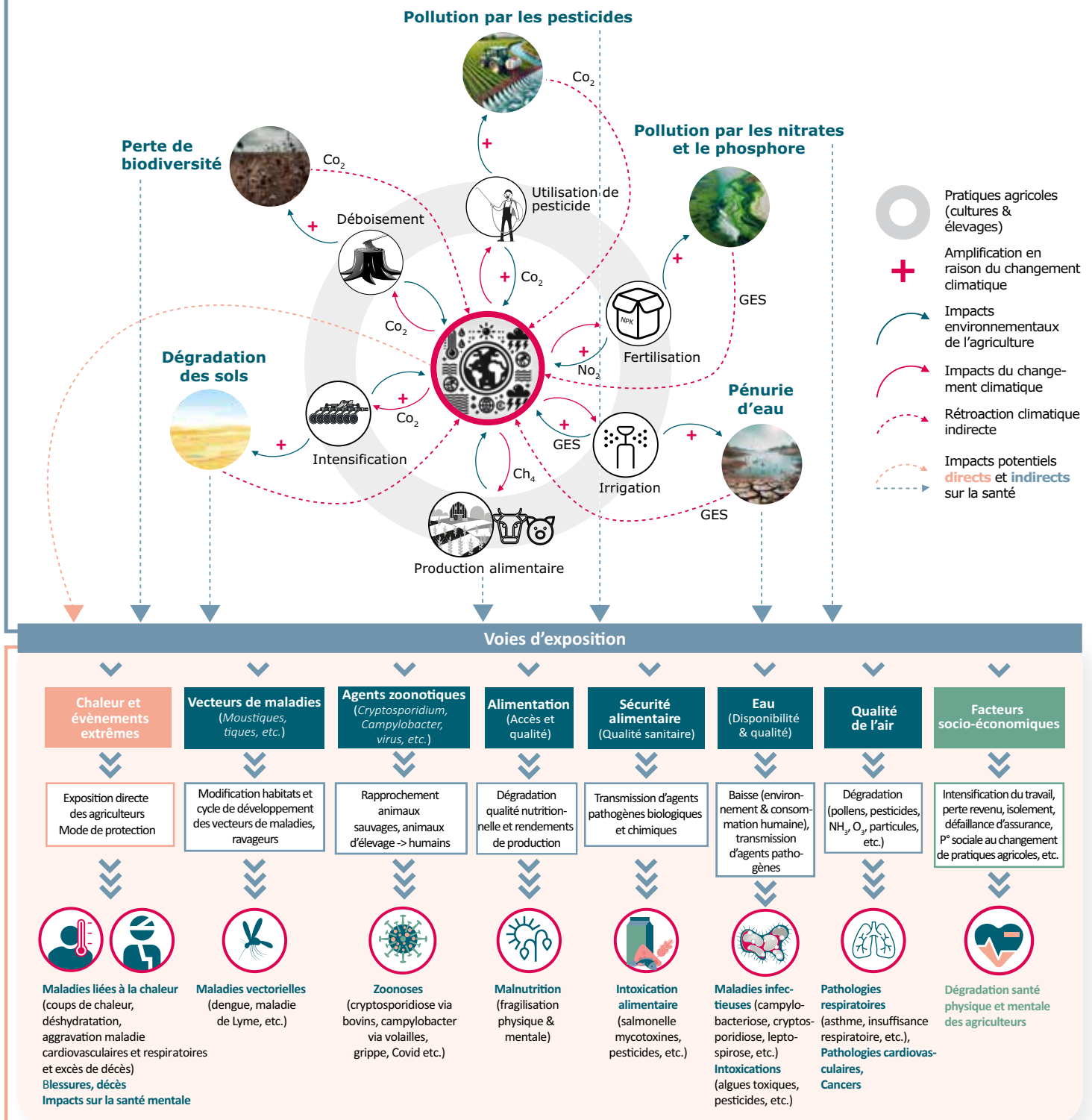
38 / Pan American Health Organisation Web. 28 Jan. 2025 <https://www.paho.org/en/topics/climate-change-and-health>

39 / Lancet Countdown. « Lancet Countdown on Health and Climate Change Web ». 4 Dec. 2024. <https://www.lancetcountdown.org>

40 / Haines et Ebi, 2019 <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra1807873>

Partie A : Principaux impacts environnementaux des systèmes agricoles et effets potentiellement aggravants du changement climatique (cercle au centre)

Source : extrait et traduit de Yang et al, 2024



Partie B : Principaux impacts potentiels directs et indirects sur la santé humaine

Source : A. Roué Le Gall - HCBC (créée à partir de Haines et Ebi, 2019 et revue de littérature)

Figure 4 : Risques sanitaires liés aux impacts environnementaux de l'agriculture dans un contexte de changement climatique. Réalisation HCBC.

La *figure 4 (partie A)* est reprise de Yang et al. (2024) et a été complétée (*partie B*) avec l'objectif d'identifier l'ensemble des impacts sanitaires potentiels liés aux systèmes agricoles en adoptant une approche systémique et sur la base de synthèse des connaissances disponibles^{42,43,44}. Elle permet d'illustrer la large gamme d'impacts sanitaires potentiels, directs et indirects via différentes voies d'exposition :

et mécanismes d'action, influencés par les pratiques agricoles (cultures et élevages) dans un contexte de changement climatique.

Pour interpréter la *figure 4*, quelques exemples de mécanismes conduisant aux impacts sur la santé sont explicités ci-après.



📍 **Traitement insecticide contre le charançon du colza** ©AdobeStock

La santé des agriculteurs directement impactée

Les impacts directs, résultant des modifications des caractéristiques climatiques et/ou des événements climatiques extrêmes à court terme, affectent la santé humaine, notamment celle des agriculteurs⁴⁵. Ils se traduisent, notamment, par l'augmentation des blessures et des décès dus aux événements extrêmes et l'augmentation des maladies liées à la chaleur. Les vagues de chaleur de plus en plus

fréquentes et intenses, augmentent les risques de coups de chaleur, de déshydratation, d'aggravation des maladies cardiovasculaires et respiratoires pouvant aller jusqu'au décès. L'intensification des événements climatiques extrêmes (tempête, inondations etc.) peut également entraîner des troubles de la santé mentale, comme l'anxiété, la dépression et un stress post-traumatique.

41 / Yang et al., 2024 <https://www.science.org/doi/10.1126/science.adn3747>

42 / Owino et al., 2022 <https://www.frontiersin.org/journals/climate/articles/10.3389/fclim.2022.941842/full>

43 / Ebi et al., 2018 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aac4bd>

44 / Hawkes et Ruel, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17242835/>

45 / El Khayat et al., 2022 <https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2022.782811/full>

De multiples impacts indirects sur la santé

Les impacts indirects liés aux pratiques agricoles résultent d'une chaîne de conséquences impliquant divers facteurs environnementaux et socio-économiques. Par exemple, les sécheresses et les inondations peuvent affecter la production agricole et la disponibilité en eau⁴⁶, augmentant ainsi le risque de maladies liées à l'insécurité alimentaire et hydrique. La dégradation des écosystèmes, exacerbée par les pratiques agricoles (perte de biodiversité due à l'arasement des haies, dégradation et artificialisation des sols, etc.), peut modifier les habitats et le cycle de développement des vecteurs de maladies (moustiques, tiques, etc.), et accroître la propagation de maladies vectorielles (dengue, maladie de Lyme, etc.)⁴⁷. De même, l'augmentation de la pollution des écosystèmes aquatiques, terrestres et aériens par les produits agrochimiques (pesticides et engrais) accroît le risque de maladies infectieuses et d'intoxications alimentaires via la consommation d'aliments ou d'eau contaminés. La raréfaction des plans

d'eau induite par les sécheresses et la concentration de l'avifaune sauvage sur les quelques plans d'eau restants est un facteur de propagation connu des épidémies de grippe aviaire qui peuvent ensuite se propager aux élevages domestiques. De plus, l'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone a des effets néfastes sur la qualité nutritionnelle des principales cultures céréalières, telles que le riz et le blé, en réduisant notamment les niveaux de protéines, de micronutriments et de vitamines. **Le risque accru de zoonoses peut s'expliquer par différents mécanismes conduisant à une promiscuité accrue entre animaux sauvages et animaux d'élevage et/ou humains.** Enfin, soulignons l'importance du rôle clé de nombreux facteurs socio-économiques (accès à une assurance, pression sociale au changement, intensification du travail, perte de revenus, etc.) en tant que facteurs majeurs qui influencent la gravité des impacts sur la santé physique et mentale des agriculteurs⁴⁸ et de leurs familles.

Mobiliser le concept « One health »

Ces dernières années, une prise de conscience généralisée des interconnexions étroites et complexes entre les différents types de santé (humaine, animale domestique et sauvage, environnementale, végétale) s'est imposée et a conduit à l'élaboration du cadre conceptuel « *One Health*⁴⁹ » (une seule santé) pour soutenir des approches intégrées et unificatrices de ces santé. On pense à la crise du COVID dont l'émergence a été attribuée, notamment, à l'accroissement des risques de transfert de pathogènes de la faune sauvage aux humains, lié à la détérioration de l'environnement naturel, mais également aux habitudes alimentaires et à l'organisation des modes de commercialisation. On peut également mentionner la menace que fait peser sur les élevages bretons la récurrence d'apparition de foyers de grippe aviaire, dont les populations d'oiseaux sauvages constituent le réservoir⁵⁰ et qui posent des questions quant aux modes de gestion des populations sauvages et à l'organisation des systèmes d'élevage avec des conséquences potentiellement majeures sur la santé économique des exploitations et la santé mentale des exploi-

tants. On rappellera, par ailleurs, que les pandémies humaines de grippe résultent généralement d'échange entre des souches humaines, porcines et aviaires⁵¹. La complexité de ces interactions requiert leur appréhension simultanée par des spécialistes originaires de nombreuses disciplines (médecins, vétérinaires, écologues, généticiens, agronomes, économistes, sociologues, psychologues, ...). À l'évidence, le monde agricole est un domaine particulier dans lequel s'expriment de nombreuses interfaces (économie/société, nature/culture, domestique/sauvage, environnement naturel/anthropisé, terrestre/aquatique, etc.), toutes fortement impactées par le climat et son évolution, avec des conséquences potentiellement majeures sur les différents types de santé, et singulièrement la santé humaine. **Il est crucial, pour une région fortement agricole comme la Bretagne, de rester attentive aux conséquences éventuelles sur la santé du changement climatique en cours, par une approche pluridisciplinaire et intersectorielle, telle que proposée par le concept One Health.**

46 / Lesk et al., 2016 <https://www.nature.com/articles/nature16467>

47 / Skinner et al., 2023 DOI:10.1038/s41893-023-01080-1

48 / Berry et al., 2011 DOI: 10.1177/1010539510392556

49 / One Health High-Level Expert Panel (OHHLEP) et al., 2023 <https://journals.plos.org/plospathogens/article?id=10.1371/journal.ppat.1010537>

50 / <https://www.morbihan.gouv.fr/Actualites/Actus/Influenza-aviaire-Extension-de-la-zone-de-protection-et-de-surveillance-en-Morbihan-2-nov.-2024#:~:text=Un%20nouveau%20foyer%20d'influenza,origine%20probable%20de%20la%20contamination>

51 / Zimmer et Burke, 2009 DOI: 10.1056/NEJMra0904322

Le méthane, un gaz à effet de serre à surveiller

Les activités humaines génèrent principalement du gaz carbonique (CO₂), mais l'agriculture émet aussi deux autres gaz à effet de serre en quantité importante : le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O). Ces trois gaz sont les principaux contributeurs du réchauffement climatique à l'échelle planétaire, et leur concentration augmente⁵².

Un fort pouvoir de réchauffement

Le pouvoir de réchauffement global d'un gaz à effet de serre est lié à la fois à sa concentration dans l'atmosphère, sa faculté à retenir le rayonnement infrarouge émis par la surface de la terre (efficacité radiative) et par son temps de séjour dans l'atmosphère. Ces paramètres varient très fortement selon les gaz. Le gaz carbonique est très stable chimiquement dans l'atmosphère et on estime que dans 1000 ans, il restera encore 20% du CO₂ émis aujourd'hui. En revanche, le protoxyde d'azote réagit chimiquement dans la haute atmosphère et son temps de séjour « moyen » dans l'atmosphère est d'environ 110 ans. Le méthane réagit quant à lui dans la basse atmosphère en 12 ans environ, puis il se transforme partiellement en CO₂.

Ainsi, selon l'indicateur de changement climatique défini par le GIEC, qui estime la contribution des gaz au réchauffement climatique sur une période de 100 ans, **une tonne de méthane d'origine fossile réchauffe environ 30 fois plus qu'une tonne de CO₂** et le protoxyde d'azote 273 fois plus⁵³. Mais si on considère la contribution à plus court terme (20 ans), le méthane réchauffe 83 fois plus que le CO₂. Cette contribution à court terme doit être prise en compte puisque les politiques publiques fixent des objectifs pour 2050, voire pour 2030.

Une origine essentiellement agricole

La *figure 5* montre la contribution au changement climatique à court et moyen termes des différents gaz à effet de serre émis en France et en Bretagne en 2020. En France, les émissions de méthane proviennent à 68% de l'agriculture, le reste étant lié aux secteurs des déchets et de l'énergie. En Bretagne, l'agriculture émet du méthane du fait de l'élevage (sa source principale est la fermentation dans l'estomac des ruminants) et du CO₂, du CH₄ et du N₂O directement sur les champs par l'utilisation d'engrais d'origine fossile et l'épandage de lisier et de fumier. D'après l'OEB⁵⁴ en 2020, **l'agriculture représente 40% des émissions⁵⁵ de gaz à effet de serre en Bretagne et 58% de l'impact climatique de l'agriculture bretonne est dû au méthane**. Il est urgent de limiter ces émissions afin d'éviter

un pic de température globale qui dépasserait 2°C. Un tel pic, même temporaire, causerait des pertes irréparables pour les écosystèmes terrestres et marins.

Lors de la COP 26 (2021), la France s'est engagée à réduire ses émissions de méthane de 30% en 2030 par rapport au niveau de 2020. Cependant, le Haut Conseil pour le Climat⁵⁶ souligne que les émissions de méthane du secteur agricole français ont encore peu baissé et qu'une réduction rapide est nécessaire pour tenir l'engagement national. Atteindre cet objectif nécessite à la fois un changement des pratiques alimentaires dans notre société (frugalité, limitation de la viande dans nos assiettes) et une adaptation des pratiques culturales.

52 / Selon le dernier rapport du GIEC, depuis 1750 la concentration de CO₂ a augmenté de 47%, celle de CH₄ de 156% et celle de N₂O de 23% (IPCC AR6 WG1, chapitre 5)

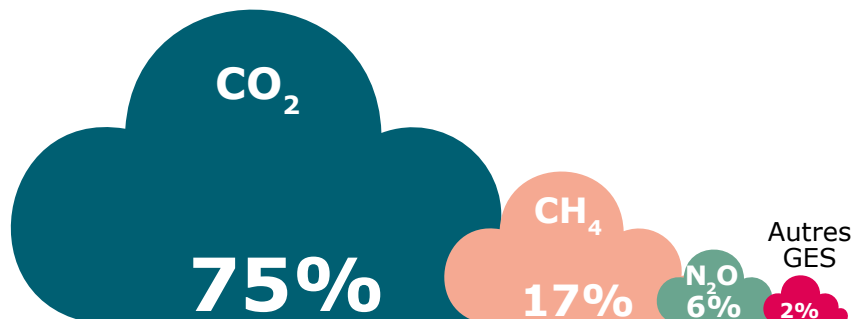
53 / Ces chiffres sont fondés sur des calculs complexes et révisés à chaque rapport du GIEC. Les potentiels de réchauffement donnés ici sont ceux du 6^{ème} rapport. Ceux du 5^{ème} rapport (28 pour CH₄ et 265 pour N₂O) sont peu différents et sont encore utilisés.

54 / OEB, 2023. « Les émissions de gaz à effet de serre en Bretagne », <https://bretagne-environnement.fr/tableau-de-bord/les-emissions-de-gaz-effet-de-serre-en-bretagne>

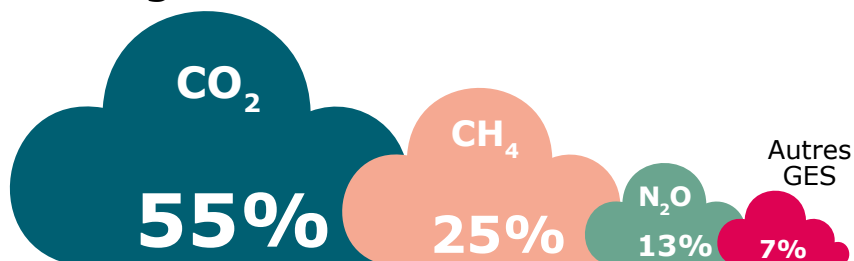
55 / Il s'agit ici de l'impact réchauffant des émissions, mesuré en équivalent CO₂

56 / <https://www.hautconseilclimat.fr/publications/accelerer-la-transition-climatique-avec-un-systeme-alimentaire-bas-carbone-resilient-et-juste/>
<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lempreinte-carbone-de-la-france-de-1995-2022>

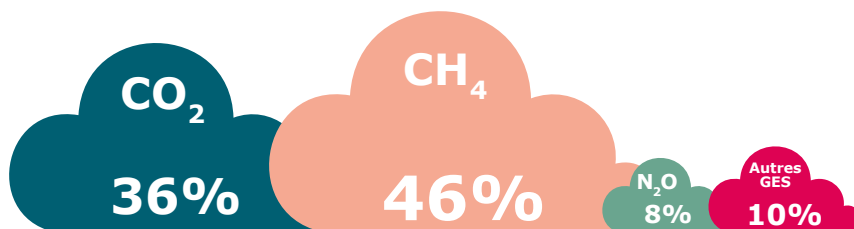
France contribution à 100 ans







Bretagne contribution à 100 ans



Bretagne contribution à 20 ans



-  CO₂ Dioxyde de carbone
Temps de perturbation dans l'atmosphère > 1000 ans
-  CH₄ Méthane
Temps de perturbation dans l'atmosphère ~ 12 ans
-  N₂O Protoxyde d'azote
Temps de perturbation dans l'atmosphère ~ 110 ans
-  Autres GES

 **Figure 5 : Part de contribution au réchauffement climatique des différents gaz à effet de serre émis en France⁵⁷ et en Bretagne⁵⁸, à court terme (20 ans) et à moyen terme (100 ans), chiffres 2020. Réalisation HCBC.**

57 / <https://www.notre-environnement.gouv.fr/actualites/breves/article/changement-climatique-de-nouveaux-chiffres-cles-pour-comprendre-les-enjeux>

58 / OEB, op. cit.

L'élevage au cœur des enjeux de réduction des émissions

La Bretagne est une région leader dans les productions animales. Plus de la moitié des porcs du pays, un tiers de la production avicole nationale, et le quart du lait de vache français y sont produits. Cette forte concentration de l'élevage en Bretagne a permis le développement d'une industrie agroalimentaire représentant 9% des emplois régionaux, leader mondial pour l'industrie laitière. Cependant, cette concentration des élevages sur un territoire limité est aussi à l'origine de problématiques environnementales importantes, comme les émissions de gaz à effet de serre et la dégradation de différents indicateurs environnementaux.

L'élevage, le secteur le plus émetteur de gaz à effet de serre en Bretagne

Au total, les émissions de GES pour le secteur agricole en Bretagne représentent près de 14,3 MteqCO₂ par an en 2016⁵⁹. Près de 70% de ces émissions sont des émissions directes émises sur le territoire, le reste correspondant aux émissions provenant des intrants utilisés par les fermes bretonnes. La fermentation entérique des ruminants constitue la principale source d'émissions de GES pour la région, sous forme de méthane (30% des émissions). Puis vient l'importation des aliments pour le bétail, représentant 25% des émissions. La densité bretonne en animaux, trois fois supérieure à la densité nationale, induit en effet des besoins importants en nourriture⁶⁰. Ainsi, **il faut deux fois la surface agricole utile bretonne pour nourrir ce cheptel, obligeant à s'approvisionner dans les autres régions du monde pour couvrir les besoins en protéines végétales**, notamment sous forme de tourteau de soja du Brésil. Une autre part importante des émissions de GES (20%) est liée au cycle de l'azote.

Ainsi, le protoxyde d'azote N₂O, puissant GES lié à l'apport d'azote au niveau des sols sous forme d'engrais minéraux et organiques, est l'un des deux principaux GES émis par l'agriculture. Le stockage des effluents est aussi à l'origine de 11% des émissions essentiellement sous forme de méthane pour le lisier et de méthane ou protoxyde d'azote suivant la méthode de stockage pour le fumier. La consommation directe d'énergie (carburant, électricité) représente enfin seulement 7% des émissions. Les émissions de GES par le secteur agricole en Bretagne sont donc liées essentiellement à l'élevage prédominant.



Génisses d'un élevage laitier bio sur une prairie permanente avec une gestion du pâturage au fil à Saint Urbain, dans le Finistère. Les haies entourant les pâtures améliorent le bien-être des animaux en les protégeant du vent et des fortes chaleurs. Les arbres constituent aussi d'importants puits de carbone complémentaires aux sols des prairies permanentes, © Sabine Roussel.

59 / Ceresco & Solagro, 2023 <https://www.ambition-climat-energie.bzh/wp-content/uploads/2024/07/Etude-GES-agricoles-rapport-final-vf.pdf>

60 / Agreste, https://draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/memento_a5_2022_complet.pdf

Comment sont évaluées les émissions de GES sur les élevages ?

Les différentes filières agricoles ont mis en place des outils afin de leur permettre d'améliorer le bilan carbone au niveau des élevages. Plusieurs logiciels ont ainsi été développés comme GEEP® développé par l'IFIP pour la production porcine, ou CAP'2ER® développé par l'institut de l'élevage pour la production bovine. Le bilan intègre les émissions de GES et le stockage du carbone. Plusieurs leviers peuvent être actionnés pour améliorer le bilan global en fonction des objectifs et des attentes des éleveurs. Pour les ruminants, la réduction des intrants importés comme le tourteau de soja, une optimisation du renouvellement du troupeau

et des techniques d'enfouissement des effluents d'élevage, une réduction de la part de l'azote minéral apportée aux cultures, une augmentation du stockage carbone dans les sols et la biomasse avec la mise en place de prairies permanentes et de haies sont prises en compte. La production d'énergie à partir de vecteurs énergétiques décarbonés (panneaux photovoltaïques, petits méthaniseurs) permet aussi une meilleure autonomie des exploitations. Pour les élevages de monogastriques (porcs et volailles), la principale marge de manœuvre concerne l'alimentation, qui est souvent importée, la gestion des effluents ainsi que l'amélioration des performances techniques.

Quels scénarios pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ?

Pour atteindre la neutralité carbone, des efforts conséquents pour tous les secteurs sont à prévoir. Au niveau français, la stratégie nationale bas-carbone recommande une baisse de 50% des émissions de GES du secteur agricole à l'horizon 2050. Pour y arriver, deux scénarios prospectifs représentant deux visions différentes ont été approfondis récemment pour la Bretagne⁶¹. Le premier scénario s'appuie sur une diversification des agricultures bretonnes avec adéquation entre les capacités biophysiques du territoire et de la production, privilégiant les produits sous signes officiels de qualité (Agriculture Biologique, Label Rouge, etc...) avec des systèmes à bas niveau d'intrants.

Le deuxième scénario vise à optimiser les systèmes par le progrès zootechnique et l'intensification des modes de production.

La modélisation montre que l'optimisation des leviers énergétiques et agronomiques seuls ne permettent qu'une baisse des émissions de 15 à 20% maximum. Pour atteindre les objectifs de réduction de 50%, une modification structurelle des systèmes de production est obligatoire avec une baisse des productions animales et de certaines productions végétales. Ces deux scénarios permettent néanmoins un meilleur maintien de l'élevage par rapport aux tendances de réduction du cheptel observées actuellement. À contrario du scénario sur l'intensification des modes de production, il est important de noter que seul le scénario privilégiant la désintensification et la diversification permet d'améliorer les autres critères environnementaux comme la qualité de l'eau, de l'air ou encore la biodiversité, rejoignant les modélisations réalisées au niveau européen et mondial sur ces enjeux⁶². Le scénario basé sur la désintensification ne permet toutefois pas de nourrir autant de personnes en protéines animales, impliquant donc un régime plus sobre, mais correspondant mieux aux besoins moyens quotidiens réels. En effet, notre régime trop riche en énergie, en gras et en protéines est à l'origine de nombreuses maladies comme le diabète de type 2, en plein développement⁶³.



61 / Ceresco & Solagro 2023, op. cit.

62 / Poux et Aubert, IDDRI, 2018 https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/Catalogue%20Iddri/Etude/201809-ST0918-tyfa_1.pdf

63 / Réseau CIVAM, 2024 https://www.civam.org/wp-content/uploads/2024/09/RAP-CoutCache2024_VF.pdf



Quels leviers pour agir ?

Pour pouvoir adopter de nouvelles pratiques agricoles bas carbone, mais aussi résilientes face aux changements globaux, de nombreux choix stratégiques devront être mis en place pour accompagner financièrement les filières animales⁶⁴. Les éleveurs sont touchés par une précarité économique importante : dans la filière viande bovine et lait, un sur quatre vit sous le seuil de pauvreté⁶⁵. Dans ces conditions, les capacités de transformation et de prise de décision sont limitées. **Les transformations ne pourront se faire qu'avec des dispositifs de soutien et une revalorisation du revenu des éleveurs pour qu'ils puissent transformer leurs pratiques agricoles.** En parallèle, un renforcement de la recherche et de l'innovation en appui à la transition ainsi que la mise en place d'offres de formation pour des éleveurs et conseillers en élevage seront à effectuer. L'approche doit aussi être basée sur une implication de l'ensemble des acteurs d'une filière, allant de la production animale jusqu'à la distribution et restauration, au risque sinon d'une importation de produits animaux pour répondre à la demande domestique.

Actuellement, la Politique Agricole Commune (PAC) au niveau européen et le Plan Stratégique National (PSN) de la France ne permettent pas d'anticiper les changements à venir pour une transition bas carbone et un élevage adapté aux perturbations induites. Les mesures prises au niveau politique doivent être plus ambitieuses pour espérer atteindre l'objectif d'une réduction de 50% des émissions de GES à l'échelle de la France⁶⁶. Les changements à opérer étant structurels et avec de fortes conséquences au niveau social, il est urgent de réfléchir dès maintenant à l'élevage que nous souhaitons avoir afin de donner des perspectives claires au monde de l'élevage en Bretagne.

64 / HCC, 2024, *op. cit.*

65 / Bordet, Logeais, Ulrich, INSEE, 2021, <https://www.insee.fr/fr/statistiques/5434584>

66 / The Shift Project, 2024 : <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2024/11/RF-Agri-Rapport-Complet-DEF.pdf>

Agriculture et séquestration de carbone

Le carbone est constamment échangé, de manière naturelle, entre des réservoirs (substrat géologique, sols, plantes, océan et atmosphère) mais les activités humaines perturbent ces flux par des émissions de dioxyde de carbone et de méthane, ainsi que des changements d'usage des sols. Les sources et puits anthropiques sont calculés dans chaque pays signataire de l'accord de Paris ; à l'échelle régionale les chiffres sont diffusés par l'OEB (Observatoire de l'Environnement en Bretagne). La figure 6 montre l'importance de l'élevage dans les émissions de gaz à effet de serre en Bretagne, soulignée dans le chapitre précédent. Est-il possible de séquestrer davantage de carbone, et dans quelle mesure la séquestration peut-elle contribuer à l'objectif de réduction des émissions ?

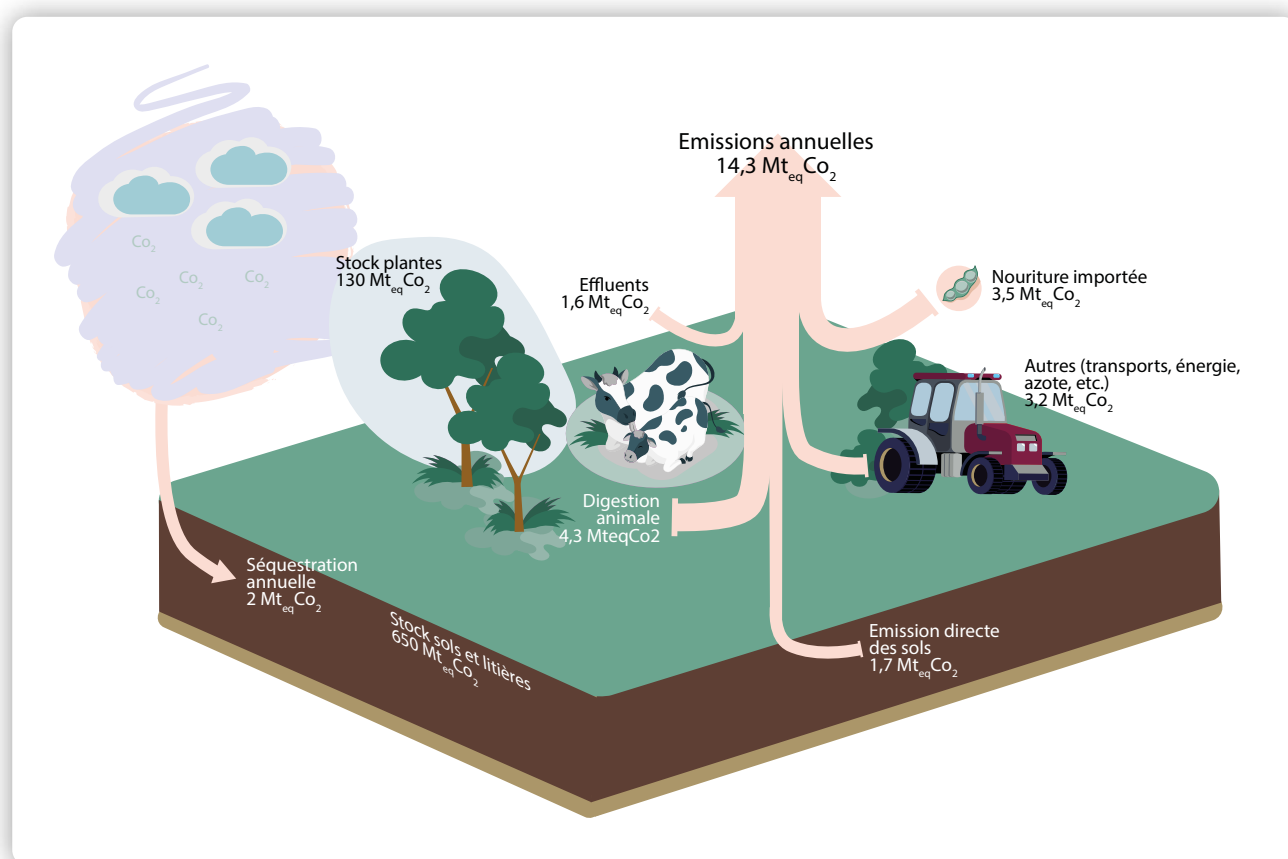


Figure 6 : Bilan des stocks et flux de carbone en équivalent CO₂ liés à l'agriculture bretonne (source des chiffres : Ceresco & Solagro, 2023). Ces chiffres sont représentatifs des années 2010-2016. Dans les années récentes, les émissions ont baissé mais la séquestration a diminué également (les estimations plus récentes de l'Observatoire de l'Environnement en Bretagne étant de 1 MteqCO₂). Réalisation HCBC.

Séquestration de carbone par les sols bretons : un potentiel faible

En parallèle des émissions du secteur agricole, les variations de stock de carbone dans les sols et dans les plantes doivent être prises en compte dans le bilan global. Les plantes, qu'elles soient agricoles, sylvicoles ou issues de zones naturelles, séquestrent du CO₂ de l'atmosphère lors de leur croissance par photosynthèse. Ainsi, la végétation stocke du carbone dans sa matière, qui lors de sa dégradation alimente ensuite le carbone organique du sol. Celui-ci présente de fortes variations géographiques : l'INRAE⁶⁷ estime qu'en moyenne à l'échelle nationale, un sol de prairie ou de forêt contient plus de 81 tonnes de carbone par hectare, contre 52 pour des vergers ou des cultures. L'essentiel du carbone en Bretagne est stocké dans

les sols et les litières (environ 650 Mteq CO₂ sur les 780 MteqCO₂ stockées). Les forêts souvent mises en avant comme puits de carbone en France, ne représentent que 14% des surfaces en Bretagne (contre 30% à l'échelle française). Le potentiel de stockage en France a été évalué par l'INRAE, qui rappelle que ce stockage n'est pas permanent.

En Bretagne en 2016, la variation annuelle nette des stocks générait un puits de carbone d'environ 2 MteqCO₂ à comparer aux 14,3 MteqCO₂ annuelles émises par le secteur agricole⁶⁸ (Figure 6). L'essentiel de ce puits était lié à l'accroissement de la forêt, un puits de carbone de 2,5 MteqCO₂.

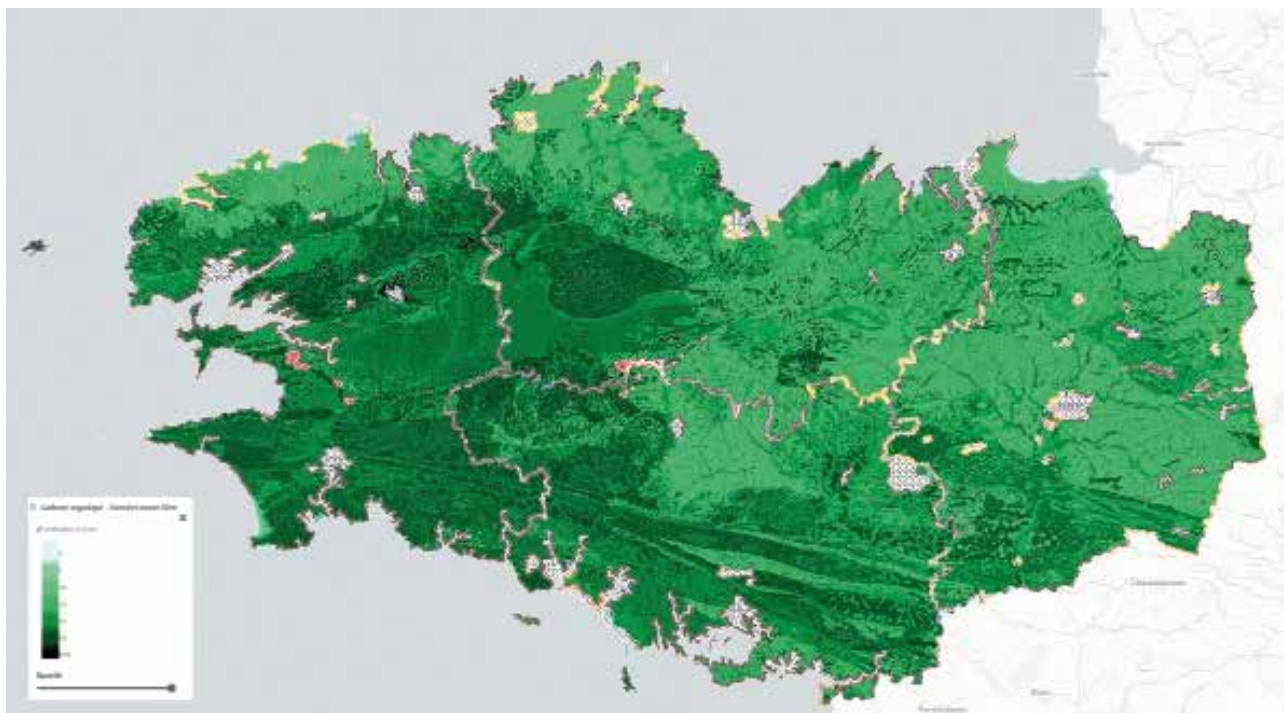


Figure 7 : Contenu du sol en carbone organique (g/kg) sur la profondeur 5-15cm.

Source : UMR 1069 SAS INRAE - L'Institut Agro Rennes-Angers, <https://geosas.fr/solsdebretagne/#>

Concernant l'augmentation du stockage de carbone dans le sol, les marges de manœuvre sont relativement faibles en Bretagne, les sols étant déjà très riches en carbone avec l'épandage des déjections animales depuis plusieurs décennies, notamment dans la partie sud-ouest de la Bretagne qui est très proche de la saturation en matière organique (Figure 7).

Cette problématique est renforcée par le fait que, ces dernières années, la longueur des haies a décliné (1000 km/an) et des sols ont été artificialisés (2400 ha/an) entraînant des émissions de 0,5 MteqCO₂/an. En conséquence, les scénarios de décarbonation de l'agriculture bretonne⁶⁹ s'appuient surtout sur la reconstitution des haies bocagères⁷⁰, la maîtrise de l'artificialisation et le maintien des prairies permanentes.

67 / Réchauchère, 2019. <https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/Rapport%20Etude%204p1000.pdf>

68 / Ceresco & Solagro 2023, op. cit.

Les matériaux agro-sourcés : une autre manière de stocker du carbone

Les plantes agricoles séquestrent environ 1,5 kg de CO₂ par kg de matière. De ce fait, si cette matière est utilisée pour fabriquer des matériaux à longue durée de vie, comme pour l'isolation de bâtiments, ce stockage de carbone biogénique à long terme contribuera à l'atténuation du changement climatique. On peut estimer la quantité séquestrée en fonction du matériau (Tableau 1). Il est intéressant de réfléchir à l'usage de ces gisements de matériaux agrosourcés, et plus particulièrement les filières qui permettent de valoriser les résidus de culture, comme la paille de blé ou les moelles végétales (anas de lin, chènevotte de chanvre). L'autre gain vis-à-vis du réchauffement climatique vient de ce qu'on appelle le **"principe**

de substitution" : utiliser un matériau biosourcé permet aussi d'éviter les émissions fossiles liées à la transformation et au transport du matériau qu'il remplace.

Ainsi, le secteur agricole breton aurait un intérêt économique et écologique à développer des matériaux à longue durée de vie (ex : bâtiment, nautisme, automobile) à base de résidus agricoles. Certains collectifs se sont implantés en Bretagne dans ce but, comme la Fédération Bretonne des filières Biosourcées, l'association Lin & Chanvre en Bretagne ou le Collectif Paille Armoricaïn (CPA).

Type de matériau bio-sourcé	Quantité de carbone par kilogramme de matière sèche	Masse potentielle* de CO ₂ séquestrée par kg de matériau
Paille de blé et de lin	440 g	1,44 kg
Chènevotte de chanvre	470 g	1,54 kg
Bois feuillu	480 g	1,57 kg
Bois résineux	500 g	1,63 kg

Tableau 1: Estimation du contenu carbone et de la séquestration de CO₂ pour différentes matières agricoles et forestières⁷¹ : *la masse potentielle correspond au fait qu'un kg de carbone biogénique équivaut à 3,67 kg de CO₂ prélevés dans l'atmosphère.

Importance d'une approche régionale systémique : exemple de la paille de blé.

Le CPA a réalisé une étude⁷² pour estimer les besoins en paille et confronter les différents usages que l'on peut en faire. Ce sujet est critique en Bretagne car certaines années notre région est importatrice de paille de blé : la production annuelle en Bretagne est insuffisante pour satisfaire la totalité des besoins en litières animales. Les deux raisons principales de ce déficit en paille sont d'une part les relativement faibles surfaces de cultures céréalières (env. 550 000 ha) comparées aux cultures fourragères (env. 930 000 ha) ; et d'autre part, la paille étant un résidu de culture, sa valorisation n'est pas systématique et elle est encore souvent broyée et laissée sur le champ.

Lorsqu'on parle de valoriser la biomasse, quelle qu'elle soit, il faut considérer les probables conflits d'usages de la ressource. Dans le cas de la paille de blé, plusieurs débouchés sont possibles : litière animale, énergie, intrant organique ou matériau. Du point de vue du changement climatique, l'usage en tant que matériau permet une plus longue séquestration du CO₂ atmosphérique, donc un plus grand bénéfice. Mais par ailleurs, ne pas laisser la paille sur le champ peut conduire à devoir utiliser plus d'intrants d'origine fossile, et à diminuer le contenu du sol en matière organique. Ainsi, il est nécessaire de bien comprendre les marchés en place et les besoins de chaque filière pour éviter les éventuels "effets rebond" liés à une trop forte demande en ressource.

69 / Ibid

70 / Viaud & Kunemann, 2021, <https://hal.science/hal-03180168/document>

71 / Lecompte, 2024 : <https://doi.org/10.51257/a-v2-c8124>

72 / https://www.batylab.bzh/wp-content/uploads/230613_fiche-ressource-bzh_a5.pdf

La Bretagne produit environ 1 million de tonnes de paille chaque année, dont 78% sont utilisés en litière animale et 17% sont laissés sur le champ. En comparant ce marché de la paille et celui du bâtiment, le CPA estime qu'1,2% de la paille bretonne suffirait à isoler thermiquement 10% des constructions neuves de la région. Il n'y a donc a priori pas de concurrence d'usage, pour un marché potentiel permettant de séquestrer durablement 15 500 tonnes de CO₂ par an, en plus des émissions évitées par substitution d'isolants synthétiques et par l'économie d'énergie de chauffage des logements.



🏡 Exemple d'utilisation de paille de blé en construction à Séné (56),
© Thibaut Lecompte.

L'incontournable réduction des émissions de gaz à effet de serre

Le stockage additionnel de carbone dans les sols est l'une des solutions considérées pour limiter les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère, mais ce stockage, qui repose surtout sur le développement de la forêt, est remis en cause par le changement climatique. Ainsi le puits de carbone des forêts françaises a été divisé par deux en dix ans⁷³ à cause des attaques d'insectes ravageurs sur des arbres fragilisés par les sécheresses à répétition. Le potentiel de stockage dans les sols en Bretagne est faible, le stockage dans les matériaux biosourcés est infime en comparaison des émissions.

Les émissions territoriales⁷⁴ du secteur agricole en Bretagne sont en forte baisse : 10,4% de moins entre 2018 (9,7 teqCO₂) 2023 (8,7 teqCO₂), essentiellement du fait de la diminution du cheptel.

Il faut poursuivre ces tendances mais en évitant que la diminution du cheptel ne soit compensée par des importations d'aliments carnés ; l'évolution de l'alimentation doit se faire simultanément⁷⁵. En parallèle, le développement de filières de matériaux et d'énergie agro-sourcés pourraient permettre à la fois d'assurer un complément de revenu aux agriculteurs et de limiter les émissions d'autres secteurs économiques. **L'atteinte des objectifs d'atténuation du changement climatique passe donc principalement par une trajectoire de sobriété alimentaire et énergétique**, et doit être envisagée à l'échelle du territoire, par une analyse systémique tenant compte de l'ensemble des secteurs économiques et de leurs interactions.

73 / HCC, Rapport annuel 2024, <https://www.hautconseilclimat.fr/publications/rapport-annuel-2024-tenir-le-cap-de-la-decarbonation-protéger-la-population/>

74 / Les émissions territoriales ne prennent pas en compte les aliments du bétail importés ni la fabrication des engrais.

75 / Shift Project, 2024, op. cit.

La pluralité sociale de l'agriculture bretonne

Les principales données disponibles sur les agriculteurs et agricultrices sont issues du recensement agricole de 2020, portant sur les 55 400 actifs agricoles dénombrés dans la région^{76,77}. Elles montrent la prépondérance de la production laitière (44% des agriculteurs) et d'autres formes d'élevage, et une distribution des 26 347 exploitations entre grandes exploitations (9847), moyennes (7080) et petites ou micros (9300). Le recensement privilégie cependant une approche centrée sur l'exploitation, qui dit peu sur la réalité sociologique des hommes et femmes concernées. Si des travaux de recherche ont pu éclairer certains aspects de cette réalité⁷⁸, il manque une analyse spécifique de leurs situations en tant que groupe social au niveau régional, mais aussi de leurs perceptions et rapports au changement climatique.

Si la Bretagne est l'une des régions les moins inégalitaires, en comparaison avec le Centre et l'Est notamment, les écarts demeurent importants entre les 10% des agriculteurs les plus modestes (revenu moyen de 800 €/mois) et les 10% les plus aisés (3065 €/mois). Signe de plus grande fragilité économique et de précarité, **18% des agriculteurs bretons vivent en dessous du seuil de pauvreté, contre 10% de la population active globale en Bretagne. À l'autre bout de l'échelle sociale, les revenus des 10% des agriculteurs les plus aisés sont supérieurs à ceux du même décile dans la population générale.** Une autre dimension de l'hétérogénéité de la profession est la part croissante du salariat non familial dans les exploitations bretonnes. Ce type d'emploi salarié augmente régulièrement (+10% entre 2010 et 2020) pour atteindre un quart des actifs agricoles et renvoie à l'érosion du modèle de la ferme principalement familiale (-41% sur la période).

Comme ailleurs en France, un trait caractéristique de la profession sur le plan démographique est à la fois la baisse marquée de ses effectifs (-19% depuis 2010, - 50% depuis 2000) et un vieillissement d'ensemble, avec près de la moitié des exploitations aujourd'hui dirigées par des plus de 55 ans, chiffre qui croît régulièrement depuis le dernier recensement⁷⁹. Ce vieillissement (Figure 8) touche différemment les spécialisations : les éleveurs et les céréaliers sont les plus concernés (de 45 à 56% de seniors), alors que les exploitants en maraîchage et horticulture sont plus jeunes, avec 34% de seniors et un quart de moins de 40 ans.

L'enjeu du départ à la retraite et de la transmission des exploitations, principalement en élevage, est donc central. Il peut aussi constituer un levier pour faire évoluer l'agriculture vers de nouvelles pratiques via le renouvellement des générations. Cependant, avec seulement une nouvelle ferme installée sur cinq en agriculture biologique depuis 2010, ce modèle reste minoritaire (16% des exploitations en Bretagne) avec une croissance annuelle limitée (entre + 3 et 6% par an) qui ne remet pas en cause la prédominance d'un modèle agricole à base intensive.



76 / Agreste, 2022. op. cit.

77 / Agreste, 2023. <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/MemSta2023/M%C3%A9mentoFrance2023.pdf>

78 / Comer C., 2017. <https://theses.fr/2017REN1G038>

79 / https://draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/02_etudes_age_devenir_exploitations__ra2020.pdf

Le constat fait pour les régions françaises⁸⁰ s'applique donc aussi aux agriculteurs de Bretagne : groupe défini par son activité professionnelle, ils et elles sont fortement différenciés socialement, que ce soit par la nature de leur activité de production, leurs niveaux de revenus, la taille des exploitations, ou encore la pyramide des âges. Face au changement climatique, le Haut Conseil pour le Climat a analysé : les freins à la transformation de l'agriculture⁸¹. Plusieurs de ces freins (manque de connaissances, endettement, faible revenu de certains agriculteurs, conditions de travail difficiles, aversion aux risques...) ne pourront être levés que par une action publique qui prenne en compte les situations économiques et sociales diverses des agriculteurs et des agricultrices en Bretagne.

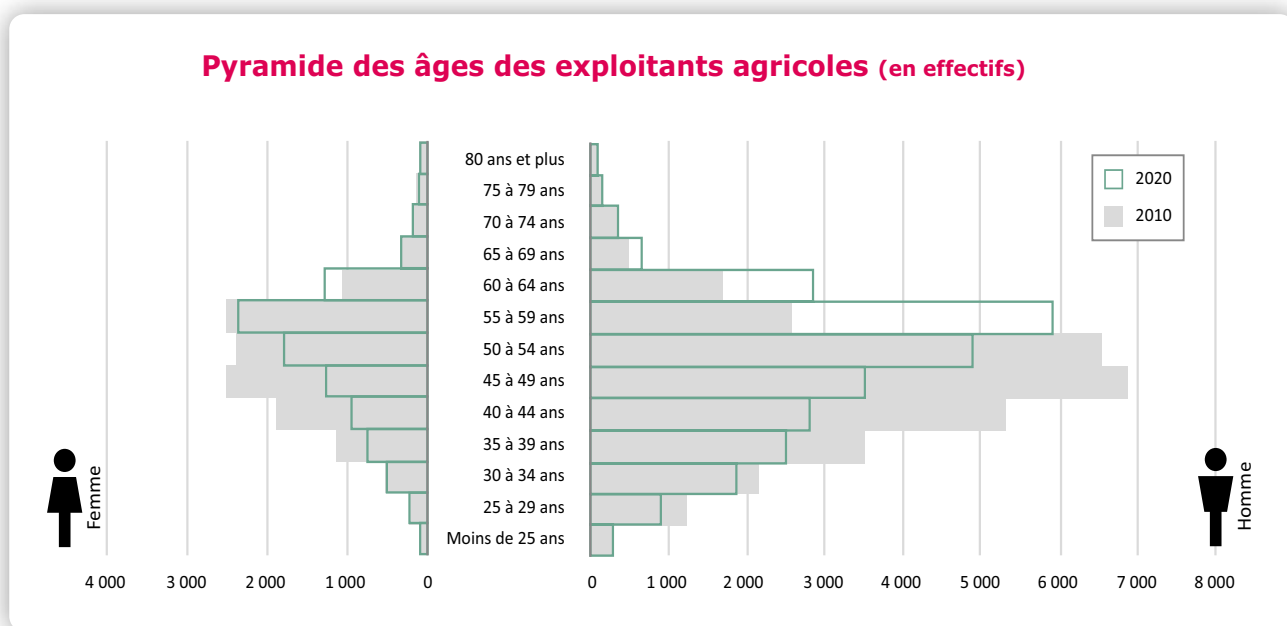


Figure 8 : En Bretagne, le nombre d'exploitants de 60 ans et plus a augmenté de 29% entre 2010 et 2020, celui des moins de 40 ans a baissé de 24%. Champ : hors structures gérant des packages collectifs.
Source : Agreste - Recensements agricoles

80 / Hervieu, B. et F. Pursegile (2013). « Les agriculteurs dans la société française : des mondes éclatés », *Sociologie des mondes agricoles*. Paris, Armand Colin : 137-188.

81 / HCC 2024, op.cit.

Verrous et leviers systémiques

La transformation agricole face au changement climatique ne relève pas de la seule évolution des pratiques des agriculteurs : elle concerne tout le système de production dans lequel ils s'insèrent et la chaîne de création de valeur qui s'étend du champ à l'assiette. Déterminés par une histoire spécifique à la Bretagne, le modèle agricole breton et sa gouvernance reposent sur des relations entre acteurs économiques, sociaux et politiques à l'origine d'inerties et de verrous, qu'il faut analyser et lever à l'heure de crises climatiques et écologiques globales dont les effets se font ressentir au plan local.

L'enjeu des décennies à venir est d'opérer une transition structurelle vers une agriculture moins émettrice (décarbonation) et plus robuste face aux changements et aux extrêmes climatiques (adaptation). Cette série complexe d'évolutions suppose des changements de pratiques, d'habitudes, de représentations et de fonctionnements institutionnels qui concernent plusieurs niveaux enchâssés : les agriculteurs et agricultrices, l'exploitation agricole, la filière de production des denrées animales ou végétales, et plus largement la chaîne de création de valeur

incluant les activités de transformation des produits et de distribution des biens de consommation. Ces différents niveaux interagissant, **il y a nécessité, pour être à la hauteur des changements, d'opérer des actions structurelles, allant au-delà des évolutions individuelles ou de l'expérimentation de pratiques alternatives.** Un diagnostic des verrous à la fois socio-techniques et systémiques est donc indispensable avant d'examiner les trajectoires de transformation envisageables.

Forces et inerties du modèle agricole breton

Les verrous propres au système agri-alimentaire breton trouvent leur origine dans ce qui a aussi fait son succès initial, en tant que modèle agricole⁸² qui émerge dans le sillage du plan Marshall (1948) et se stabilise à la fin des années 1970. À l'image d'autres types d'agriculture intensive (le modèle céréalier de la Beauce, l'agriculture irriguée dans le sud-Ouest), ce modèle repose sur l'insertion des exploitations à base familiale dans l'économie de marché et le capitalisme industriel, avec pour conséquence une exigence de rationalisation de la production, le recours à la mécanisation, à des variétés et races améliorées, la nécessité d'apports croissants d'intrants (pesticides, fertilisants chimiques, énergie). **Ce processus d'intensification et d'industrialisation va de pair avec une spécialisation, un accroissement**

de la taille des exploitations et une réduction de la population agricole. Un deuxième trait spécifique est l'organisation en filières de production appuyées sur une organisation de grandes coopératives qui émergent en partie face au retrait dans les années 1960 de capitaux privés internationaux. Les coopératives soutiennent les exploitations familiales en mutualisant les achats nécessaires à la mécanisation et la recherche de débouchés, mais elles les rendent aussi plus dépendantes d'un environnement mondialisé. L'extension en taille de ces coopératives, certaines atteignant un rang mondial, et les liens croissants qui se nouent dans les années 1970 avec l'industrie agro-alimentaire insèrent encore plus l'exploitation agricole bretonne dans un système de contraintes à l'amont et à l'aval de l'activité.

82 / Canévet, C. (1992). *Le modèle agricole breton : histoire et géographie d'une révolution agro-alimentaire*, Presses universitaires de Rennes.



Gouvernement régional et verrous socio-politiques

Sur un plan institutionnel et politique, cette modernisation agricole de l'après-guerre repose sur un système néocorporatiste⁸³ dit de « *cogestion* » qui associe l'Etat, promoteur de cette dimension industrielle, et les acteurs professionnels du monde agricole, à qui est déléguée la mise en œuvre sur le terrain, au plus près des exploitations. Ces acteurs deviennent indispensables pour assurer la formation, l'encadrement et l'appui technique aux agriculteurs, via les chambres d'agriculture et les conseillers agricoles, mais aussi pour aider à la gestion foncière et financière du renouveau industriel de l'agriculture. Dans ce système néocorporatiste, la profession agricole est organisée et représentée par un syndicat majoritaire (la FNSEA) qui reste jusque dans les années 1980 la seule organisation reconnue par l'Etat, et demeure largement dominante jusqu'à aujourd'hui en Bretagne. Le modèle breton repose aussi sur des réseaux militants antérieurs, comme ceux de la JAC (Jeunesse Agricole Catholique) qui a joué un rôle de formation de nombreux cadres syndicaux et professionnels. Ce modèle a donc une dimension culturelle, avec des représentations largement partagées sur ce que doit être une agriculture moderne rendue efficiente par l'industrialisation, l'accroissement de la taille des exploitations, l'insertion dans les marchés mondiaux. La force de ces représentations est aussi ce qui empêche de penser une transition de rupture hors de ce cadre : les effets de pression sociale du voisinage sont documentés comme des obstacles

au passage à l'agriculture biologique. Une enquête journalistique récente a même alerté sur les manifestations les plus brutales de cette pression qui vise à maintenir le modèle dominant⁸⁴.

La force de ce référentiel tient aussi à son portage par une coalition défendant les intérêts politiques et économiques de la région, et son développement. Ce type d'alliance s'incarne très tôt dans des instances comme le CELIB (Comité d'étude et de liaison des intérêts bretons, 1950) dont la modernisation agricole, avec l'industrialisation, est un des credo. **L'héritage de la cogestion en Bretagne s'incarne aujourd'hui par le poids politique des représentants de la profession agricole, leur forte insertion dans les instances de planification, de concertation et dans l'administration régionale**, celle-ci disposant des compétences principales dans ce secteur, avec la mise en œuvre de la politique agricole commune (PAC). Ce poids explique aussi les orientations prises dans plusieurs politiques sectorielles (eau, alimentation) et la prépondérance des intérêts agro-industriels dans ces dossiers : évolutions incrémentales destinées à contenir plus qu'à résoudre les problèmes de santé publique et d'environnement liés aux pollutions agricoles de l'eau⁸⁵ ; recadrage de démarches comme BreiZhalim pour privilégier le « *local* » sur la qualité alimentaire, mettant à l'écart les acteurs de l'agriculture biologique⁸⁶.

83 / Szarka J, 2000, <https://doi.org/10.1080/09644010008414539>

84 / Legendre N, 2023, *Silence dans les champs*. Ed. Arthaud.

85 / Bourblanc M, 2019, *L'agriculture à l'épreuve de l'environnement, Trente ans de lutte pour la qualité des eaux en Bretagne*, L'Harmattan, Paris

86 / Pahun J, 2021. <https://shs.cairn.info/revue-pole-sud-2021-2-page-19?lang=fr>



📍 Session du Conseil Régional de Bretagne du 10/10/2024 à l'Hôtel de Courcy, Rennes,
© Thomas Crabot
Région Bretagne

Lever les verrous pour une transformation systémique

Des initiatives pionnières, individuelles et en petits collectifs, ont pris depuis une quarantaine d'années des formes variées (gestion des prairies, agriculture régénératrice⁸⁷, agriculture de conservation des sols⁸⁸). Plus récemment des expérimentations territoriales d'une agriculture de transition (de type animation de bassin versant, MAEC⁸⁹ Sol - semis direct, ou Terres de liens...) offrent des pistes mais posent la question de leur passage à l'échelle, face à plusieurs obstacles : concurrence du modèle dominant pour l'accès aux ressources (foncières, débouchés, etc.) ; attachement à un modèle industriel productiviste ; freins aux changements individuels (risques économiques, besoins de formation) et collectifs (pressions politiques, impératifs à court terme de l'emploi).

Les nombreuses propositions avancées pour assurer la transformation agricole⁹⁰ offrent des solutions applicables en Bretagne. De façon convergente, on retrouve la mise en œuvre d'une forme de compensation ou de paiement aux agriculteurs pour répondre aux exigences d'une transition juste et acceptable face aux surcoûts liés à l'atténuation des émissions. Ce dispositif doit encourager l'emploi par une attribution individuelle plutôt qu'à l'hectare, pour résister à la forte tendance actuelle d'une accumulation foncière et capitaliste. Une deuxième piste évoquée de façon récurrente est de profiter du renouvellement massif

des générations pour orienter résolument l'installation de nouveaux exploitants vers une agriculture agro-écologique y compris l'Agriculture Biologique. Cela implique aussi une synergie entre financements privés et publics, une cohérence entre les politiques agricoles, de sécurité alimentaire et de réponse au changement climatique pour soutenir les démarches innovantes.

En termes de gouvernance, le Haut Conseil pour le Climat souligne, dans son rapport thématique sur l'agriculture⁹¹, l'influence des acteurs professionnels dominants et des industries agro-alimentaires sur la fabrique et la mise en œuvre des politiques publiques. **À la lumière de ces constats, la clé d'une évolution systémique réside aussi dans une meilleure prise en compte de la diversité des intérêts agricoles, qui rompe avec l'héritage du système unitaire de la cogestion.** L'adaptation de l'agriculture bretonne au changement climatique rend encore plus nécessaire la levée de ce verrou. Les changements structurels à faire advenir passent par une reconfiguration durable des coalitions d'acteurs qui interviennent dans l'élaboration et la mise en œuvre des politiques publiques agricoles. Préparer un futur résilient nécessite un plus grand pluralisme dans la gouvernance de l'agriculture, qui doit associer tous les professionnels concernés et la société civile.

87 / Coulardeau et al, 2022. <https://doi.org/10.17180/a9gx-mx72>

88 / Roocks et al, 2016. <https://doi.org/10.17180/1zjj-nf03>

89 / <https://draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr/les-maec-et-aides-a-l-agriculture-biologique-campagne-2024-a3418.html>

90 / France Stratégie, 2019, <https://www.strategie.gouv.fr/files/files/Publications/Rapport/fs-rapport-pac-octobre-2019.pdf>

91 / Haut Conseil pour le Climat, 2024, op. cit.

Vers une agriculture résiliente face au changement climatique

L'agriculture est une activité centrale, multiforme, qui est prise en étau entre des logiques et contraintes technico-économiques immenses, et des injonctions contradictoires de la société qui veut à la fois des produits de qualité, pas chers et si possible de proximité. Le changement climatique ajoute de la complexité et des incertitudes en modifiant les conditions (moyennes et extrêmes) dans lesquelles les productions agricoles se développent. **Par son ampleur et sa rapidité sans précédent, le changement climatique contemporain fragilise et remet en cause les productions actuelles, et place ainsi l'agriculture bretonne devant un défi considérable** qui doit être explicité et affronté à l'échelle du siècle.

Les agriculteurs sont en première ligne : ils sont les premiers à percevoir et à subir des pertes de production liées aux sécheresses et aux excès pluviométriques à répétition, à la modification des stades phénologiques et des cycles des agresseurs, et à la disparition des pollinisateurs. Et ils sont aussi les premiers à souffrir des problèmes de santé liés aux expositions aux produits chimiques, à devoir faire des semaines de 80 heures pour dégager, pour certains d'entre eux, un maigre revenu (malgré les lois EGALIM) et à devoir s'endetter sur plusieurs décennies au risque de ne plus pouvoir faire face en cas de retournement de la conjoncture. Il ne fait guère de doute qu'ils sont les victimes d'un système productif dans lequel on les a enfermés ; et qu'ils sont en plein grand écart entre gestion opérationnelle et stratégie transformatrice vers un futur incertain.

Dans ce contexte, la transition vers une agriculture prenant davantage en compte les enjeux environnementaux et notamment le changement climatique n'est plus une option. Les solutions techniques et organisationnelles sont nombreuses. Elles relèvent de l'Agriculture Biologique, de l'agroécologie (dont l'agriculture de conservation, régénératrice...), des circuits courts, mais aussi de l'agriculture et de l'élevage de précision,

de l'intelligence artificielle... autant d'options possibles qui ont **besoin de soutiens pluriannuels forts incluant une formation initiale et continue renforcée** des professionnels du secteur. Si cette transition ne peut pas se faire "contre" la profession, elle ne peut pas non plus se faire sans prendre en compte une consultation citoyenne large car, nous l'avons vu, c'est toute la société, l'économie et les territoires qui sont irrigués par l'activité agricole. Ceci implique une action publique forte et intégrée, ce qui n'est pas encore suffisamment le cas au niveau national comme souligné par le Haut Conseil pour le Climat dans son rapport de 2024⁹² : « *Les politiques agricoles souffrent d'un manque d'intégration et d'articulation avec les politiques alimentaires, sanitaires, environnementales et climatiques(...). Les besoins d'adaptation sont identifiés mais l'opérationnalisation est trop restreinte, dispose de ressources insuffisantes et est peu mise en relation avec les capacités d'atténuation* ». La loi d'orientation agricole récemment adoptée n'est pas à la hauteur de ces enjeux.

Les perspectives ouvertes récemment dans le cadre des travaux sur la Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC) sont l'occasion de décliner à l'échelle régionale la question de l'avenir des territoires et donc de l'agriculture régionale. Cela passe par la **co-construction de scénarios d'évolution future** qui peuvent s'appuyer sur des exercices récents commandités par la Région Bretagne⁹³ ou menés par la CRAB⁹⁴ ou le Shift Project⁹⁵. Ces travaux prospectifs ne sont pas encore suffisamment mobilisés : leurs résultats devraient devenir des référentiels pour les décideurs publics en région. En effet, si les enjeux sont globaux (marchés agricoles comme changement climatique), leurs manifestations comme les moyens d'action et d'adaptation relèvent d'abord de l'échelle locale à régionale et des capacités des différents acteurs à discuter ensemble des options futures pour l'agriculture bretonne.

92 / HCC, 2024, op. cit.

93 / Ceresco & Solagro, 2023. Op.Cit.

94 / CRAB, 2024. https://bretagne.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/FAL_commun/publications/Bretagne/PDF/Economie/agricultures_bretonnes_2040.pdf

95 / Shift Project, 2024, op. cit.

2# Atténuer le changement climatique et s'y adapter : de jeunes chercheurs y travaillent en Bretagne

Quatre thèses soutenues en Bretagne en 2024 ont retenu l'attention du Haut Conseil Breton pour le Climat. Toutes nos félicitations à ces jeunes docteur(e)s qui contribuent à préparer notre société aux enjeux du climat futur !

Les haies et talus limitent les pertes azotées lors des évènements climatiques extrêmes

Thèse de Romane METTAUER : *Potentiel de régulation du cycle de l'azote par les systèmes sylvopastoraux tempérés. Perspectives face à l'intensification des phénomènes climatiques extrêmes*

Le changement climatique s'accompagne d'une hausse de phénomènes climatiques extrêmes qui peuvent conduire à une augmentation de pertes azotées des agroécosystèmes vers l'environnement. Au cours de ma thèse, j'ai mis en évidence que la nitrification, un processus clef dans la régulation du cycle de l'azote, est plus stable sous les haies et rangs d'arbres intraparcellaires face à un phénomène d'enneigement des sols. Cependant, cet effet bénéfique est fortement limité à la proximité immédiate des arbres. Par ailleurs, j'ai observé que les exploitations qui développent des systèmes sylvopastoraux ont des logiques techniques limitant le risque de pertes azotées. Ainsi, si les arbres jouent un rôle dans la limitation des pertes azotées face à des phénomènes climatiques extrêmes, cela ne peut se substituer à une réflexion approfondie sur les pratiques de gestion de l'azote au sein des exploitations. Il est alors essentiel d'encourager la mise en synergie des régulations écologiques apportées par les arbres avec des pratiques agricoles notamment économes en intrants.



🏡 Prairie bretonne encadrée d'une haie et d'un rang d'arbres intraparcellaire

Les marchés fonciers agricoles prennent déjà en compte le climat futur

Thèse de Mathilde FROMAGE : *Impacts du changement climatique sur les marchés fonciers agricoles : d'un cadre conceptuel à la modélisation multi-agents*

À partir d'une revue de littérature et d'une enquête auprès des Sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural (SAFER), j'ai explicité les mécanismes par lesquels le changement climatique affecte le fonctionnement et la dynamique des marchés fonciers. Ainsi, les effets directs du climat sur la qualité des terres (comme la salinisation ou l'aridification des sols) et indirects sur l'utilisation des terres (modification de la répartition des cultures, développement des productions énergétiques, ...) affectent localement, mais de manière différenciée, l'offre et la demande de foncier. De plus, la terre, en tant que facteur de production (agricole notamment), bien de consommation (résidentiel) et capital d'investissement est soumise à des logiques d'appropriation et d'usage, susceptibles d'évoluer face à un futur climatique incertain. J'ai ensuite interrogé dans quelle mesure les prix actuels des terres constituent des signaux des changements futurs de leur rentabilité. J'ai développé deux modèles multi-agent qui montrent comment les anticipations des agents concernant, d'une part, le développement urbain et, d'autre part,

les impacts climatiques sur la rentabilité agricole des terres, affectent déjà leur prix actuel.



 Paysage de parcelles agricoles bretonnes vues du ciel, © Adobe Stock

Les pucerons des céréales sont sensibles aux événements climatiques extrêmes

Thèse de Léna JEGO : *Evolution d'une guilda de pucerons des céréales sur un gradient climatique dans deux continents : influences du climat et du paysage et conséquences sur la transmission d'une maladie virale*

Ma thèse explore l'impact des stress environnementaux sur la dynamique des pucerons des céréales et les réseaux trophiques associés, dans un contexte de changement climatique. Mes travaux démontrent que les événements climatiques extrêmes, comme les vagues de chaleur et les périodes de froid, ont un effet plus important sur les populations de pucerons et leurs interactions avec les parasitoïdes que les températures moyennes. Ces résultats soulignent l'importance de considérer ces événements dans les stratégies de biocontrôle et d'adaptation des systèmes agricoles pour limiter la propagation des virus transmis par les pucerons et mieux anticiper les impacts du changement climatique sur la production céréalière.



 Pucerons des céréales sur une jeune pousse en automne, © Léna Jego

Le changement climatique module-t-il la réponse des poissons aux polluants ?

Thèse de Jimmy DEVERGNE : *Approche multi-stress : impact du changement climatique et d'un stress chimique (perturbateur endocrinien) sur le cycle de vie d'un poisson sentinelle marin*

Mes travaux de thèse ont évalué l'effet du réchauffement (+3 °C) et de l'acidification (-0,4 pH) océaniques à l'horizon 2100, associés à une contamination xénoestrogénique (EE2, 15 ng.L-1) sur la croissance et la reproduction de l'épinoche à trois épines, un poisson sentinelle répandu en Bretagne. L'approche expérimentale développée a permis de mettre en évidence des coûts métaboliques plus importants en condition de multi-stress qui impactent la croissance (individus plus petits) et le recrutement (moins bonne qualité des œufs). Ces travaux soulignent l'importance d'une approche intégrative face aux effets générés par des conditions environnementales réalistes et de considérer l'ensemble du cycle de vie pour estimer la vulnérabilité des espèces aquatiques dans un environnement futur.



🏠 **Structure expérimentale simulant les conditions multi-stress prévues à l'horizon 2100 pour l'épinoche à trois épines.** Le dispositif est composé d'aquariums, chacun alimenté par de l'eau préalablement réchauffée et acidifiée par diffusion de CO₂. La contamination est ensuite introduite avec précision grâce à une pompe dans chaque aquarium. © Jimmy Devergne

Les membres du Haut Conseil Breton pour le Climat en 2025 :

- Vincent Dubreuil, co-président. Géographie et climatologie (LETG-CNRS - Université Rennes 2)
- Anne-Marie Treguier, co-présidente. Océanographie (LOPS-CNRS - IUEM)
- Benjamin Bergerot. Ecologie (ECOBIO-CNRS - Université de Rennes)
- Valérie Bonnardot. Géographie et climatologie (LETG-CNRS - Université Rennes 2)
- Christophe Cudennec. Agronomie, hydroclimatologie (SAS-INRAE - L'Institut Agro)
- Isabelle Dabadie, Economie (LEGO - Université Bretagne Sud)
- Philippe Davy. Géophysique, hydrologie (OSUR-CNRS - Université de Rennes)
- Florence Gourlay. Géographie (Géoarchitecture - Université Bretagne Sud)
- Gérard Gruau. Biogéochimie (Géosciences-CNRS - Université de Rennes)
- Laurent Labeyrie. Géochimie (LGO-CNRS - Université Bretagne Sud)
- Jean-Pierre Le Bourhis. Sciences politiques (Arènes-CNRS - Université de Rennes)
- Thibaut Lecompte. Génie civil (IRDS-CNRS - Université Bretagne Sud)
- Marion Lemoine-Schonne. Droit (IODE-CNRS - Université de Rennes)
- Manuel Plantegenest. Ecologie (IGEPP - L'Institut Agro)
- Béatrice Quenault. Economie (ESO-CNRS - Université Rennes 2)
- Anne Roué Le Gall. Santé-environnement (EHESP)
- Sabine Roussel. Biologie marine, agronomie (LEMAR - IUEM)
- Nicole Roux. Sociologie (LABERS - Université de Bretagne Occidentale)
- Alain Somat. Psychologie cognitive (LP3C - Université Rennes 2)
- Joan Van Baaren. Ecologie (ECOBIO - Université de Rennes)

Animation: Cellule HCBC, François Fouchet & Stéphanie Cauvin
Direction de l'environnement, Région Bretagne
Contactez le Haut Conseil Breton pour le Climat :
hcbc@bretagne.bzh
www.hcbc.bzh et www.linkedin.com/company/haut-conseil-breton-pour-le-climat/

Éditeur: Haut Conseil Breton pour le Climat (HCBC)
Région Bretagne - 283 avenue du Général Patton
CS 21101 - 35 711 Rennes CEDEX 7

Directeurs de publication: Anne-Marie TREGUIER & Vincent DUBREUIL,
co-présidents du HCBC

Réalisation graphique: Agence Gosselin Design & Digital

Imprimeur: Atelier de reprographie – Région Bretagne
Périodicité annuelle - n° 3, mars 2025.

© **photo couverture** M Cudennec, Adobe stock p. 20 & 31.



Une instance indépendante, initiée par

