

CHANGER L'OCCUPATION DES SOLS AGRICOLES D'UN TERRITOIRE A UN IMPACT SUR LE FORÇAGE RADIATIF LIÉ À L'ALBÉDO.

EXEMPLE DE LA BRETAGNE ENTRE 1840 ET 2020

Résumé

Les changements d'usage des sols génèrent des émissions de gaz à effet de serre (GES) et modifient les dynamiques de stockage de carbone. Ces émissions génèrent un forçage radiatif (FR) positif sur la planète Terre et réchauffent l'atmosphère. L'albédo (α) de surface, qui joue sur la quantité d'énergie retenue dans l'atmosphère, impacte aussi le FR. Le projet albédo-prairies a réalisé une étude pour estimer l'importance de l'effet α lié à l'usage des sols à l'échelle du territoire breton. En 1840, l'agriculture générait un effet réchauffant avec un FR positif (+2.515 W/m²). Ce FR a fortement diminué jusqu'en 1955 pour devenir négatif (-0.801 W/m²) à la faveur du développement des surfaces d'herbe liées à l'élevage de ruminants. Enfin, avec la modernisation de l'agriculture le FR est redevenu progressivement positif, pour retrouver en 2020 une valeur proche de celle de 1840. En parallèle, une occupation des sols pour l'élevage de ruminants faisant la part belle à l'herbe, permet en plus de la séquestration du carbone, de bénéficier d'un effet refroidissant sur le climat, grâce au forçage radiatif négatif des prairies.

Summary

Changes in agricultural land use have an impact on radiative forcing linked to albedo. Example of Brittany between 1840 and 2020

Agricultural land use changes can generate greenhouse gas (GHG) emissions and alter carbon sequestration dynamics in the soil. These emissions generate a warming effect (radiative forcing RF Earth atmosphere). Surface albedo (α), which affects the amount of energy retained in the atmosphere, also has an impact on RF. The Albedo-Prairies project has carried out a study to estimate the importance of the α effect linked to land use in Brittany. In 1840, agriculture generated a warming effect with a positive RF (+2.515 W/m²). This FR decreased strongly until 1955, becoming negative (-0.801 W/m²) as a result of the development of grassland linked to ruminant farming. Finally, with the modernisation of agriculture, the RF gradually became positive again, returning in 2020 to a value close to that of 1840. At the same time, land use for ruminant farming, with its emphasis on grassland, not only sequesters carbon but also has a cooling effect on the climate, thanks to the negative radiative forcing of grassland.

Auteurs

P. Mischler¹

¹: Institut de l'élevage, 19bis rue Alexandre Dumas, 80000 Amiens

Mots clés

polyculture-élevage, changement d'usage des sols, territoires, changement climatique, prairies, albédo

Key words

mixed farming/livestock farming, land use change, territories, climate change, grasslands, albedo

Pour citer cet article

Mischler P. (2024) Changer l'occupation des sols agricoles d'un territoire a un impact sur le forçage radiatif lié à l'albédo. Exemple de la Bretagne entre 1840 et 2020. Fourrages 257, 75-81.

Introduction

L'économie circulaire, régulièrement mise en avant dans les médias, vise une réduction de l'utilisation des ressources non renouvelables en organisant le bouclage des flux de matière (engrais, fourrages, etc.) et d'énergie. Elle implique une reconfiguration agroécologique des systèmes de production et de consommation en faveur d'un accroissement de synergies entre filières animales et végétales. La déplétion des ressources pétrolières nécessaires à la production d'engrais azotés et des carburants face aux attentes sociétales vis-à-vis de l'alimentation carnée et le bien-être animal sont des forces contraires, qui questionnent la place de l'élevage des ruminants qui pourrait être remplacé par une alimentation plus végétale, qui ferait potentiellement accroître les surfaces en cultures. Ces systèmes d'élevage sont aussi critiqués pour la concurrence avec l'alimentation humaine et leurs émissions de gaz à effets de serre (Cour des comptes, 2023). Par ailleurs, les problématiques de rentabilité et de surcharge de travail des exploitants agricoles sont des causes d'arrêt de l'élevage qui remettent en cause l'existence des prairies au profit des surfaces en cultures.

L'élevage de ruminants diminue ainsi au profit d'une « céréalisation » des terres (Hirschler *et al.* 2019). Si la réduction en cours du cheptel de bovins contribue à la réduction des émissions de gaz à effet de serre telles que les émissions de méthane (CH₄) entérique, le développement des surfaces des cultures -à pratiques agricoles constantes-, pourrait favoriser les émissions associées de dioxyde de carbone (CO₂) et de protoxyde d'azote (N₂O) liées aux carburants et aux engrais de synthèse, en plus du déstockage de carbone (C) lié au retournement de prairies (Arrouays *et al.*, 2002). Ces changements d'usage des sols ont également un impact sur l'albédo¹ (α) des surfaces. Ce phénomène physique joue un rôle important : quand l' α augmente, cela diminue la quantité d'énergie qui reste dans l'atmosphère, susceptible d'être restituée sous forme d'infra-rouges thermiques et qui sont retenus par les gaz à effet de serre. Le niveau d'albédo de surface agit sur la quantité d'énergie absorbée et réémise par la Terre et in fine sa température moyenne, qui impacte directement le climat. L'albédo se mesure entre 0 (100 % de lumière absorbée) et 1 (100 % de lumière réfléchie).

Cet article a pour but de questionner les effets potentiels des changements d'usage des sols sur le climat, au travers du forçage radiatif ²(FR) causé par les modifications d'albédo (α) des surfaces agricoles. Le projet Casdar Albédo-prairies a réalisé une étude de nature exploratoire pour estimer la différence d' α et l'impact sur le FR, selon le niveau de couverture du sol par les prairies. La prise en compte des usages des surfaces agricoles de ces territoires (occu-

pation spatio-temporelle des surfaces : cultures, prairies, cultures intermédiaires, type de travail du sol, etc.) est importante pour être le plus précis possible. L'enjeu est donc de poser les bases d'une méthode pour effectuer ce travail, d'identifier les données nécessaires et les freins à la réalisation de l'analyse d'un territoire. Le cas d'étude présenté ici est celui de la Bretagne, sur une durée de 180 années.

Matériel et méthode

Calculer l'albédo d'un assolement avec Sim'α

Le projet Albédo-prairies a mesuré et étudié les variations annuelles d' α de prairies françaises dans divers contextes pédoclimatiques (Mischler, 2022). L'étude décrite ici visait à analyser les évolutions de FR induits par les changements d' α de surface d'un territoire défini. Dans une optique de reproductibilité et de simplicité de réalisation, des données relativement faciles d'accès et un minimum de moyens humains ont été mobilisés. Deux territoires d'intérêt ont été étudiés sur une durée longue : la France (1950-2020) et la Bretagne (1840-2020). Les résultats concernant cette dernière sont présentés ici.

Pourquoi une durée longue ?

Sur près de 2 siècles, l'agriculture est passée d'un modèle de production très peu mécanisé avec une faible consommation d'intrants, à un autre qui en est l'exact inverse, avec de surcroît une forte dépendance à des ressources énergétiques non renouvelables. Ce changement de modèle a impliqué des changements majeurs dans l'évolution de l'occupation des sols.

Les données mobilisées

Cette étude a nécessité : (1) des données d'occupation des sols par l'agriculture et la forêt sur toute la période étudiée ; (2) la mobilisation de dynamiques annuelles d' α de végétaux cultivés ou non, pour calculer un albédo régional au cours du temps ; et enfin (3) une conversion de ces données d'albédo en FR et eqCO₂. Les données d'occupation des sols sont basées sur des travaux de l'INRAE concernant l'agriculture bretonne pour la période 1840-1980 (Daucé et Léon, 1982). Elles ont été complétées par les recensements agricoles disponibles jusqu'en 2020. Les surfaces concernées par le calcul d'albédo du territoire sont les suivantes :

¹ L'albédo est le ratio entre la lumière solaire réfléchie par une surface par rapport à la lumière incidente. Il est sans unité et se situe entre 0 et 1. 0 correspond à 100 % de lumière absorbée et 1 à 100 % de lumière réfléchie

² En climatologie, le forçage radiatif est approximativement défini comme la différence entre la puissance radiative reçue et la puissance radiative émise par un système climatique donné, comme le système Terre. Un forçage radiatif positif tend à réchauffer le système (plus d'énergie reçue qu'émise) et inversement. Il s'exprime en Watt (W)/m².

- Les cultures à vocation alimentaire : blé, orge, seigle, colza sarrasin, etc.
- Les fourrages : prairies et cultures dédiées (maïs, betteraves fourragères)
- Les autres surfaces : jachères, landes, forêts

Les surfaces concernées par les calculs représentent environ 79 % de la surface régionale entre 1840 et 1980, avant de diminuer à 72 % en 2020. Certaines surfaces agricoles de moindre importance n'ont pas été prises en compte car peu importantes quantitativement et souvent mal renseignées (le rutabaga, le chou ou la carotte fourragère, etc.). D'autres surfaces n'ont pas été prises en compte dans les calculs d'albédo du territoire breton : les structures naturelles (cours d'eau, lacs) ou artificielles (retenues d'eau, routes, rail, zones urbanisées et industrielles). Ces données sont en effet complexes à trouver ou absentes, surtout avant 1980.

Les données d'albédo nécessaires aux calculs d'albédo territorial sont basées sur des travaux ayant acquis des dynamiques annuelles d' α , c'est-à-dire des mesures quotidiennes sur une année complète, qui permettent un calcul plus précis du FR (voir article de Mischler *et al.* dans ce numéro de *Fourrages*). Certaines dynamiques ont pu être utilisées en l'état et d'autres ont fait l'objet d'une adaptation pour cette étude.

Les dynamiques d'albédo de l'herbe acquises au cours du projet Albédo-prairies (Mischler *et al.* 2022) ont été utilisées en

l'état. Les dynamiques des cultures de blé, de colza et de maïs sont issues des études du CESBIO à Toulouse (Ferlicoq, 2016). En complément, des travaux portant sur les arbres feuillus et les conifères ont été utilisées (Lutz et Howarth, 2014), en considérant une proportion de 61 % de feuillus, le reste étant ici attribué aux conifères (Agreste Bretagne 2017). En l'absence de données complètes depuis 1840, cette proportion est considérée comme constante dans le temps. Les dynamiques d'albédo des cultures de pois, de seigle, d'avoine et d'orge d'hiver sont issues de travaux de l'université des sciences agricoles de Suède, la SLU (Sieber, 2022). Ces dynamiques ont été adaptées au contexte français ajustant les stades physiologiques des cultures observées en Suède (semis, levée, épiaison, floraison, récolte), à la France où la période de croissance des cultures est plus courte. Enfin, pour certains couverts, des dynamiques d' α n'ont pas pu être trouvées dans la littérature et une approximation a été alors réalisée :

- pour les pommes de terre et le sarrasin, c'est l'albédo du pois protéagineux (Sieber *et al.* 2022) qui a été utilisé en raison du cycle court de ces cultures .
- pour les landes, qui combinent une végétation de type herbagère et de type buissonnant (genêts, ajoncs, etc.), une dynamique d'albédo a été spécifiquement créée en combinant l'albédo des forêts pour la végétation arbustive et celui des prairies pour la végétation herbagère (tableau 1).

Tableau 1 : valeurs d'albédo moyen par type d'occupation des sols.
Table 1: average albedo values by type of land cover.

Dynamiques d'albédo:	couvert	albédo moyen
Utilisées en l'état	prairies	0.240
	blé	0.168
	maïs	0.161
	colza	0.180
	forêt	0.133
	sol nu	0.140
Adaptées au contexte français	orge d'hiver	0.205
	pois	0.168
	seigle	0.193
	avoine de printemps	0.193
Créées sur la base d'expertise	sarrasin, pomme de terre	0.168
	jachères	0.168
	landes	0.168

Conversion de l'albédo du territoire en forçage radiatif

Le calcul de l'albédo du territoire breton a été réalisé avec un outil de simulation, Sim'a (Mischler *et al.* 2022) et converti en forçage radiatif (exprimé en Watt/m^2), afin d'estimer l'effet sur le FR du changement d'usage des seuls pendant les 180 années considérées. Le calcul du FR se base sur les paramètres suivants : l'albédo, le rayonnement solaire incident et le rayonnement solaire en haut de l'atmosphère qui permet de calculer la transmittance de la lumière qui parvient au sol. Les données mobilisées sont journalières, afin de calculer de manière précise le FR (Ceschia *et al.* 2017). Le forçage radiatif se calcule par rapport à une référence : ce peut être un sol nu, une surface cultivée, un changement de pratiques ou un assolement. Nous avons retenu ici, l'occupation des sols de Bretagne en 1955 par les cultures, prairies, jachères, landes et forêts comme référence. Cette année correspond au début de l'essor de l'agriculture telle que nous la connaissons aujourd'hui. La conversion du FR, exprimé en W/m^2 en équivalents CO_2 , a été faite selon la méthode utilisée pour les prairies (Bright *et al.* 2016, Bright et Lund, 2021).

Résultats et discussion

Evolution des surfaces agricoles bretonnes de 1840 à 2020

L'agriculture de Bretagne a fortement évolué de 1840 à 1900 avec la mise en place d'une agriculture de polyculture-élevage (PCE) qui a remplacé une agriculture vivrière (Daucé et Léon, 1982). Pendant cette période, il y a eu une réduction forte des surfaces de landes, de terres incultes et des jachères, progressivement

valorisées en cultures et surtout en prairies, grâce aux prémices de la mécanisation. L'emploi de la charrue à soc à traction animale a permis la valorisation de grandes surfaces qualifiées d'incultes telles que les landes (figure 1a). Cet outil a permis un travail de retournement du sol plus facile que les anciens outils tel que l'araire et qui ont permis de travailler le sol des landes, qui opposait à l'araire une trop forte résistance à l'avancement (Ringelman, 1899). Sur la période, les cultures dédiées à l'alimentation des animaux de traction se maintiennent (seigle) ou se développent légèrement (avoine), tandis que les jachères et les landes diminuent d'un facteur 2 à 3 au profit de l'herbe et du blé (figure 1b).

De 1900 à 1950, l'apogée d'une économie agricole de petite production, autonome, peu spécialisée et fortement utilisatrice de main d'œuvre est concomitante de la poursuite du développement de l'élevage de porcs et de vaches initié au 19ème siècle. Les surfaces de prairies et de pommes de terre continuent d'augmenter en parallèle. La culture du tubercule remplace celle du sarrasin qui régresse. Les surfaces dédiées au seigle et à l'avoine diminuent au même rythme que le remplacement de la traction animale par des machines. En France cette transition s'est déroulée entre les années 1920 à 1950, avec un basculement rapide et total entre deux systèmes de productions. Le modèle de production passe d'un système autonome en énergie basé sur la traction animale avec des cultures produites destinées à la nourrir à un système basé sur une dépendance aux fertilisants minéraux et aux carburants pour la mécanisation (Harchaoui et Chatzimpiros, 2018)

A partir de 1950, le système de polyculture-élevage est progressivement remplacé par une agriculture plus productive et spécialisée. L'herbe cultivée se développe encore jusqu'à atteindre un maximum en 1975. Puis ces surfaces déclinent jusqu'en 2020, au profit du maïs grain et ensilage et nouvelles cultures telles que le colza. Les surfaces forestières qui étaient très stables depuis 1840 jusque dans les années 60, ont doublé depuis.

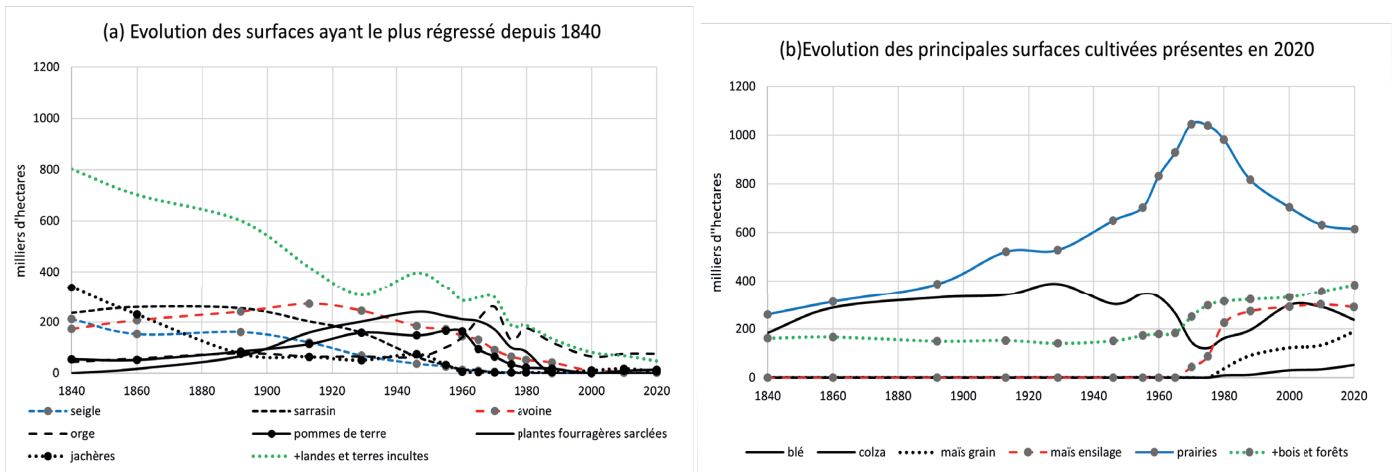


Figure 1 (a, à gauche)) surfaces agricoles bretonnes ayant régressé entre 1840 et 2020 et (b, à droite) les principales surfaces agricoles observées en 2020
Figure 1 (a, left)) Brittany's agricultural surface area having declined between 1840 and 2020 and (b, right) the main agricultural surface areas observed in 2020.

La surface agricole de Brwetagne est alors passée de 1.57 millions d'ha de terres labourables, à un maximum de 2.05 millions en 1975, avant de diminuer à 1.62 millions ha en 2020 (Daucé et Léon, 1982 ; complété par données Agreste) au profit de l'urbanisation et l'artificialisation des sols, qui passent de 175 à 341000 ha entre 1982 et 2020 à un rythme de 4 400 ha / an entre 1982 et 2020 (Agreste, occupation du territoire, séries longues. <https://agreste.agriculture.gouv.fr>). Cette région est quantitativement plus artificialisée (12 % des surfaces) qu'ailleurs en France (Agreste Bretagne, 2011).

Evolution historique de l'albédo et du forçage radiatif des surfaces agricoles, forestières et des landes en Bretagne.

Pendant les 180 années considérées, l'albédo de surface a d'abord augmenté entre 1840 et 1965, où il a atteint un maximum, avant d'entamer une diminution jusqu'en 2020 (figure 2).

L'albédo de la Bretagne a ainsi été estimé avec l'outil Sim'α à 0.149 en 1840 (c'est-à-dire que 14.9 % de la lumière visible et proche infra-rouge du soleil est réfléchi). Cette valeur faible est cohérente avec la présence importante de jachères et landes, des cultures (α=0.168 à 0.193), de forêts (α=0.133) et de sols nus entre deux cultures (α=0.140). Les plantes à albédo élevé, comme l'orge d'hiver (α=0.202) et les prairies (α=0.240), ne représentaient alors que 12 % des surfaces.

A partir de 1860, l'α augmente ensuite jusqu'à un maximum (α=0.181) en 1965 à la faveur du développement important de l'herbe qui représentait alors 46 % des surfaces agricoles de la région. Il se maintient jusqu'en 1975, avant de baisser fortement en

raison de la diminution des surfaces d'herbe au profit du maïs grain et ensilage, dont l'albédo annuel (α=0.144) est inférieur à celui des prairies, et du développement du couvert forestier (α=0.133). L'α passe alors de 0.181 à 0.151 en 2020, soit un niveau très proche de celui de 1840.

Le forçage radiatif calculé à partir de l'albédo, est de +2.515 W/m² en 1840 par rapport à 1955 qui est ici l'année de référence. Ce FR diminue pour atteindre -0.801 W/m² en 1965. La surface agricole de Bretagne est donc progressivement devenue refroidissante vis-à-vis du climat grâce à un albédo qui a augmenté, à la faveur de la hausse des surfaces d'herbe qui réfléchissent plus la lumière que les autres végétaux. Puis, en raison du développement des surfaces de maïs au détriment des prairies, le FR redevient positif et augmente jusqu'en 2020 à +2.236 W/m². En termes d'impact climatique, l'effet albédo en 1840 allait dans le sens d'un FR favorable au réchauffement climatique, au même niveau que 2020. A contrario, sur la période 1955-1980 ce FR était légèrement négatif grâce à la part importante d'herbe qui se situait entre 40 et 56 % des surfaces.

La conversion en équivalents CO2 varie de la même manière que le FR : +534 kg éqCO2/ha/an en 1840, -170 kg éqCO2/ha/an en 1965, et +475 kg éqCO2/ha/an en 2020. Converties en équivalent carbone (C), ces valeurs sont respectivement de -47 et +129 kg eqC/ha/an. L'ordre de grandeur de ces valeurs est comparable à la capacité de stockage des systèmes de grande cultures comprenant des prairies temporaires à +47 kgC/ha/an à et de +212 kgC/ha/an pour des prairies permanentes (INRA 2019). Ainsi dans les années 1950, la Bretagne bénéficiait à la fois d'un effet refroidissant sur le climat plus élevé grâce à l'importance des surfaces en herbe et une capacité de séquestration du carbone probablement plus importante qu'en 1840 et 2020.

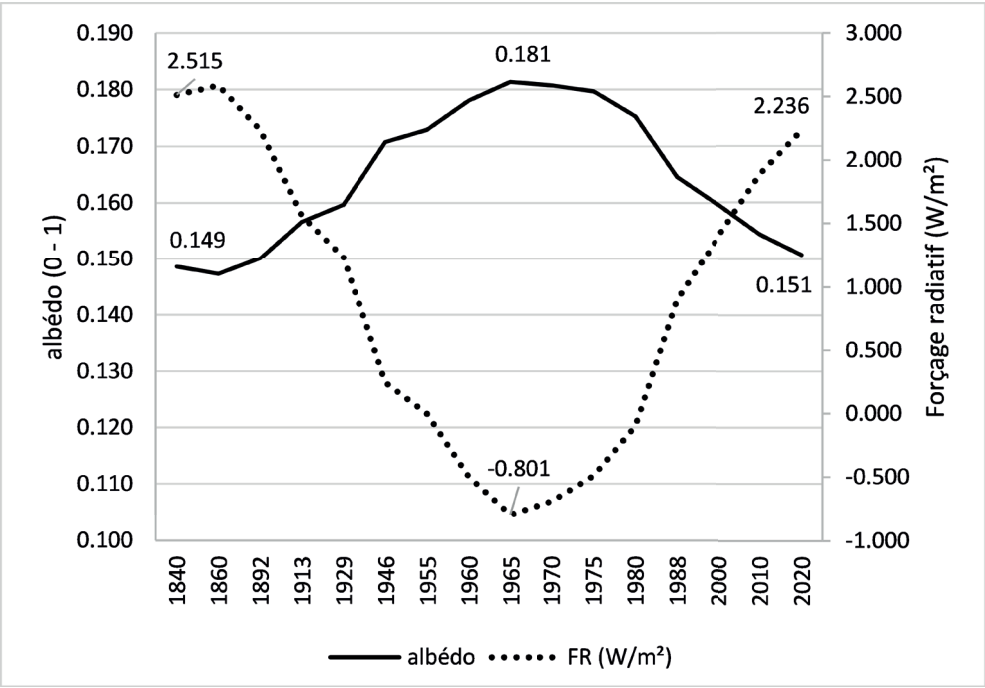


Figure 2 : Évolution théorique de l'albédo des surfaces agricoles, des landes et des forêts en Bretagne entre 1840 et 2020
Figure 2 : Theoretical evolution of the albedo of agricultural land, heathlands, and forests in Brittany between 1840 and 2020

Discussion

Les dynamiques d'albédo annuelles disponibles, ou adaptées, ont permis de réaliser une première estimation de l'albédo de la région de Bretagne sur une longue période. Ce calcul ne prend cependant pas en compte des données telles que le travail du sol (labours, déchaumages, ...) qui peuvent aussi avoir transitoirement un impact sur l'albédo. De même, les repousses de cultures et autres couverts intermédiaires ne sont pas prise en compte ici : leur albédo étant un peu plus élevé que le sol nu (Ferlicoq, 2016). L'albédo de 1840 à 2020 est probablement légèrement sous-estimé, pour peu que le travail du sol où l'éventuel pâturage des repousses ne laisse davantage de sol nu. Il n'a pas été trouvé de données historiques de ces pratiques qui aurait permis d'y répondre. Certaines dynamiques d'albédo, inexistantes, ont été créées pour les besoins de l'étude par manque de références bibliographiques comme celles des landes et des jachères.

La précision de ces résultats est donc probablement moins bonne pour la première moitié de la période considérée (1840-2020), par rapport à la seconde où d'avantages de surfaces disposent de références d'albédo plus solides.

Enfin, les cultivars ont génétiquement évolué entre 1840 et 2020 tout comme les techniques culturales (dates de semis / récolte / fertilisation minérale, ...), qui pourraient potentiellement exercer une influence sur l'albédo de surfaces.

Cette méthode de calcul permet cependant une estimation originale et rapide de l'évolution de l'albédo d'un territoire et d'en estimer l'impact en termes de FR sur le climat. Elle peut présenter un intérêt pour évaluer l'impact sur le forçage radiatif de scénarios prospectifs d'évolution d'une alimentation humaine moins carnée, par exemple, où l'élevage et donc les prairies pourraient régresser au profit de surfaces en cultures à des échelles régionales ou d'un pays entier (Couturier *et al.* 2016).

Le calcul de l'effet albédo de +534 kg éqCO₂/ha/an observé en 1840, est proche de la valeur de 2020 et correspond à un effet réchauffant. Il correspond à l'équivalent d'un déstockage de +145 kg de carbone/ha/an. À titre de comparaison, l'expertise collective de l'INRAE dans le cadre de l'initiative 4 pour 1000 a estimé qu'une extension de l'implantation de cultures intermédiaire retirerait de l'atmosphère l'équivalent de 126 kg C/ha/an en le stockant dans le sol (INRAE, 2019). Cela signifie qu'un changement d'usage des sols lié à un accroissement des surfaces de cultures annuelles, impliquerait une baisse d'albédo et une hausse du forçage radiatif (effet réchauffant). Cette hausse du FR pourrait contrecarrer l'effet d'atténuation sur le climat, de la mise en place de pratiques stockantes de carbone dans le sol. En effet, l'évolution d'usage des sols peut influencer le climat : cela a déjà été montré pour l'abandon des terres agricoles en Amérique lors de la conquête espagnole au

16ème et 17ème Siècle. Les maladies apportées par les Espagnols ayant entraîné une forte diminution des populations indigènes, les terres agricoles se sont afforestées, stockant du carbone atmosphérique, ce qui a entraîné une diminution de la concentration atmosphérique de CO₂ et de la température moyenne planétaire, estimée à -0.15°C (Koch *et al.* 2019)

Cette méthode mobilisant le tableur Sim'a, a donc permis de valoriser de manière assez simple et peu coûteuse des jeux de données existants pour estimer le FR lié à l'effet albédo des surfaces agricoles d'une région. Il pourrait compléter à termes des diagnostics d'émissions de gaz à effet de serre et de stockage de carbone à l'échelle de territoires ou en exploitation agricole, tel que l'outil CAP'2ER®.

Conclusion et perspectives

L'évolution de l'usage des sols bretons sur 180 années a eu un impact sur l'albédo de surface et le forçage radiatif. L'intensification agricole a d'abord permis de réduire le FR jusque dans les années 1970, grâce au développement des surfaces des prairies en lien avec le développement de l'élevage de ruminants en Bretagne, avant qu'il n'augmente à nouveau. Cette étude montre que l'occupation des sols a eu un effet réchauffant sur le climat aussi bien en 1840 qu'en 2020, en passant d'une agriculture faiblement mécanisée et consommatrice d'intrants à une forme d'agriculture plus intensive. Seule la situation intermédiaire, avec une présence d'herbe a permis de générer un effet refroidissant sur le climat.

Ces travaux de simulations déjà réalisées à l'échelle d'un assolement (voir l'article de simulations à l'échelle de l'exploitation, dans ce numéro de Fourrages) a été appliquée à l'échelle d'une région. La mobilisation de simples tableurs rend ces calculs facilement accessibles à des conseillers. Il est ainsi envisageable de les mobiliser pendant des échanges entre des conseillers et/ou des agriculteurs. La précision pourrait être améliorée, par la prise en compte de nouvelles dynamiques d'albédo... mais qui restent à créer. Ces travaux, bien qu'ayant des limites liées à la précision de certaines valeurs d'albédo, montrent que tout changement d'usage des sols, doit tenir compte des impacts potentiels liés à l'albédo de surface au même titre que le stockage / déstockage de carbone, , dans la mesure où ils ont eux aussi un impact sur le climat.

Ce projet Albédo-Prairies a été financé par le fonds Casdar.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agreste Bretagne (2017). Tableaux de l'agriculture bretonne, 174.
- Agreste, occupation du territoire, séries longues.<https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-saiku/?plugin=true&query=query/open/W0021#query/open/W0021>
- AGRESTE : recensements agricoles de 1988, 2000, 2010 et 2020
- Arrouays D., Balesdent J., Germon JC, Jayet P.A., Soussana J.F, Stengel P. (2002). Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ?, Expertise Scientifique Collective,, rapport d'expertise scientifique, 334.
- Ceschia E., Mary B., Ferlicoq M., Pique G. , Carrer D., Dejoux J.-F., Dedieu G, (2017). Potentiel d'atténuation des changements climatiques par les couverts intermédiaires, *Innovations Agronomiques* 62, 43-58.
- Courdescomptes(2023).Lessoutienspublicsauxéleveursdebovins,rapport,137.
<https://www.ccomptes.fr/sites/default/files/2023-10/20230522-S2023-0466-Soutiens-publics-eleveurs-bovins.pdf>
- Couturier C., Charru M., Doublet S., Pointereau P., (2016). Les scénarios Afterres 2050, 96.
- Bright R.M., Bogren W., Bernier P., Astrup R. (2016). Carbon-equivalent metrics for albedo changes in land management contexts: relevance of the time dimension, *Ecological Applications*, 26 (6), 1868-1880.
- Bright R.M., Lund M.T. (2021). CO2-equivalence metrics for surface albedo change based on the radiative forcing concept: a critical review , *Atmos. Chem.Phys.*,21,9887-9907,<https://doi.org/10.5194/acp-21-9887-2021>
- Daucé P., Léon Y., (1982). L'évolution de l'agriculture bretonne depuis 1850 : quelques données, *Sciences Agronomiques Rennes*,2,96. hal01905543.
- Ferlicoq M. (2016). Comparaison pour les agroécosystèmes des contributions biogéochimiques et biophysiques au forçage radiatif net pour l'identification de leviers d'atténuation au changement climatique, THESE, Université Paul Sabatier, 353.
- HarchaouiS.,ChatzimpirosP.(2018).Energy,Nitrogen,andFarmSurplusTransitions in Agriculture from Historical Data Modeling. France, 1882-2013, *Journal of Industrial Ecology*, 123 (2), 412-425. <https://doi.org/10.1111/jiec.12760>
- Hirschler J., Stark F., Gourlaouen Y., Perrot C.,Dubosc N., Ramonteu S. (2019). Evolution des systèmes de polyculture-élevage: une rétrospective statistique 2007-2014, *Innovations Agronomiques*,72 (2019),193-209.
- INRA (2019). Stocker du carbone dans les sols français, quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ?, Résumé de l'étude, 12.
- Koch A., Brierley C., Maslin M.M., Lewis S.L. (2019). Earth system impacts of the European arrival and Great Dying in the Americas after 1492, *Quaternary Science Review*, 207, 13-36.
- Lutz D., Howarth R. (2014). Valuing albedo as an ecosystem service: implications for forest management, *Climatic Change*, 12. DOI 10.1007/s10584-014-1109-0
- Mischler P., Ferlicoq M., Ceschia E., Kerjose E., (2022). L'albédo, un levier d'atténuation du changement climatique méconnu : quel potentiel d'atténuation pour les prairies ?, *Fourrages*, 251, 1-16
- Ringelmann M. (1899). Labours de défrichement, *Journal d'agriculture pratique*, 2, 14-16.<https://www.unicaen.fr/mrsh/bibagri2/book1/champ-conquis-sur-la-lande-en-bretagne.html>
- Sieber P., Bohme S., Ericsson N., Hansson P.A. (2022). Albedo on cropland: Field-scale effects of current agricultural practices in Northern Europe, *Agricultural and forest meteorology*, 11.