

IMPACT SUR L'ALBÉDO DU PÂTURAGE, DE LA FAUCHE, DE L'IMPLANTATION DE CULTURE INTERMÉDIAIRE ET DE LA PART D'HERBE DANS UN ASSOLEMENT.

Simulations avec le prototype de calculateur Sim'α

Auteurs

P. Mischler¹ E. Kerjose¹ E. Ceschia²
M. Ferlicoq²

Résumé

Accroître l'albédo de surface d'une exploitation agricole, permet de générer un forçage radiatif négatif, qui contribue à atténuer le changement climatique lié aux émissions de gaz à effet de serre (GES) d'origine anthropique. Des simulations de l'effet sur l'albédo, de changements d'assolement ainsi que de pratiques de gestion des prairies et des périodes d'interculture ont été réalisées. Augmenter de 10 % la part d'herbe dans la surface agricole utile revient, grâce à l'effet albédo, à réduire le forçage radiatif (FR) de l'assolement d'une exploitation agricole de l'équivalent de -143.9 à -107.4 kg éqCO₂/ha/an. Le pâturage et la fauche limitent selon l'assolement cet effet jusqu'à 10 %, tandis qu'un couvert intermédiaire augmente l'effet refroidissant jusqu'à 6 %.

1 : Institut de l'Elevage, Amiens, pierre.mischler@idele.fr

2 : CESBIO, Université de Toulouse, CNES/CNRS/INRAE/IRD/UPS, Toulouse, France

Mots clés

fauche, pâture, couvert intermédiaire, ruminant, forçage radiatif, équivalence CO₂

Summary

Impact on albedo of grazing, mowing, intercropping implementation, and the share of grass in a crop rotation. Simulations with the Sim'α calculator prototype.

Increasing the surface albedo of a farm allows for generating a negative radiative forcing, which helps to mitigate climate change related to anthropogenic greenhouse gas (GHG) emissions. Simulations of the albedo effect, changes in crop rotation, as well as management practices for grasslands and intercropping periods have been conducted. Increasing the share of grass by 10% in the arable land results, through the albedo effect, in reducing the radiative forcing (RF) of a farm's crop rotation from -143.9 to -107.4 kg CO₂e/ha/year. Grazing and mowing, depending on the crop rotation, limit this effect by up to 10%, while an intermediate cover increases the cooling effect by up to 6%.

Key words

mowing, grazing, intermediate cover, ruminant, radiative forcing, CO₂ equivalent

Pour citer cet article

Mischler P., Kerjose E., Ceschia E., Ferlicoq M. (2024). Impact sur l'albédo du pâturage, de la fauche, de l'implantation de culture intermédiaire et de la part d'herbe dans un assolement.. *Fourrages* 257, 65-73.

Introduction

L'albédo des prairies en France a été caractérisé dans le cadre du projet Albédo-prairies dans plusieurs fermes expérimentales (cf. article P. Mischler dans ce numéro), avec le partenariat scientifique du CESBIO, qui possède une expertise sur l'albédo de cultures majeures en France : Blé, colza, maïs, tournesol. L'ensemble de ces acquis permet désormais d'aborder l'albédo à l'échelle d'une exploitation agricole pouvant inclure un élevage de ruminants.

L'objectif de ce travail a été de réaliser une première estimation de l'effet albédo sur le forçage radiatif (FR) d'assolements et de pratiques agricoles qui décrivent une certaine diversité de systèmes d'élevages. Le terme de « forçage radiatif (ou forçage climatique) désigne une perturbation d'origine extérieure au système climatique qui impacte son bilan énergétique. Une telle perturbation peut être associée à des variations de la concentration atmosphérique d'espèces radiativement actives (les gaz à effet de serre, par exemple)à des modifications du flux d'énergie solaire arrivant au sommet de l'atmosphère, ou encore à des variations d'autres agents pouvant affecter le bilan radiatif de la planète » (Cassou *et al.*, 2013); (par exemple les éruptions volcaniques).Pour en évaluer l'importance sur l'albédo, un calculateur dédié Sim'α, a été utilisé. Cet article étudiera ainsi l'effet albédo dans 2 régions, de 4 assole-

ments contrastés, 2 niveaux d'intensité d'exploitation de l'herbe et la présence plus ou moins longue de couverts entre deux cultures. Enfin, une comparaison de l'effet albédo aux émissions de gaz à effet de serre et à la séquestration du carbone de 6 fermes expérimentales partenaires du projet, sera réalisée.

Matériel et méthode

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

Le calcul de l'impact de l'albédo d'une prairie dans un assolement a été réalisé avec le calculateur Sim'α (Mischler *et al.*, 2022). Ce tableur s'appuie sur des dynamiques annuelles d'albédo (tableau 1), acquises pour l'herbe au cours du projet Albédo-prairies , ici l'herbe est considérée fauchée une fois et pâturée deux fois. Les autres dynamiques, sont issues de travaux de recherche de l'INRAE/ CESBIO pour les cultures et d'autres usages du sol (Ferlicoq 2016, Ceschia *et al.*, 2017). Des données d'albédo françaises sont ainsi disponibles pour le blé, le colza, le maïs, le tournesol, le sol nu, les chaumes, les repousses et la moutarde blanche en culture intermédiaire. L'échelle de temps retenue pour modéliser l'α est la

Tableau 1 : Dynamiques annuelles d'α de plusieurs types d'occupation de surface
Table 1 : Annual dynamics of α for several types of land cover

Décade	1/1	10/1	20/1	1/2	10/2	20/2	1/3	10/3	20/3	1/4	10/4	20/4	1/5	10/5	20/5	1/6	10/6	20/6
Sol nu	0.120	0.113	0.112	0.117	0.117	0.123	0.129	0.129	0.128	0.121	0.132	0.138	0.143	0.143	0.147	0.153	0.155	0.156
Moutarde																		
Blé	0.162	0.142	0.150	0.158	0.164	0.169	0.172	0.174	0.178	0.185	0.193	0.200	0.200	0.200	0.190	0.181	0.172	0.167
Colza	0.158	0.147	0.170	0.166	0.162	0.168	0.173	0.179	0.184	0.190	0.217	0.244	0.226	0.204	0.191	0.183	0.161	0.159
Maïs											0.132	0.138	0.142	0.146	0.150	0.146	0.141	0.157
Prairie	0.268	0.252	0.255	0.257	0.260	0.262	0.261	0.257	0.261	0.260	0.258	0.260	0.248	0.242	0.244	0.243	0.231	0.229

Décade	1/7	10/7	20/7	1/8	10/8	20/8	1/9	10/9	20/9	1/10	10/10	20/10	1/11	10/11	20/11	1/12	10/12	20/12
Sol nu	0.158	0.160	0.158	0.155	0.157	0.162	0.160	0.129	0.160	0.160	0.147	0.143	0.134	0.125	0.123	0.128	0.134	0.120
Moutarde									0.175	0.195	0.205	0.215	0.205	0.2	0.195	0.155		
Blé	0.161	0.156	0.156	0.156				0.174			0.147	0.143	0.161	0.146	0.134	0.153	0.159	0.164
Colza	0.156	0.156			0.157	0.162	0.168	0.179	0.177	0.185	0.192	0.190	0.188	0.186	0.184	0.177	0.169	0.181
Maïs	0.168	0.170	0.174	0.176	0.181	0.182	0.186		0.174	0.168	0.168	0.168						
Prairie	0.229	0.228	0.224	0.216	0.215	0.230	0.235	0.257	0.224	0.240	0.244	0.250	0.254	0.248	0.271	0.262	0.260	0.257

décade, qui rend la lecture des dynamiques plus facile en atténuant les variations inter-journalières.

L'analyse portera sur l'effet sur l'albédo, de modifications d'assolements puis de pratiques : le pâturage et la fauche selon un gradient croissant et la mise en place de cultures intermédiaires sur un sol nu. La finalité est de quantifier l'effet albédo en termes de FR et de le convertir en équivalents CO2, pour le comparer à la séquestration du carbone dans le sol et aux émissions de GES d'exploitations agricoles.

Une diversité de scénarios de changements d'assolement ou de pratiques agricoles

L'effet sur l'α de la part de l'herbe dans l'assolement sur le FR sera calculé en comparant 4 situations :

- 100 % d'herbe, système herbager
- 66 % d'herbe et 33 % de cultures,
- 33 % d'herbe et 66 % de cultures
- 100 % de cultures.

Hormis le système herbager, la sole en culture est répartie comme suit : blé d'hiver (50 %), colza (25 %), maïs (25 %) et sans couverts d'interculture. Le calcul du FR lié au changement d'usage des sols, se fait à partir d'une référence d'usage du sol (cf. Mischler 2023a, ce numéro) : c'est le système sans herbe qui servira ici de référence (tableau 2).

Pour tenir compte de contextes climatiques différents, les calculs ont été réalisés pour 2 régions, les Pays de la Loire (PDL) et l'Occitanie (OCC). Nous avons utilisé les données d'albédo de prairie de la ferme expérimentale de Derval pour les simulations des pays de la Loire et de la ferme du Pradel plus au sud pour les simulations en l'Occitanie. En région PDL la pousse de l'herbe est moins ralentie en été qu'en OCC, ce qui génère un albédo plus élevé. Les dynamiques d'α du blé, du colza et du maïs ont été adaptées (tableau 3) à leurs cycles de croissance régionaux (Kerjose, 2022).

L'effet de la fauche et du pâturage sur l'α été estimé pour les 2 régions. Les calculs ont concerné le système avec 100 % d'herbe où l'impact de ces pratiques sur l'α est plus important, par rapport à des systèmes ayant moins d'herbe. Par convention, nous avons retenu pour le pâturage un effet de -8 % de baisse d'α pendant 2 décades et pour la fauche -14 % et 3 décades. Cela correspond à l'effet le plus important observé dans les fermes expérimentales partenaires du projet (cf. Mischler 2023a, ce numéro). Pour le pâturage, cela correspond à un chargement instantané d'environ 30 à 40 UGB/ha/jour, observé à Trévarez. Les calculs réalisés maximisent donc le prélèvement d'herbe, dont deux niveaux d'intensité ont été étudiés (tableau 4). :

- 2 pâturages et 1 fauche, d'avril à août,
- 5 pâturages et 2 fauches, de mars à octobre

L'effet sur le FR de l'implantation d'une moutarde a concerné le système avec 0 % d'herbe, où l'effet albédo des CIPAN est plus important en raison de la plus grande surface d'interculture disponible, par rapport à des systèmes ayant de l'herbe. Le système sans

Tableau 2 : Proportions des cultures et de l'herbe des systèmes étudiés dans les simulations
Table 2 : Proportions of crops and grass in the systems studied in the simulations

Système	0 % herbe (Référence)	33 % herbe	66 % herbe	100 % herbe
Herbe	0 %	33 %	66 %	100 %
Blé d'hiver	50 %	33.6 %	17 %	0 %
Colza	25 %	16.7 %	8.5 %	0 %
Maïs	25 %	16.7 %	8.5 %	0 %

Tableau 3 : Dates indicatives de semis et de récolte du blé, du colza et du maïs retenus pour la simulation
Table 3 : Indicative sowing and harvesting dates for wheat, rapeseed, and maize selected for the simulation

		Blé	Colza	Maïs
Semi	Pays de la Loire	5/11	1/9	20/4
	Occitanie	1/11	1/9	20/4
Récolte	Pays de la Loire	15/7	1/7	15/10
	Occitanie	1/7	25/6	5/10

Tableau 4 : Dates des pâturages et fauche retenus pour la simulation
Table 4: Dates of pastures and mowing selected for the simulation

	20/3	20/4	20/5	20/6	1/8	20/8	1/9	10/10
2 pâturages + 1 fauche		P		F		P		
5 pâturages +2 fauches	P	P	P	F	P		F	P

herbe et sans culture intermédiaire servira de référence au calcul du FR et sera comparé à l'implantation d'une moutarde de courte et de longue durée (tableau 5).

L'importance de l'effet albédo à l'échelle de 6 fermes expérimentales a été calculée, pour le comparer aux émissions de GES et de stockage de carbone (C). Il s'agit des fermes de Trévarez (Finistère), Derval (Loire Atlantique), Thorigné (Maine et Loire), Le Mourier (Haute Vienne), Jalogny (Saône et Loire) et Le Pradel (Ardèche), pour lesquelles des diagnostics avec l'outil CAP2ER (Idele 2022) qui est utilisé dans le cadre de nombreux projets français et européens, ont été réalisés (Synthèses CAP2ER des 6 fermes expérimentales partenaires du projet, 2021-2022).

Pour toutes les simulations, l'effet albédo a été quantifié en termes de FR (Ceschia *et al.* 2017) et converti en équivalent CO2 en appliquant la méthodologie proposée par Bright (2016, 2021), pour comparer son importance relative par rapport aux émissions de GES et à la séquestration du C. Le calcul du FR induit par effet albédo de l'assolement des fermes expérimentales est réalisé à partir d'une référence composée uniquement de cultures à hauteur de 50 % de blé d'hiver, 25 % de colza et 25 % de maïs. Ce choix se justifie par la place importante de ces 3 cultures en France : 8 445 millions d'hectares sur les 13 081 millions dédiés aux surfaces de céréales, oléo-protéagineux et surfaces de fourrages annuels (Agreste 2021).

Les dynamiques d'albédo des prairies acquises au sein de chacune des 6 fermes expérimentales ont été utilisées pour réaliser les calculs. Le blé et le maïs y représentent l'essentiel des cultures et plus ponctuellement, le tournesol, mobilisent des données d'albédo acquises par le CESBIO (Ferlicoq, 2016). Pour la féverole, nous avons mobilisé des données suédoises, (Sieber *et al.*, 2022).

Résultats : l'effet de changements de pratiques en exploitation agricole sur l'albédo et le FR

Effets de l'assolement

Les simulations montrent une diminution de l'albédo en passant de systèmes totalement herbagers à des systèmes n'ayant que des cultures (figure 1). La baisse est de : de -28 % (OCC) à -33 % (PDL) en moyenne annuelle.

Cette diminution s'explique par les valeurs d' α liées à l'occupation de chaque surface de l'assolement tout au long de l'année : un sol nu a un albédo plus faible que les végétaux (0.140 en moyenne). Il varie entre environ 0.120 en hiver quand il est le plus humide à 0.150 en été quand le sol est plus sec. Ainsi, une proportion de sol nu qui augmente, comme c'est le cas des systèmes qui ont le plus de cultures, réduit l'albédo. Les cultures ont des albédos plus élevés (tableau 6) que le sol nu.

Tableau 5 : Dates de semis et de destruction de la moutarde retenues pour les simulations
Table 5 : Sowing and destruction dates of mustard selected for the simulations

	Région	Moutarde courte durée	Moutarde longue durée
Semis	Pays de la Loire	1-9/9	1-9/8
	Occitanie	1-9/9	20-31/7
Destruction	Pays de la Loire	15/7	1/7
		10-19/12	20-31/1
	Occitanie	10-19/12	20-31/1

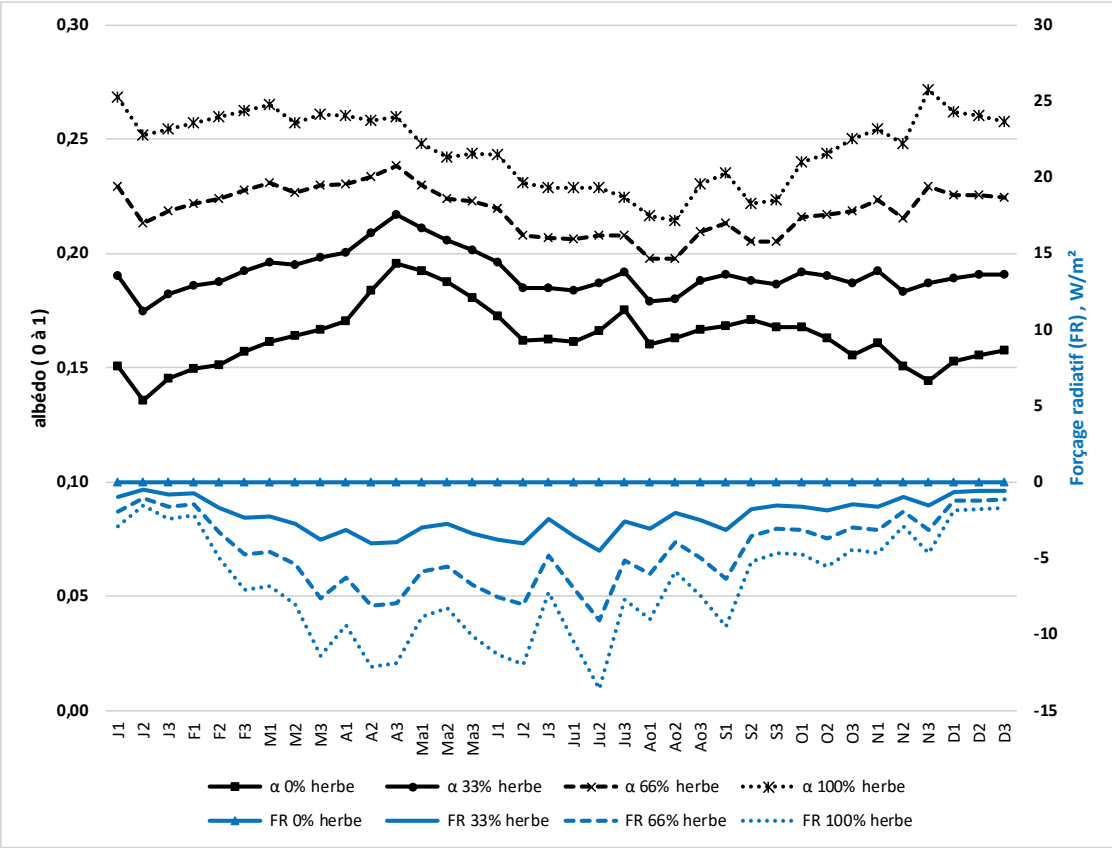


Figure 1: Niveau d'α de FR selon le pourcentage d'herbe dans l'assolement (Pays de la Loire)
Figure 1 : Level of α of RF according to the percentage of grass in the crop rotation (Pays de la Loire)

Les valeurs d'albédo des végétaux du tableau 6, sont une valeur moyenne entre les phases de levée et de recouvrement du sol par le végétal, où l'α du sol réduit l'albédo de surface. Quand leur pleine végétation est atteinte, l'α de surface peut sur une période limitée, facilement dépasser 0.200. L'herbe a l'albédo le plus élevé, car elle couvre le sol en permanence.

En termes de dynamique annuelle, les systèmes herbagers ont un albédo maximal en fin d'hiver qui se réduit en été en passant de 0.265 (PDL) à un minimum de 0.215 en été avant de remonter à l'automne (figure 1). Pour l'Occitanie, ces valeurs sont de 0.274 et 0.178 en été, où une diminution plus importante d'α est mesurée : les prairies y sont davantage en arrêt végétatif, parfois desséchées et laissent apparaître plus de sol nu (figures 2a et 2b)

que pour une prairie des Pays de la Loire (figure 2b). Les systèmes sans herbe ont un comportement différent. Ils partent d'un niveau d'albédo plus faible en janvier (0.136), puis augmentent jusqu'à 0.196 en avril, avant de diminuer progressivement jusqu'à 0.144 à l'automne (figure 1), au moment où il y a le plus de sols nus entre la levée des cultures et leur plein développement.

Le forçage radiatif calculé est d'autant plus négatif (effet refroidissant) qu'il y a de l'herbe dans l'assolement (figure 1). Ainsi le FR des systèmes 100 % herbe est le plus refroidissant par rapport à la référence : -6.779 W/m² (PDL) à -5.063 W/m² (OCC). Cela correspond à -1439 et -1074 kg eqCO²/ha/an par rapport au système n'ayant que des cultures. Ainsi, augmenter la part d'herbe de +10 % d'herbe dans un assolement correspond à un FR de -143.9 à -107.4 kg eqCO²/ha/an.

Tableau 6 : Albédo moyen de différents végétaux et du sol utilisés pour les calculs
L'albédo considéré ici est celui mesuré du semis à la récolte ou destruction du végétal..
Table 6 : Average albedo of various plants and soil used for the calculations.
The albedo considered here is measured from planting to the harvesting or destruction of the plant.

	Sol nu	Blé	Colza	Maïs	Moutarde	Prairie
Pays de la Loire	0.140	0.166	0.179	0.162	0.189	0.246
Occitanie	0.140	0.169	0.178	0.164	0.189	0.227



Figure 2a à gauche, site du Pradel prairie desséchée, juillet 2021 ; figure 2b à droite : Derval prairie bien verte et couvrant le sol, juillet 2021, photographies prises sous les albedomètres.

Figure 2a on the left, Pradel site with dried-out grassland, July 2021; Figure 2b on the right: Derval site with lush green grassland covering the ground, July 2021, photographs taken under the albedometers.

Faucher et pâturer limitent (un peu) l'effet refroidissant des prairies.

Deux modalités de fauche et de pâturage, d'intensité croissante ont été simulées. La première avec 2 pâturages et 1 fauche, simule un prélèvement d'herbe modéré. La seconde, avec 5 pâturages et 2 fauches est plus intensive (figure 2). Ces calculs ont été effectués sur le système 100 % herbe. A l'échelle de l'année, l'albédo baisse dans les 2 régions de -4 % pour la stratégie la plus intensive à -2 % pour la plus modérée. La diminution d'α qui survient surtout au printemps et en été, quand le rayonnement solaire est plus important, impacte davantage le FR parce qu'il y a plus de lumière réfléchi par la surface.

La modalité « 5 pâturages et 2 fauches » génère un FR positif jusqu'à $+1.412 \text{ W/m}^2$, soit $+300 \text{ kg éqkgCO}_2/\text{ha/an}$ (PDL) à $+1.296 \text{ W/m}^2$, soit $+275 \text{ kg eq CO}_2/\text{ha/an}$ (OCC), par rapport à l'absence de prélèvement d'herbe. Ne réaliser que 2 pâturages et une fauche réduit ce FR positif : $+0.756 \text{ W/m}^2$ ($+160 \text{ kg éqCO}_2/\text{ha/an}$, PDL) et 0.695 W/m^2 ($+147 \text{ kg éqCO}_2/\text{ha/an}$, OCC). La gestion la plus intensive génère un FR d'environ $+140 \text{ kg eqCO}_2/\text{ha/an}$ par rapport à la modalité moins intensive. Cela revient à limiter l'effet albédo de 10 % du système herbager et pourrait questionner l'impact sur l'α de systèmes de pâturages tournants, qui, s'ils sont très efficaces pour valoriser la ressource en herbe, pourraient réduire un peu plus l'effet refroidissant des prairies qu'un pâturage classique.

Les cipan, les faire durer ?

L'effet sur l'α de la mise en place de moutarde a été simulé dans les 2 régions, selon 2 modalités (figure 3) : une moutarde, présente de septembre à décembre et une autre sur une durée plus longue, d'août à janvier. Les calculs ont été effectués sur le système sans herbe pour calculer l'impact le plus fort de la présence du couvert intermédiaire sur le FR. A l'échelle de l'année, l'albédo augmente dans les 2 régions étudiées entre +2 % (durée courte) et +4 %

(durée longue). Cette hausse d'α survient cependant entre la fin d'été et le milieu de l'hiver quand le rayonnement solaire est moins important. Par rapport à l'absence de moutarde, le couvert intermédiaire de longue durée génère un FR négatif jusqu'à -0.401 W/m^2 , soit $-85 \text{ kg éqkgCO}_2/\text{ha/an}$ (PDL) à -0.355 W/m^2 , soit $-75 \text{ kg eq CO}_2/\text{ha/an}$ (OCC). Une moutarde de courte durée induit un FR négatif moins important : -0.134 W/m^2 ($-28 \text{ kg éqCO}_2/\text{ha/an}$, PDL) et -0.137 W/m^2 ($-29 \text{ kg éqCO}_2/\text{ha/an}$ OCC). Une durée longue de couvert est donc à privilégier, pour bénéficier d'un FR d'autant plus négatif qu'il y a davantage de lumière en été.

Importance de l'effet albédo sur le FR dans 6 fermes expérimentales

L'herbe représente 54 à 100 % de l'assolement des 6 fermes expérimentales partenaires du projet. Le blé d'hiver est la principale céréale cultivée, présente dans 5 fermes où il représente jusqu'à 17 % de l'assolement. Le maïs et autres cultures de printemps représentent de 9 à 31 % dans 3 fermes.

L'effet albédo génère un FR négatif dans les 6 fermes expérimentales, par rapport à un système de référence sans prairies dont l'assolement est de 50 % de blé, 25 % de maïs et de 25 % de colza. Ce FR est le plus faible à Derval ($-549 \text{ kg éqCO}_2/\text{ha/an}$) en raison de la part importante de maïs qui laisse plus sol nu visible dont l'α est plus faible. Le FR est le plus négatif au Mourier ($-1302 \text{ kg eqCO}_2/\text{ha/an}$) dans ce système entièrement herbager.

Ces résultats sont cohérents avec les simulations réalisées plus haut sur des assolements à proportion d'herbe croissantes et concerne également, Trévarez et Thorigné. Cependant à Jalogny et au Pradel, l'effet refroidissant apparaît plus limité qu'attendu : -744 et $-765 \text{ kg eqCO}_2/\text{ha/an}$ respectivement, alors que l'herbe représente plus de 90 % de la sole. Cela s'explique par le niveau

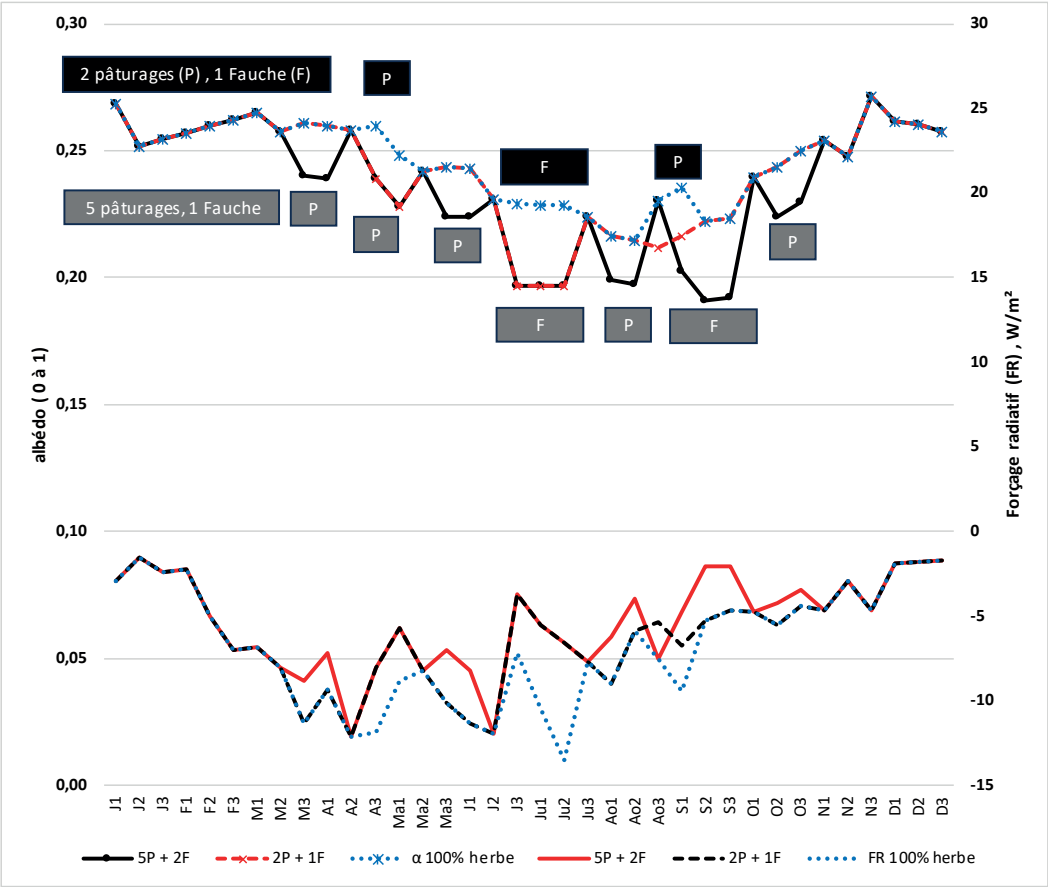


Figure 3 : Effet de niveaux croissants de pâturage et de fauche sur l'α et le FR de prairies (Pays de la Loire)
Figure 3 : Effect of increasing levels of grazing and mowing on α and RF of grasslands (Pays de la Loire)

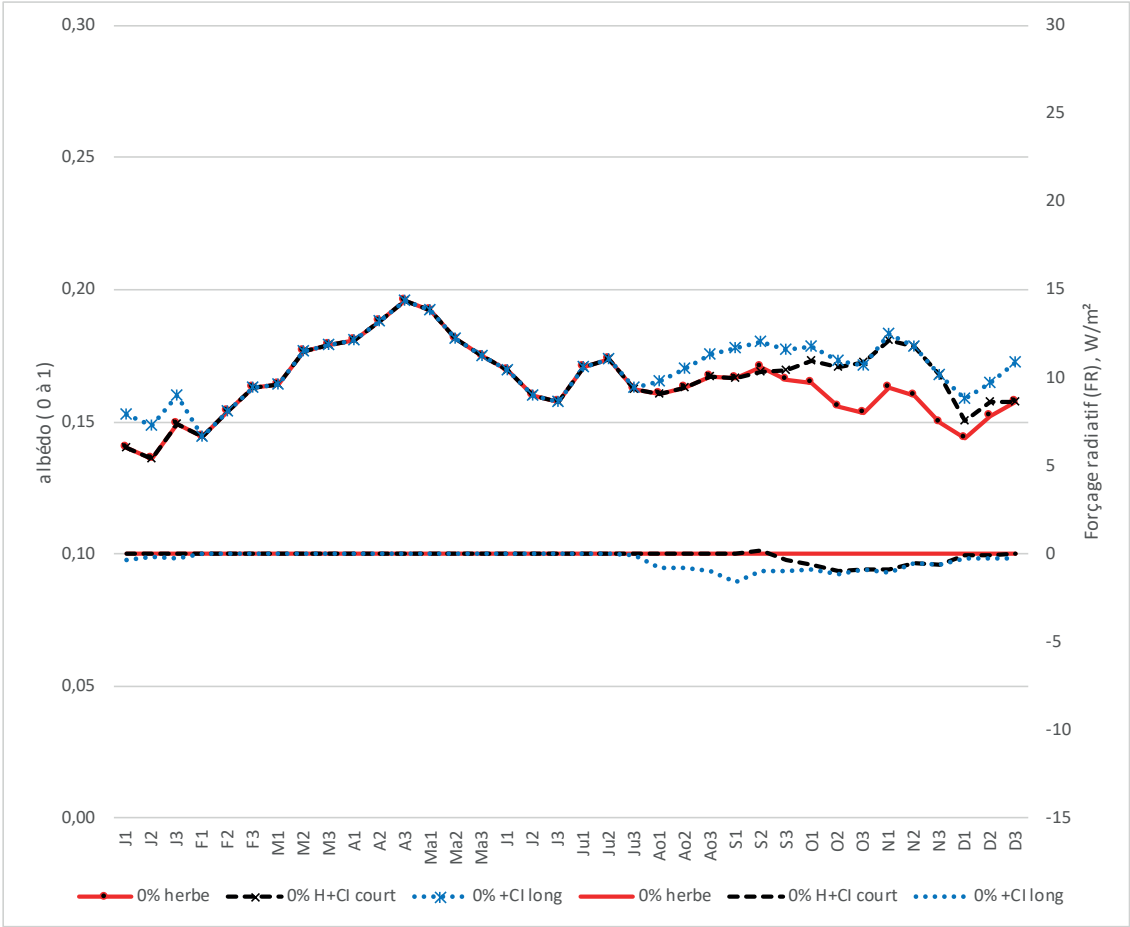


Figure 4 : Effet de niveaux croissants de pâturage et de fauche sur l'α et le FR de prairies (Pays de la Loire)
Figure 4: Effect of increasing levels of grazing and mowing on α and RF of grasslands (Pays de la Loire)

d'α faible des prairies : 0.227 à Jalogny et 0.218 au Pradel (tableau 7). A Jalogny, la parcelle située dans le cours majeur de la rivière Grosne est souvent couverte par une couche de 1 à 2 cm d'eau ce qui réduit l'albédo. Quant au Pradel, le climat méditerranéen, dessèche régulièrement la parcelle qui laisse apparaître davantage du sol nu.

L'effet albédo, en comparaison d'un système 100 % culture, compenserait ainsi 7 % (Derval) à 23 % (Thorigné) des émissions de GES des exploitations. La plus forte compensation est à Thorigné qui émet le moins de GES/ha en raison du mode de production biologique et l'absence d'engrais minéraux. Par rapport à la séquestration du carbone, l'effet albédo représente selon ces calculs, de 31 à 72 % de son importance (tableau 7).

Discussion : couvrir au maximum le sol !

Les assolements les plus herbagers bénéficient le plus de l'effet albédo. Inversement, l'effet refroidissant est plus faible avec les systèmes ayant moins d'herbe. Avec un FR de -107 à -144 kg $\text{eqCO}_2/\text{ha/an}$, par tranche de 10 % d'herbe en plus dans l'assolement, les prairies sont un levier d'atténuation du CC complémentaire de la séquestration du carbone dans le sol. Cependant,

pour agir en termes d'atténuation, les systèmes les plus herbagers doivent maintenir leur part d'herbe dans l'assolement, tandis que les systèmes les moins herbagers devraient accroître le taux de couverture du sol et le maintenir ensuite.

Cet effet est légèrement minoré par le pâturage et la fauche. Elle peuvent induire un $\text{FR} > 0$ jusqu'à +150 kg $\text{eqCO}_2/\text{ha/an}$. Est-ce à dire que le pâturage annule l'effet α de la présence d'herbe ? La réponse est négative : cette valeur maximale correspond au système herbager dont le FR est de l'ordre de -1070 à -1440 kg $\text{eqCO}_2/\text{ha/an}$ par rapport à un système sans herbe. Le pâturage et la fauche les plus intensifs ne limitent dans ces simulations le FR, que de 10 % . Cependant, cela signifie qu'une vigilance doit être portée sur les pâturages qui recherchent un prélèvement maximum de l'herbe des parcelles. Un pâturage intensif se justifie en termes économiques car l'herbe est un fourrage peu onéreux, mais peut induire un épuisement de la prairie en cas de surpâturage. Le risque serait alors de limiter sa capacité de stocker du C dans le sol et d'avoir un α en baisse, puisque le sol devient visible.

Planter un couvert intermédiaire accroît l'albédo de l'assolement. Une moutarde de longue durée peut avoir un FR de l'ordre de -85 kg $\text{eqCO}_2/\text{ha/an}$, qui est comparable à l'effet albédo de +5 à 6 % de la part d'herbe dans la SAU et en ordre de grandeur à la valeur observée (-124 kg $\text{eqCO}_2/\text{ha/an}$) par Ceschia *et al.* en

Tableau 7 : FR induit par l'effet albédo dans 6 fermes expérimentales
Table 7 : RF induced by the albedo effect in 6 experimental farms

	Trévarez	Derval	Thorigné	Mourier	Jalogny	Pradel
SAU	35.2	32.7	12.5	0	0	0
Ha (herbe+ luzerne) (en % de la SAU)	7788	8183	4388	7185	5596	7430
Ha cultures hiver	-1133	-771	-1606	-2486	-2372	-2290
Ha cultures printemps**	-815	-549	-1005	-1302	-744	-765
Emissions GES brutes (kg $\text{eqCO}_2/\text{ha/an}$)	10 %	7 %	23 %	18 %	13 %	10 %
Séquestration carbone (kg $\text{eqCO}_2/\text{ha/an}$)	72 %	71 %	63 %	52 %	31 %	33 %
Effet albédo *** (kg $\text{eqCO}_2/\text{ha/an}$)	0.207	0.196	0.218	0.243	0.207	0.215
Effet albédo /émissions GES	10.8	16.9	24.9	0	3.7	3.6
Effet albédo / séquestration	35.2	32.7	12.5	0	0	0
Albédo moyen annuel SAU	7788	8183	4388	7185	5596	7430
Albédo moyen annuel herbe	-1133	-771	-1606	-2486	-2372	-2290

2017. L'effet refroidissant d'une moutarde est plus faible que celui de l'herbe, car sa durée de végétation est limitée et à une période où le rayonnement solaire est plus faible. Notons qu'une moutarde pourrait être remplacée par une culture dérobée à vocation fourragère, qui en plus de son effet refroidissant est aussi un levier d'autonomie alimentaire non concurrente de l'alimentation humaine.

Ces simulations sont perfectibles. Les dynamiques d'albédo des prairies utilisées ici, ne concernent que 2021 où la météo a été clémente (Météo France, 2022). Elles devront être améliorées en y incluant les valeurs de 2022 qui a connu des canicules et une sécheresse historiques (Météo France, 2023) avec des diminutions parfois importantes d'albédo (voir article de P. Mischler dans ce numéro). Les données de de 2023 qui s'achèvent au moment de la rédaction de cet article feront aussi l'objet d'une prise en compte. Cela permettra pour de futures simulations, de disposer de situations météorologiques contrastées plus ou moins favorables à la pousse de l'herbe et de son albédo.

Ce travail sera poursuivi dans le cadre du futur projet Casdar Albaatre-systèmes à partir de 2024, qui s'intéressera aux « ruptures » de végétation qui surviennent lors du retournement d'une prairie temporaire pour installer des cultures fourragères ou de vente, mais aussi lors de l'implantation de couverts d'interculture fourragers. Enfin, le calculateur Sim'α – qui n'était initialement pas prévu dans le projet Albédo-prairies-, sera amélioré : la version actuelle trop rudimentaire et chronophage pour être utilisée au quotidien doit se voir adjoindre le calcul du FR en W/m², réalisé sur un tableur distinct.

Conclusion et perspectives

Ce travail de simulation de l'effet albédo des prairies sur le FR ouvre des perspectives. Il sera à terme possible d'estimer rapidement l'effet sur le FR induit par l'albédo et de ses évolutions temporelles dans un assolement. Ceci sera étudié dans le cadre de travaux sur l'adaptation de systèmes fourragers au changement climatique. Ainsi l'outil Sim'α visera la quantification de l'impact sur le FR lié à l'albédo, de systèmes fourragers adaptés aux changements attendus du climat. Il pourrait alors devenir une aide à la décision pour la conception de nouveaux systèmes fourragers. Enfin, des ébauches de préconisations peuvent être déjà envisagées. Pour bénéficier de l'effet albédo comme levier d'atténuation du CC : le principe à retenir est de couvrir le plus possible le sol. L'idéal étant de développer la part d'herbe dans un assolement, de couvrir le sol le plus possible entre 2 cultures par des couverts et éviter un excès de pression de pâturage et de fauche sur les parcelles les plus susceptibles de se dégrader rapidement (cas de sols à faibles réserves hydriques).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agreste (2021). Statistique agricole annuelle 2020- chiffres provisoires, Chiffres et données, 62.

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>

Cassou C., Swingedouw, Voldoire A. (2013). Climat, modéliser pour comprendre et anticiper, 40.

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.

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.

Idele(2022).Guidesimplifiédelaméthodologied'évaluationenvironnementale d'une exploitation agricole Cap2'er, 20. https://idele.fr/?eID=cmis_download&olD=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2Fc8b103bc-7a-e6-4723-9879-b7dc1d626b8f&cHash=b487e95cc177c1b3584da634020894e7

Kerjose E. (2022). Synthèse des dates de cycles physiologiques pour différentes cultures, 19, Document de travail produit lors d'un stage de césure d'AgroParisTech.

Météo France (2022). Bilan climatique de l'année 2021 sur la France métropolitaine, 24.

Météo France (2023). Bilan climatique de l'année 2022 sur la France métropolitaine, 37.

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.

Mischler P., Ceschia E., Ferlicoq M. (2024). Contribution de l'albédo de prairies gérées, pour contribuer à l'atténuation du changement climatique, Fourrages 257, 41-56.

Projet Carbon Dairy, <https://idele.fr/carbon-dairy/>

Projet Life Beef Carbon, <https://idele.fr/beef-carbon/>

Synthèses CAP2ER des 6 fermes expérimentales partenaires du projet, 2021-2022 :

- Brasseur C. (2022) : « Ferme expérimentale de Jalogny 2021 », 10 pages
- CapProtéines(2022):«LafermeexpérimentaleduPradelen2021»,2pages
- Daveau B. (2022) : « Ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou 2021 », 12 pages
- Foray S. (2021) : « CAP2ER niveau 2 – ferme expérimentale de Derval 2020 », 7 pages
- Foray S. (2021) : « CAP2ER niveau 2 –Trévarez 2021 », 7 pages
- Moreau S.(2022): «CAP2ERNiveau2 –fermeduMourier2021»,11pages