

Fiche exploration  
méthodologique

La prise en compte de l'effet de  
l'occupation des sols et des  
pratiques sur l'albedo et les flux  
d'énergie et leurs impacts sur le  
climat



**Rédacteurs :** Eric Ceschia (CESBIO), Aurélie Tailleur (ARVALIS), Armelle Gac et Pierre Mischler (Idele)

Les changements d'occupation des sols et des pratiques agricoles modifient des propriétés biogéophysiques de surface comme l'albédo, la rugosité ou les modifications de flux d'énergie à la surface du globe (e.g. rayonnement infrarouge, rapport entre flux de chaleurs sensible et évapotranspiration). Ces mécanismes peuvent selon les cas renforcer ou atténuer les changements climatiques.

L'objectif de cette fiche est de présenter les mécanismes en jeu, un état de l'art sur l'effet des changements d'occupation des sols et des pratiques ainsi que sur leur prise en compte dans l'évaluation des impacts des activités agricoles sur le changement climatique.

Liens avec autre fiche :

- [Fiche 3.2. Projet Albédo.](#)

## Contenu

1. Les mécanismes biophysiques en jeu.....	2
1.1. Les mécanismes radiatifs.....	2
1.2. Les mécanismes non radiatifs .....	2
2. Effet de l'occupation des sols et des pratiques.....	2
3. Intégration de ces effets dans les bilans sur le changement climatique .....	3
4. Références bibliographiques.....	6

## 1. Les mécanismes biophysiques en jeu

Parmi les changements de propriétés biophysiques de surface, on distingue des mécanismes radiatifs (albédo, rayonnement infra-rouge) et des mécanismes non radiatifs (modification de la rugosité de surface, des flux de chaleurs sensibles et évapotranspiration).

### 1.1. Les mécanismes radiatifs

La surface terrestre émet différents types d'ondes électromagnétiques se caractérisant par leur longueur. Les activités agricoles peuvent modifier deux types de radiation.

L'**albédo** caractérise la fraction d'énergie solaire de courte longueur d'onde (400 - 2500 nm) qui est réfléchi par la surface. Cette fraction est notamment fonction de la nature de la surface, de l'humidité et de son relief. En cas d'augmentation de l'albédo, une part plus importante du rayonnement solaire repartira donc vers l'espace, et comme ce rayonnement de courtes longueurs d'ondes interagit peu avec les molécules de GES de l'atmosphère, il n'induit pas (ou peu) de réchauffement de l'atmosphère au cours de son retour vers l'espace. La quantité d'énergie disponible à la surface va donc diminuer, engendrant globalement un refroidissement du système (forçage radiatif négatif).

La surface terrestre absorbe des radiations solaires et ainsi chauffée réémet le flux solaire absorbé sous forme de **rayonnement thermique infrarouge** (longueurs d'ondes > 2500 nm). Ce rayonnement est fonction de la température de la surface. Cette température diminue en présence de végétation car la transpiration des plantes consomme de l'énergie.

### 1.2. Les mécanismes non radiatifs

Il s'agit principalement de transferts d'énergie entre la surface terrestre et l'atmosphère sous forme de chaleur sensible (échange d'énergie calorifique avec l'atmosphère via la turbulence par exemple) ou sous forme de chaleur latente, dans le cas notamment de processus d'évapo-transpiration. Une modification du rapport entre flux de chaleurs sensibles et latente aura une incidence sur le climat qui, pour être évaluée correctement, nécessite un couplage en modèle de surface simulant ces flux et un modèle atmosphérique.

## 2. Effet de l'occupation des sols et des pratiques

Les effets des changements d'albédo et de flux d'énergie en surface sur le climat, en lien avec des changements d'utilisation des terres ont largement été étudiés. Ces études ont démontré que les changements d'occupation des terres, qu'ils soient naturels ou d'origine anthropiques, ont modifié le climat à des échelles régionales ou globale en modifiant l'albédo de surface, les bilans d'énergie (rapport flux de chaleur sensible/chaleur latente) de la basse atmosphère et les cycles hydrologiques (Pellerin et al, 2019).

Des études ont notamment comparé l'albédo pour des prairies et des forêts sur la base de mesures sur le terrain ou en s'appuyant sur des données de télédétection (Pielke et. al. 2002 ; Carrer et al 2012 ; Luysaert et al., 2014).

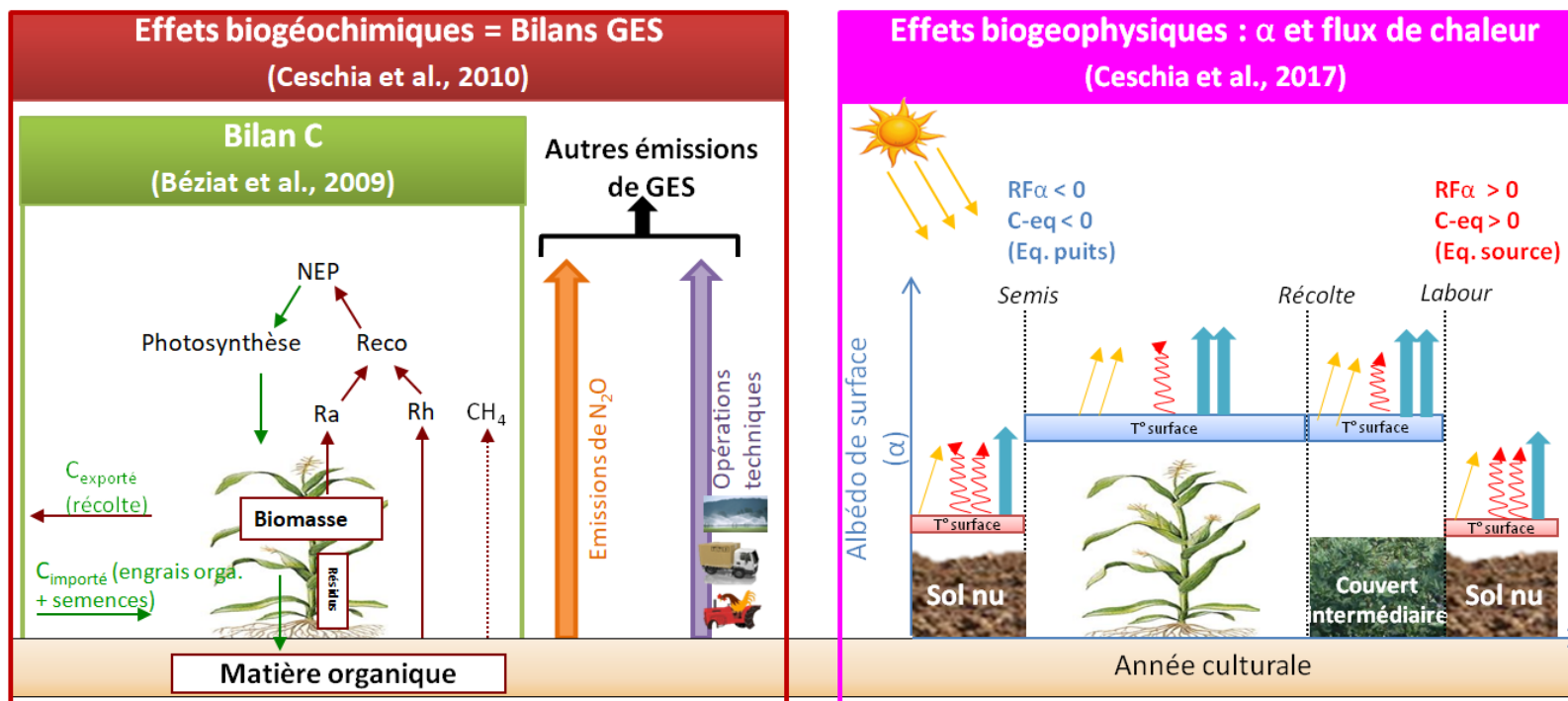
En revanche, peu d'études ont analysé les conséquences biogéophysiques des changements de gestion des écosystèmes continentaux (e.g. Davin et al., 2014) bien que Luyssaert et al. (2014) aient constaté que les effets biogéophysiques sur le climat liés à des changements de pratiques sont de même ordre de grandeur que ceux induits par des changements d'occupation du sol.

Ceschia et al. (2017) a également démontré l'importance de ces effets dans une étude visant à évaluer l'effet de l'implantation d'une culture intermédiaire sur ces flux sur la base d'une expérimentation menée en 2013-2014 sur le site de Lamasquère (Figure 1). Les effets biogéophysiques, radiatifs et non radiatifs, atteignent des ordres de grandeur comparables à ceux du stockage de carbone et, de plus, ne s'atténuent pas au fil du temps. Remplacer un sol nu par une culture intermédiaire modifie deux paramètres du bilan radiatif des parcelles (rayonnement net) : l'albédo et le rayonnement infra-rouge thermique émis par la surface. Enfin, la présence d'une culture intermédiaire va affecter la façon dont l'énergie qui reste disponible en surface va être utilisée, entre chaleur latente (consommée par l'évaporation) et chaleur sensible : le couvert végétal a tendance à accroître l'évapotranspiration, en raison de l'augmentation de la surface d'échanges avec l'atmosphère que représente le feuillage, et de la mobilisation, via le système racinaire, de ressources en eau plus profondes. Cet accroissement des flux de chaleur latente à la surface tend à refroidir le microclimat local ainsi que le sol.

### 3. Intégration de ces effets dans les bilans sur le changement climatique

Il n'existe pas de méthodologie simple pour convertir ces effets en équivalent CO<sub>2</sub>, unité permettant de quantifier les effets sur le changement climatique, ce qui rend difficile la comparaison des effets climatiques d'ordres biogéochimique et biogéophysique. Ce type de comparaison reste en effet complexe (Pellerin et al, 2019 ; Bright et al., 2015) et c'est un domaine de recherche à part entière. Même la comparaison entre eux des effets climatiques liés aux phénomènes biogéophysiques sur le climat est délicate (Bright et al., 2015 ; Sherwood et al., 2018). Elle nécessite, pour être analysée convenablement, d'avoir recours à des approches de modélisations couplées surface-atmosphère qui permettent de prendre en compte les effets de rétroaction du climat sur la surface, comme cela a été réalisé par Davin et al. (2014) pour l'étude de l'effet du travail simplifié du sol sur le climat. Ces comparaisons d'effets biogéophysiques mènent d'ailleurs parfois à des résultats qui peuvent sembler surprenants ou contre intuitifs. Ainsi, les études concernant la déforestation ou l'afforestation ont montré que, selon le type de forêt et les latitudes auxquelles ont lieu ces changements, les conséquences peuvent parfois être opposées.

Effet climatique net (forçage radiatif net) = ( Bilan C + (N<sub>2</sub>O + Opérations techniques) ) + (effet albédo + f(H/ET))



**Légendes:**

- Ray. infrarouge et flux de chaleur sensible
- Ray. de courte longueur d'onde

Evapotranspiration

T° surface

Figure 1 : Représentation conceptuelle de la contribution des composantes biogéochimiques et biogéophysiques au forçage radiatif net appliqué à une culture d'hiver suivie d'un couvert intermédiaire (CI), (ET : évapo-transpiration, H : chaleur sensible) .

Le cadre rouge regroupe l'ensemble des effets biogéochimiques et correspond au bilan annuel de GES de la parcelle, ce qui englobe le bilan de C (encadré vert). Celui-ci est calculé à partir du flux net de CO<sub>2</sub> (ou **NEP**) qui est la résultante des flux de photosynthèse et de respiration de l'écosystème. La respiration de l'écosystème (**Reco**) est composée de la respiration des plantes (**Ra**) et des micro-organismes du sol (**Rh**). Les autres entrées de C (**Cimporté**) sont la fertilisation organique et les semences. Les autres sorties de C sont les produits récoltés (Cexporté). Les flux de CH<sub>4</sub> sont généralement négligeables (hormis pour les rizières). Les émissions de N<sub>2</sub>O (flèches orange), qui entrent en compte dans le calcul du bilan de GES, résultent de l'activité microbienne (nitrification, dénitrification). Les émissions de GES liées aux opérations techniques (flèches violettes) regroupent l'ensemble des opérations réalisées sur la parcelle et en amont (utilisation/entretien des machines et outils, fabrication, transport, stockage des engrais et produits phytosanitaires...). Le cadre rose représente les effets biogéophysiques sur le forçage radiatif net de la parcelle. Ils sont composés d'effets radiatifs de courtes (rayonnement visible et proche infra-rouge) et longues (rayonnement infra-rouge thermique) longueurs d'ondes et d'effets non radiatifs (transport turbulent de l'énergie entre la parcelle et l'atmosphère). Concernant les effets radiatifs de courtes longueurs d'onde, quand l'albédo ( $\alpha$  = la fraction de rayonnement solaire de courte longueur d'onde qui est réfléchi par la surface) augmente, comme en présence de végétation ou résidus de culture par rapport à un sol nu, la fraction de rayonnements courtes longueurs d'ondes (flèches jaunes) réfléchi par la surface augmente, ce qui entraîne un forçage radiatif (**RF $\alpha$** ). En conséquence, il y a moins d'énergie à la surface pour chauffer l'atmosphère si l'albédo augmente. Cet effet refroidissant se répercute sur l'atmosphère et peut être assimilé à un piégeage équivalent de CO<sub>2</sub> atmosphérique. Cet effet est modulé par la répartition de l'énergie qui reste à la surface. Si cette énergie est préférentiellement utilisée pour évapotranspirer de l'eau (flèches bleues ; typiquement en présence d'une culture) alors l'effet refroidissant sera accentué. En revanche quand l'énergie restante est préférentiellement utilisée pour produire des flux de chaleur sensible et du rayonnement infra-rouge (flèches rouges ; typiquement en présence de résidus ou de sol nu), alors l'effet albédo est atténué voire compensé. Si l'albédo décroît (ex. passage de résidus ou couvert à du sol nu), alors cela engendre un forçage positif, équivalent à un accroissement de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Notez qu'en présence de végétation, la surface de la parcelle est globalement plus froide qu'en période de sol nu car la transpiration des plantes consomme de l'énergie. De ce fait, les quantités d'énergies émises sous forme de rayonnement infra-rouge (et de chaleur sensible) sont globalement plus faibles. Le cadre noir représente le forçage radiatif net (**RFnet**) de la parcelle agricole qui englobe les forçages radiatifs liés aux effets biogéochimiques et biogéophysiques. Adapté de Ferlicoq & Ceschia (2015) et de Pellerin et al, 2019.

## 4. Références bibliographiques

Bright R. M., Zhao K., Jackson R. B. Cherubini F., 2015. Quantifying surface albedo and other direct biogeophysical climate forcings of forestry activities. *Global Change Biology* (2015) 21, 3246–3266, doi: 10.1111/gcb.12951

Carrer D., Meurey C., Ceamanos X., Roujean JL., Calvet C., and Siliang Liu. 2012. “Dynamic Mapping of Snow-Free Vegetation and Bare Soil Albedos at Global 1 Km Scale from 10-Year Analysis of MODIS Satellite Products.” *Remote Sensing of Environment* 140 (January): 420–32. doi:10.1016/j.rse.2013.08.041.

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 (2017), 43-58

Davin E.L., Seneviratne S.I., Ciais P., Olliso A., Wang T., 2014. Preferential cooling of hot extremes from cropland albedo management. *PNAS* 111, 9757–9761.

Luyssaert S., Jammot M., Stoy P. C., Estel S., Pongratz J., Ceschia E., Churkina G., et al. 2014. Land Management and Land-Cover Change Have Impacts of Similar Magnitude on Surface Temperature. *Nature Climate Change* 4 (5):389–93. doi:10.1038/nclimate2196.

Pellerin S. et Bamière L. (pilotes scientifiques), Launay C., Martin R., Schiavo M., Angers D., Augusto L., Balesdent J., Basile-Doelsch I., Bellassen V., Cardinael R., Cécillon L., Ceschia E., Chenu C., Constantin J., Darroussin J., Delacote P., Delame N., Gastal F., Gilbert D., Graux A-I., Guenet B., Houot S., Klumpp K., Letort E., Litrico I., Martin M., Menasseri S., Mézière D., Morvan T., Mosnier C., Roger-Estrade J., Saint-André L., Sierra J., Thérond O., Viaud V., Gâteau R., Le Perchec S., Savini I., Réchauchère O. (coordinateur), 2019. Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? Synthèse du rapport d'étude, INRA (France), 114 p.

Pielke R. A., Marland G., Betts R. A., Chase T. N., Eastman J. L., Niles J. O., Niyogi D., and Running S. W., 2002. The Influence of Land-Use Change and Landscape Dynamics on the Climate System: Relevance to Climate- Change Policy beyond the Radiative Effect of Greenhouse Gases.” *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 360 (1797): 1705–19. doi:10.1098/rsta.2002.1027.

Sherwood S. C., Dixit V, Salomez C, 2018. The global warming potential of near-surface emitted water vapour. *Environmental Research Letters* 13 (2018) 104006, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aae018>.