

# Evolution sur le long-terme de l'albédo de surface d'un territoire de polyculture-élevage et impact sur l'atténuation du changement climatique. Exemple de la Bretagne.

*MISCHLER Pierre, Idele*



# Introduction

- **L'association culture – élevage à l'échelle de l'exploitation / territoire peut être un moyen /opportunité pour:**
  - Boucler des flux de matière et d'énergie pour répondre à la raréfaction de ressources
  - Reconfigurer les systèmes de production en faveur de + de synergies culture – élevage, plus autonomes
  - *Cela peut-il signifier accroître l'élevage dans une région où il y en a peu (et/ou inversement)?*
- **Des attentes sociétales questionnent l'élevage (de ruminants entre autres)**
  - Émissions de GES, notamment le méthane
  - La concurrence alimentation humaine / animale: « 70% de la SAU en France, consommées par les animaux » (herbe comprise?)
  - *Cela peut-il signifier manger moins d'animaux et développer les surfaces en cultures?*
- Dans tous les cas, il y a **un changement d'usage des sols qui impacte** (à la hausse / baisse)
  - Les émissions de GES
  - La séquestration du carbone
  - **L'albédo de surface**
  - ...
- **Le projet Albédo-prairies s'est intéressé à la question de l'impact de changement d'usage des sols sur l'albédo de surface**



# Analyse de l'effet de l'albédo à l'échelle de territoires

- Méthode:
- une comparaison de l'évolution temporelle d'albédo d'un territoire de polyculture-élevage: la Bretagne
- Basé sur:
  - L'historique des **changements d'usage des sols au travers de recensements** agricoles et forestiers (mais avec une certaine difficulté pour
    - mais un accès pas simple aux données d'occupation des sols (chronophages)
    - peu de données de type : travail du sol, présence de cipan, etc... (très ponctuel et dispersé)
  - La disponibilité de **dynamiques annuelles d'albédo pour les végétaux** couvrant le sol (Idele, Cesbio)
  - ET estimation de dynamiques annuelles d'albédo selon les données de recherche disponibles et accessibles (cultures : Sieber 2022, Forêts: Lutz & Howarth, 2014).
- Réalisation d'un calcul de:
  - **L'albédo moyen annuel des territoires sur les principales surfaces** (cultures, forêts, ...) sur une longue période (1840-2020)
  - Utilisation d'une calculette ( $\text{Sim}'\alpha$ ), transformation des évolutions d' $\alpha$  en forçage radiatif ( $\text{W}/\text{m}^2$ ). Calcul en  $\text{kg eqCO}_2/\text{ha}/\text{an}$  selon le changement d'usage des sols



[https://evolution-paysage.bretagne-environnement.org/dynamique\\_vallee/pages/theme\\_vallee\\_theme\\_8.html](https://evolution-paysage.bretagne-environnement.org/dynamique_vallee/pages/theme_vallee_theme_8.html)  
<http://arz.fr/index.php/2020/06/11/la-bretagne-cest-un-imper-et-une-mer/>

# L'albédo ( $\alpha$ ), c'est quoi?

- C'est le % de lumière solaire réfléchi par une surface, quelle qu'elle soit (valeur entre 0 et 1)

Quand l'albédo de surface augmente, cela réduit la quantité d'énergie absorbée par la surface terrestre (en  $\text{Watt/m}^2$ ), énergie qui permet de réchauffer l'atmosphère



- L'albédo a un rôle important sur le climat, il a déjà joué un rôle majeur par le passé (la terre « boule de neige »: *Cryogénien, Huronien, Sturtien, Marinoen*)

# Leçon (très, très) rapide (et imparfaite) de climatologie

- La chaleur (Infra Rouges à grande longueur d'onde) est retenue par les GES

- La lumière visible et le proche infra-rouge, ne sont pas/peu retenus

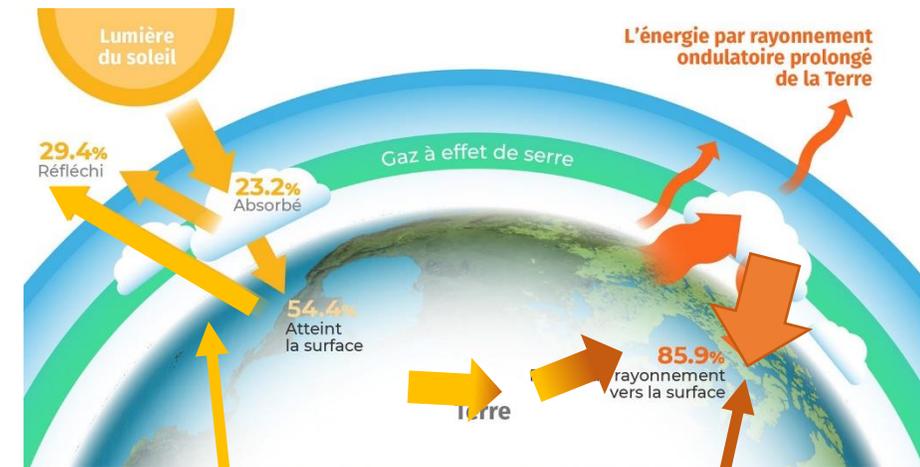
- L'effet de serre généré par les Gaz à Effet de Serre, induit un forçage radiatif (FR) qui permet à la terre, à l'équilibre, d'avoir une température moyenne de 15°C au lieu de -18°C.

- Les GES ajoutés par les activités humaines augmentent la quantité d'Infra-Rouges retenue dans l'atmosphère qui sont émis par la surface, ils ont un **FR positif (effet réchauffant)**

- ✓ Augmenter l'albédo réduit la quantité l'énergie qui atteint la surface, qui restitue moins d'énergie. Cela induit un **FR négatif (effet refroidissant) => Effet biogéophysique**

- ✓ NB: accroître le stockage de CO2 dans le sol retire ce GES de l'atmosphère. Cela induit un **FR négatif => Effet biogéochimique**

→ pour en savoir plus sur l'effet albédo en PCE, le reste: se référer à la présentation de Mischler, Ceschia et Ferlicoq sur l'albédo des prairies présentée le 20/3/24)



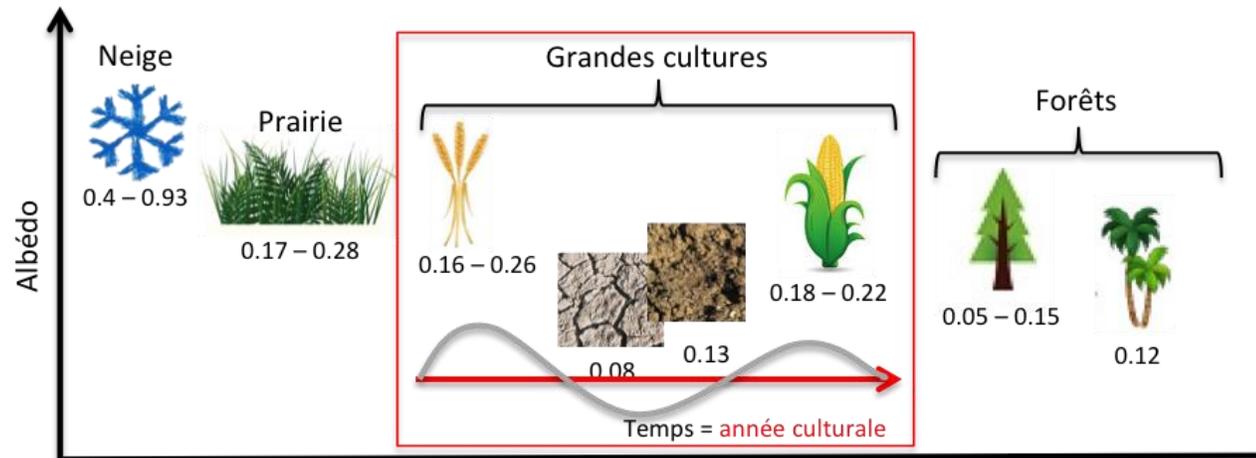
D'après <https://www.qcm-svt.fr/QCM/public-affichage.php?niveau=Tale-Ens-S&id=1324>

Un albédo + élevé  
réduit la quantité  
d'énergie reçue à la  
surface  
=  
Effet refroidissant

Les GES empêchent  
la chaleur de partir  
=  
Ça chauffe!

# L'albédo, ça peut servir à quoi?

- Un complément du stockage de carbone dans le sol, pour atténuer le changement climatique en réduisant la quantité d'énergie qui chauffe la planète.



- Un sol nu est généralement sombre, il a un  $\alpha$  faible, il est « réchauffant »
- Un végétal a un  $\alpha$  plus élevé, il a un effet « refroidissant » par rapport à un sol nu plus sombre
- La prairie a un  $\alpha$  élevé → *quantifié par le projet Albédo-prairies*

# La Bretagne de 1840 à 2020 : de la charrue Dombasle au maïs ensilage.

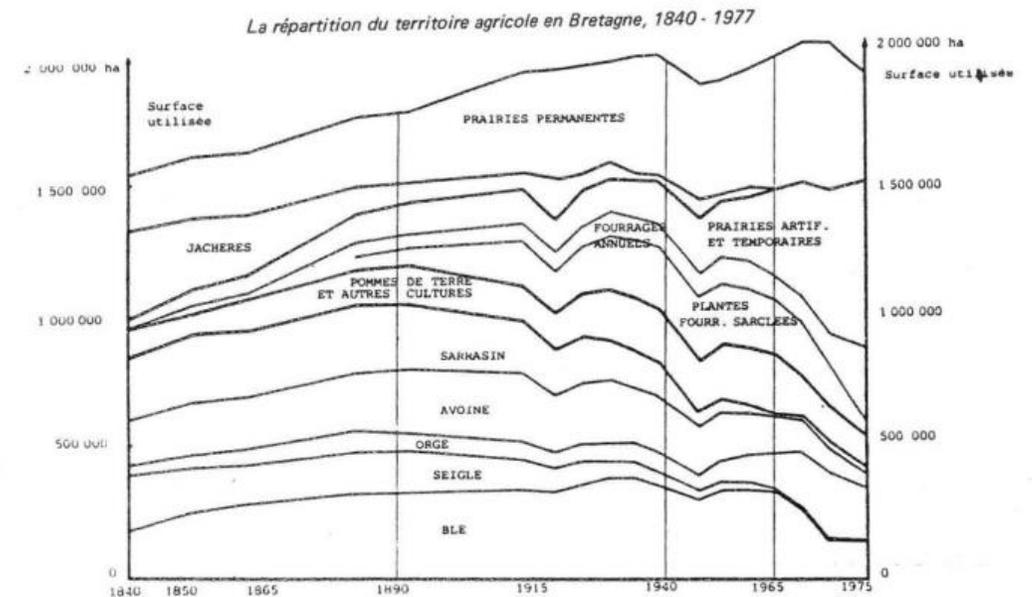


# La Bretagne de 1840 à 2020 : de la charrue Dombasle au maïs ensilage

- **Un document de base:** Pierre Daucé, Yves Léon. *L'évolution de l'agriculture bretonne depuis 1850 : quelques données. Sciences Agronomiques Rennes, 1982, 2, 96 p. ffhal-01905543f (INRA)*
- C'est une description des changements constatés en matière de population agricole, de structures et de systèmes de production en Bretagne
- Les données mobilisées ici:
  - l'évolution des surfaces agricoles, forestières, landes et friches, jachères (1840-2020)
  - En complément une recherche bibliographique complémentaire sur les surfaces artificialisées (à partir de 1980)



GRAPHIQUE 10



# La Bretagne de 1840 à 2020 : 3 phases (selon Daucé et Léon, 1982)

## 1850-1900: la mise en place du système de polyculture élevage

- Jusque 1850: assolement triennal, productivité faible, puis...
- Intensification de la mise en valeur des sols (défrichements)
- Suppression des jachères vers cultures fourragères qui ont la même fonction (alimentation animale, gestion adventices, ...)
- Alliance active entre la culture et l'élevage
- Apparition de l'exploitation familiale individuelle (partage des « communaux »), création d'emplois agricoles
- Une quasi-inexistence de machines

## 1900-1950: l'apogée du système de polyculture élevage

- Un système non spécialisé largement autonome
- Une association étroite des cultures avec l'élevage
- Des achats réduits au minimum
- La vente essentiellement des surplus
- Une productivité du travail assez limitée (23 hommes /100ha)
- Une mécanisation réduite

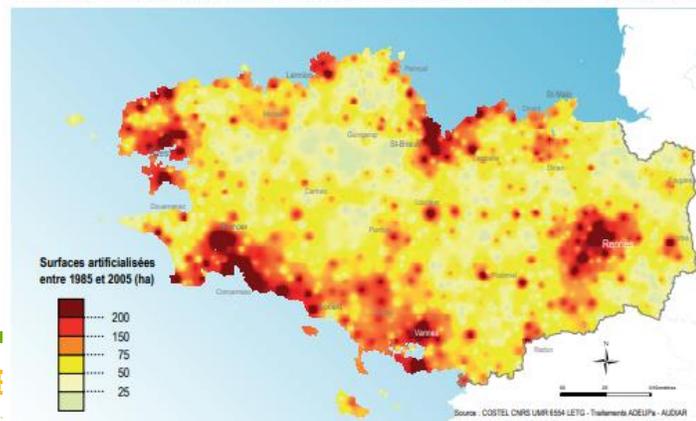
## 1950-2020...: une rupture profonde par rapport à la logique du système de polyculture élevage, fondée sur..

- la spécialisation des productions
- une division poussée du travail
- Une mécanisation accrue
- une substitution travail / capital
- une intensification et une productivité infiniment supérieure
- Une amélioration des conditions de vie
- Une dépendance très forte de l'environnement économique

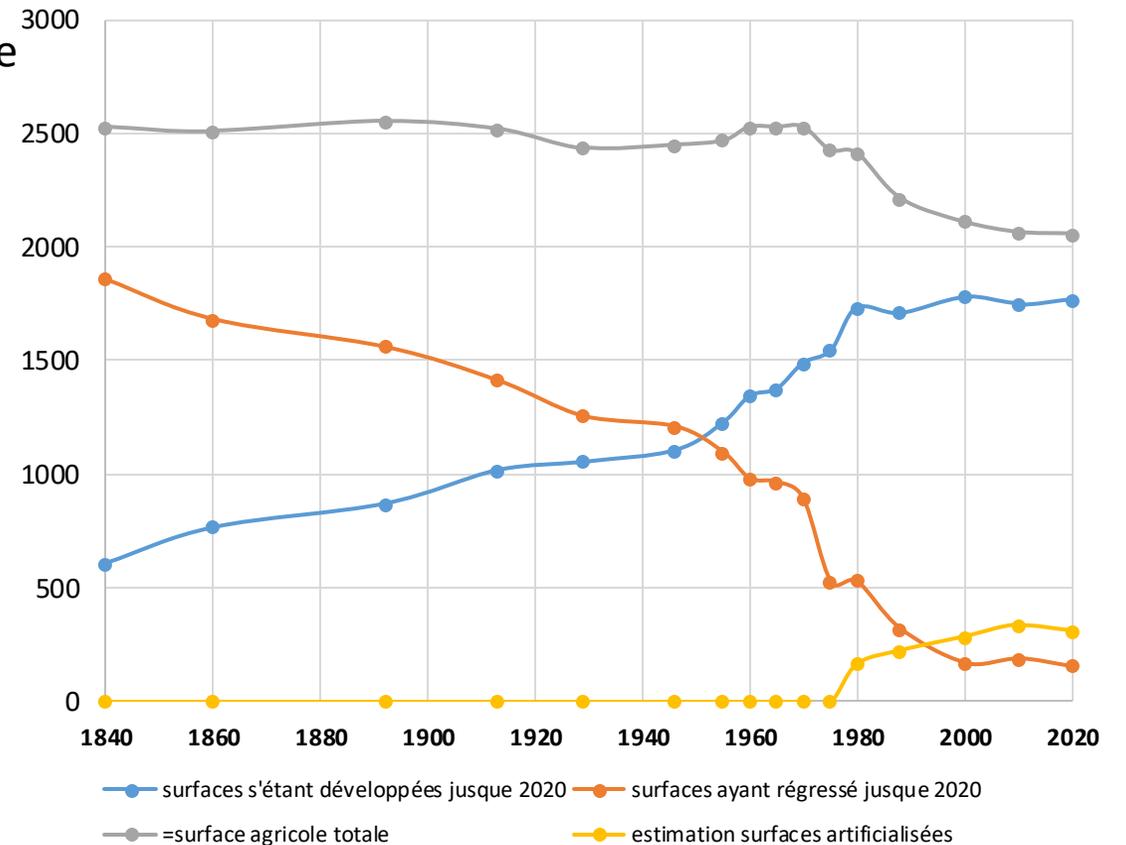
# La Bretagne de 1840 à 2020 : description de l'occupation du sol

- La SAU totale bretonne est stable jusque dans les années 70-80? puis diminue d'environ 500000 ha
- **L'artificialisation des sols** est un facteur majeur d'explication de cette diminution (*source COSTEL CNRS UMR 6554-INSEE*)
  - 310000 ha artificialisés en 2020
  - développement des surfaces forestières
- **Évolution globale des surfaces agricoles et forestières**
  - Celles qui régressent passent de 1,86 M d'ha à 0.156 M d'ha = -92%
  - Celles qui progressent passent de 0.6 M d'ha à 1.77 M d'ha = +195%
  - Concerne en moyenne 70% de la surface bretonne.

Évolution de l'artificialisation du territoire des communes bretonnes entre 1985 et 2005

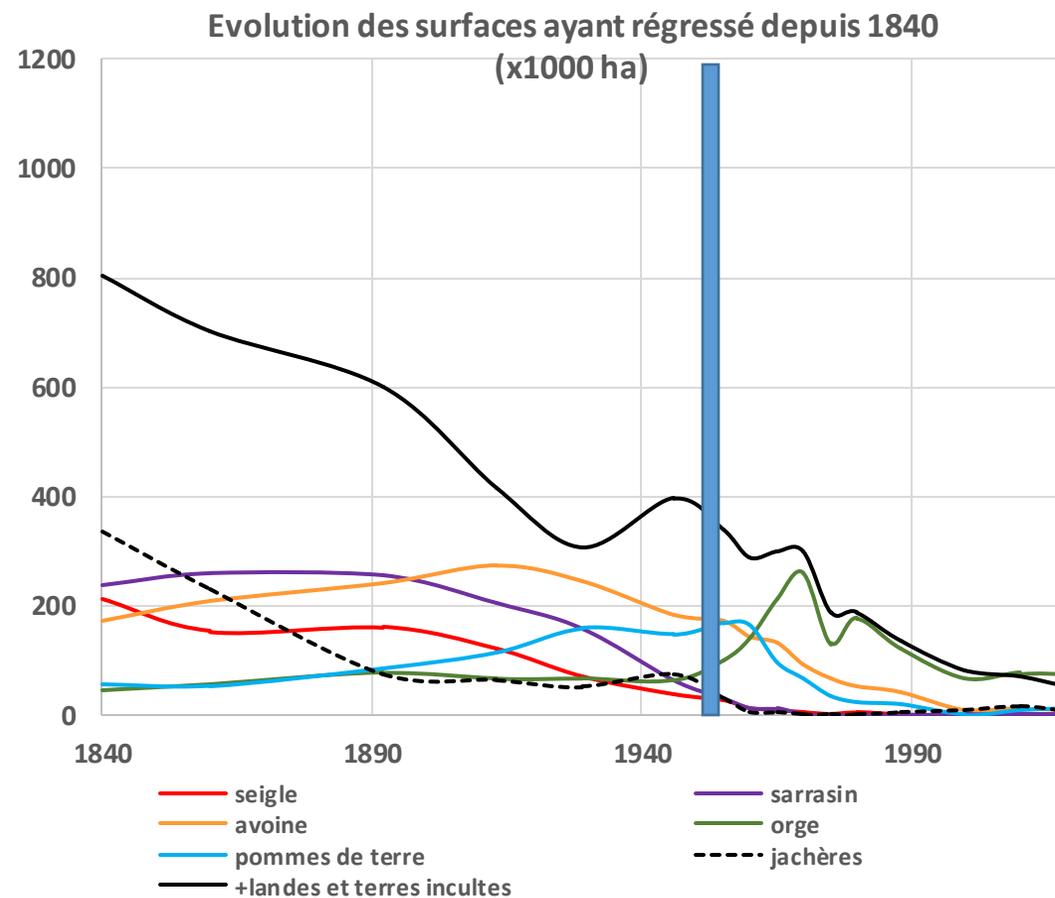


Evolution des surfaces bretonnes 1840-2020 (x1000 ha)



# La Bretagne de 1840 à 2020 : certaines surfaces régressent fortement

- **Jachères, landes et terres incultes disparaissent** quasiment:
  - De 1.139 M d'ha en 1840 à 0.054M ha en 2020
  - Essentiellement valorisées en terres agricoles
- Seigle et avoine passent de 385000 ha à 12400 ha: ces « biocarburants » servaient à l'alimentation humaine et animale
- *Disparition quasi complète de surfaces fourragères (carottes, betteraves, choux, navets rutabagas fourragers (données non montrées))*
- Le sarrasin passe de 237000 ha à presque rien
- La pomme de terre, en partant de 55000 ha en 1840 a culminé à 167000 ha en 1955, puis diminuée à 13160 ha en 2020
- L'orge passe de 44000 ha en 1840 à un pic de 176000 ha en 1980, puis diminue à 75910 ha en 2020.



# La Bretagne de 1840 à 2020 : les surfaces à forte progression

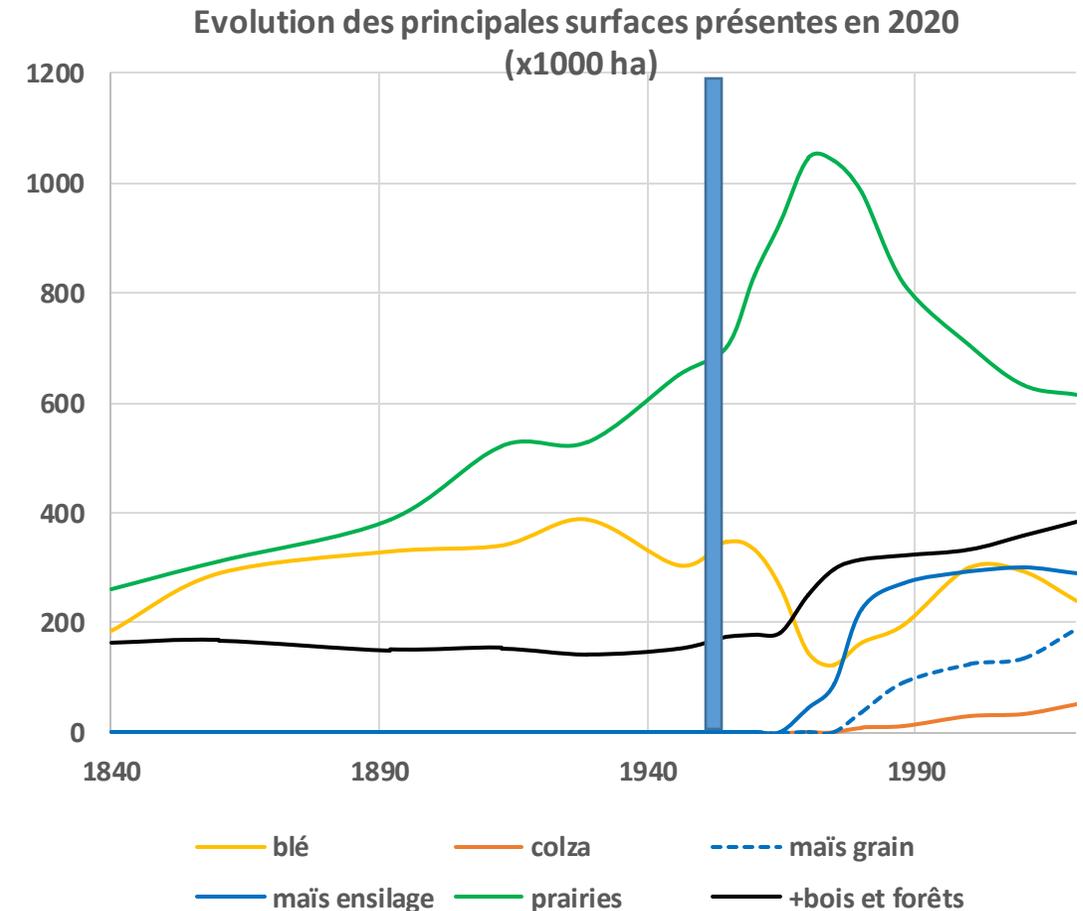
- **L'herbe!**

- Se développe au détriment des jachères, landes et terres incultes (on y revient diapo suivante)
- Un maximum de surfaces au début des années 1980

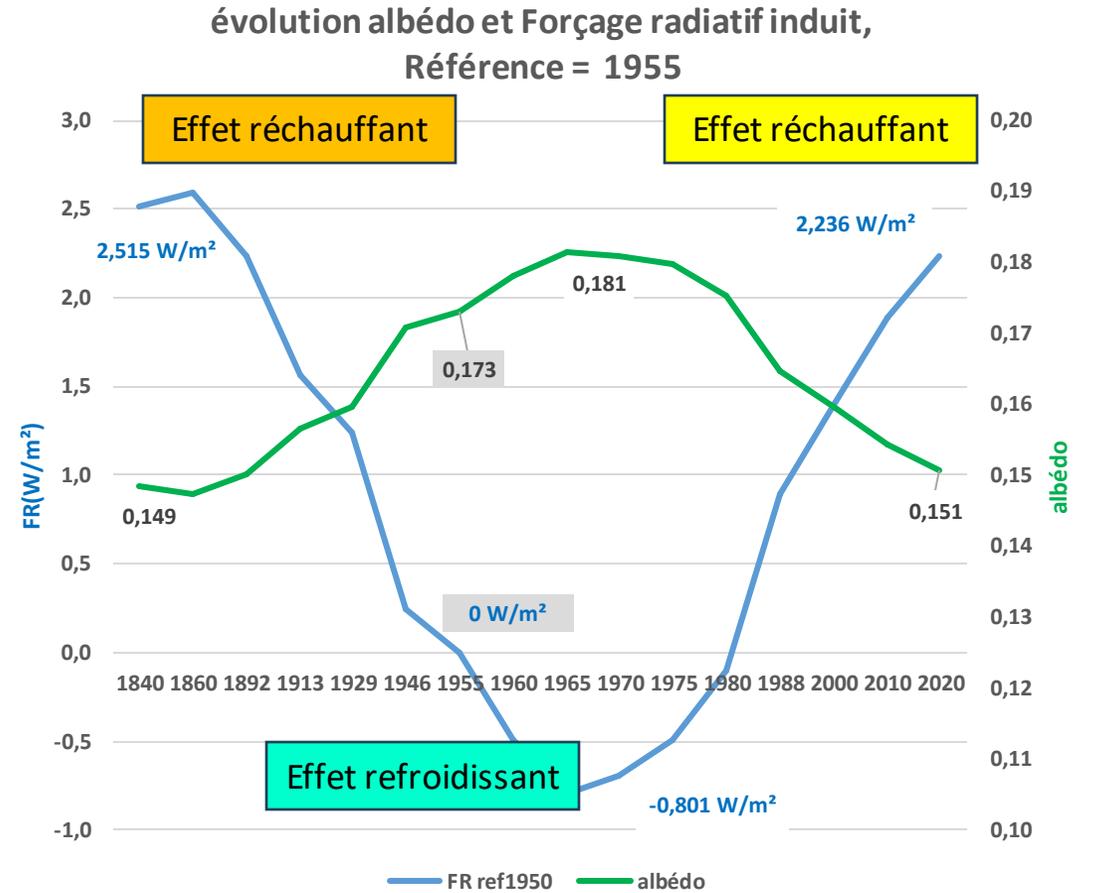
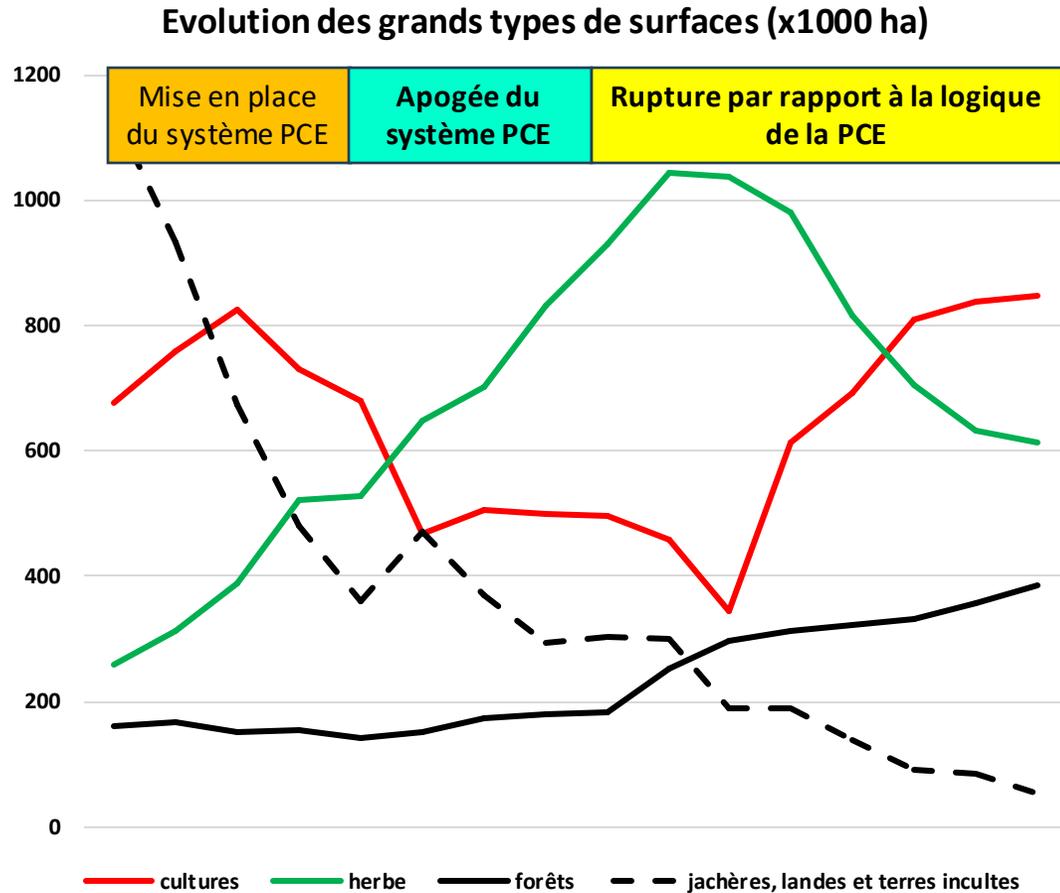
- **Le maïs grain et le maïs ensilage** (surtout) passent de rien, à 479000 ha en 2020, il remplace une partie de l'herbe à partir des années 1980

- L'apparition et une croissance régulière du colza 52210 ha en 2020

- **La forêt qui connaît un fort développement** à partir des années 60: de 183000 ha à 384000 en 2020)



# L'usage des surfaces évolue, l'impact sur le climat aussi



1955  $\approx$  -7 à 800 kg eqCO<sub>2</sub>/ha/an

## En guise de conclusion

- **Une polyculture élevage basée sur l’herbe « vertueuse pour le climat»?**
  - L’albédo simulé est le plus élevé entre 1950-75 en raison de l’expansion maximale des surfaces d’herbe, cela induit un effet refroidissant sur le climat
  - Pour être plus complet, il aurait fallu estimer aussi: **capacité de séquestration du C dans le sol (+ élevée / + d’herbe?) mais une hausse accrue des émissions de GES** (mécanisation, engrais minéraux, effectifs élevage...).
- **Une étude qui permet d’engager une réflexion sur l’impact sur le climat de changement d’usage des sols**, pour des contextes divers: accroissement de synergies C/E , relocalisation de productions, changements de modes d’alimentation...
  - L’herbe dans la PCE peut avoir une bonne place dans l’atténuation du changement climatique.
  - Mais une équation complexe à résoudre ...qui passera par une approche systémique
    - entre place de l’élevage, besoins de production / alimentation, nécessité d’atténuer le changement climatique (réduction des GES, accroissement stockage C, hausse de l’albédo).
    - Tout en faisant face aux impacts négatifs **déjà existant du climat sur** l’activité agricole

# Merci pour votre attention

# L'albédo ( $\alpha$ ) des prairies, c'est un peu comme repeindre sa maison en blanc pour avoir moins chaud

**Le billet sciences**  
Anne Le Gall  
Du lundi au vendredi à 6h55, 8h21 et 11h24  
s'abonner

Avec les températures historiques attendues dans les jours à venir, les climatiseurs risquent de tourner à plein régime. Pourtant, il existe d'autres solutions pour atténuer les températures dans nos maisons ou nos véhicules. Et l'un d'eux est l'"albédo".

Boris Hallier - franceinfo  
Radio France

Publié le 18/07/2022 09:14

Temps de lecture : 1 min.



Un homme peint en blanc un toit. Une peinture réfléchissante à base de coquilles d'huîtres mise au point par Cool Roof France, à Brandérion (Morbihan). (MAXPPFF)

TF1 INFO

Canicule : la France face à une nouvelle vague de chaleur



TF1

## Lait de chaux : la recette pour faire baisser la température sur les routes

M.D. | Reportage TF1 Manon Monnier  
Publié le 2 août 2022 à 10h05

CHALEUR, LE LAIT DE CHAUX POUR PROTÉGER LES ROUTES

Source : JT 13h Semaine

# Les limites et forces de l'étude

- **Limites**

- Précision de certaines données d'albédo
- Pas 100% du territoire pris en compte
- Pas de prise en compte des émissions des GES et séquestration du carbone (mais ce n'était pas l'objectif)

- **Forces**

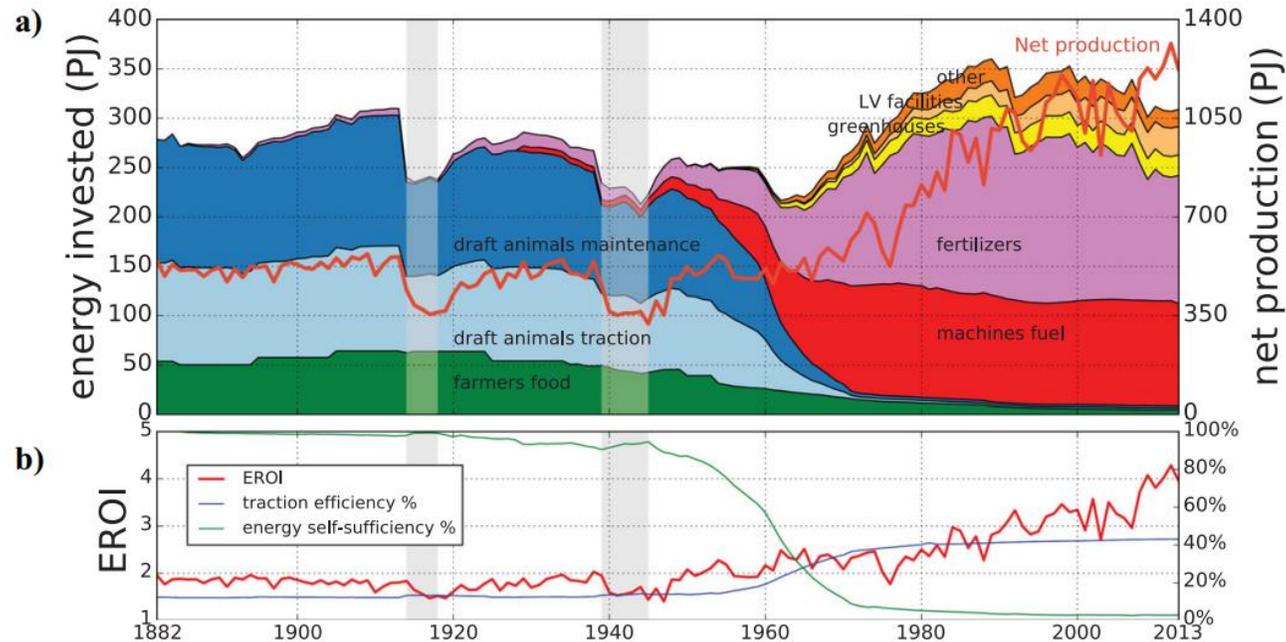
- Mobilisation de données solides d'albédo
- Une base assez unique sur l'évolution des surfaces (Daucé et Léon, 1982)
- Une rétrospective sur 180 ans qui permet de comparer des modes de production contrastés

# Quelques définitions

- L'albédo, ou albedo (sans accent), est le pouvoir réfléchissant d'une surface, c'est-à-dire le rapport du flux d'énergie lumineuse réfléchi au flux d'énergie lumineuse incidente. C'est une grandeur sans dimension, comparable à la réflectance, mais d'application plus spécifique, utilisée notamment en astronomie, climatologie et géologie
- La transmittance (T) correspond à la fraction de la lumière incidente qui est transmise. En d'autres termes, c'est la quantité de lumière qui arrive à traverser la substance et à ressortir de l'autre côté.
- 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)
- Le rayonnement infrarouge (IR) est un rayonnement électromagnétique de longueur d'onde supérieure à celle du spectre visible mais plus courte que celle des micro-ondes. Cette gamme de longueurs d'onde dans le vide de 700 nm à 0,1 ou 1 mm se divise en infrarouge proche, au sens de proche du spectre visible, de 700 à 2 000 nm environ, infrarouge moyen, qui s'étend jusqu'à 20  $\mu\text{m}$ , et infrarouge lointain (celui qui est retenu par les GES).

# Énergie consommée en agriculture

**Figure 4** (a) Aggregate livestock energy conversion efficiency (ECE) and nitrogen conversion efficiency (NCE) (b) Agricultural productivities for cereals, grasslands and net production in gigajoules per hectare (GJ/ha).



**Figure 5** (a) Energy invested per source (petajoules; PJ) and net production (PJ). Self-fueling is the sum of farmers' food and of draft animal feed for traction and maintenance. Other includes energy for irrigation and embodied energy in pesticides and imported feed. (b) Energy return on energy invested (EROI), traction efficiency (%), energy self-sufficiency (%).

**Penser efficience! 3 choix?**  
 = produire peu avec rien?  
 = produire pareil avec moins?  
 = produire plus avec la même chose?

Souhil Harchaoui and Petros Chatzimpiros, 2018, Energy, Nitrogen, and Farm Surplus Transitions in Agriculture from Historical Data Modeling: France, 1882–2013., Journal of Industrial Ecology, vol23 (2), pp 412-425; <https://doi.org/10.1111/jiec.12760>