



HAL
open science

Biomasse-bioénergie et neutralité carbone ; place et rôle potentiels des sols

Pierre Renault, Suzanne Reynders, Mathieu Nogues

► **To cite this version:**

Pierre Renault, Suzanne Reynders, Mathieu Nogues. Biomasse-bioénergie et neutralité carbone ; place et rôle potentiels des sols : Exposé au GT 1 du Comité de prospective de la Commission de régulation de l'énergie (CRE), 04 juillet 2022. 2022, pp.1-24. hal-04232162

HAL Id: hal-04232162

<https://hal.inrae.fr/hal-04232162>

Submitted on 7 Oct 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

➤ Biomasse-bioénergie et neutralité carbone ; place et rôle potentiels des sols

Pierre Renault¹, Suzanne Reynders², Mathieu Nogues³

- 1 : Directeur Scientifique Adjoint Environnement
UAR CODIR (Paris) & UMR EMMAH (Avignon)
pierre.renault@inrae.fr
- 2 : Chargée de mission PPP à DS Environnement,
coord. ORCaSa, UAR CODIR (Paris)
suzanne.reynders@inrae.fr
- 3 : Chargé de projet sol et climat
UAR DRI (Paris)
mathieu.nogues@inrae.fr

Introduction



INRAE

Biomasse-bioénergie et neutralité carbone ; place et rôle potentiels des sols

4 juillet 2022 / Comité de prospective de la Commission de régulation de l'énergie (CRE) / P. Renault, S. Reynders et al..

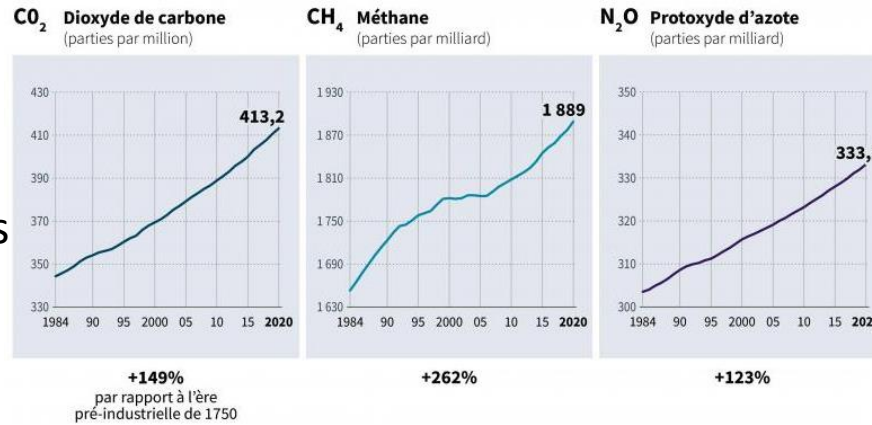
➤ Les objectifs pour cet exposé

- Mieux appréhender les dégradations et les potentialités des sols, les fonctions et services écosystémiques qu'ils assurent et leurs contributions à divers ODD (dont le stockage de C) ;
- Cerner les rôles essentiels assurés par les matières organiques dans la bonne santé des sols ;
- Envisager les compétitions :
 - entre usages des terres pour de la production de matière (aliments, fibres, autres) et pour de la production d'énergie ;
 - Entre les restitutions au sol de matières organiques fraîches ou leur exportation pour de la production d'énergie ;
- Pointer les situations potentielles de compétitions moindres, de co-bénéfices.



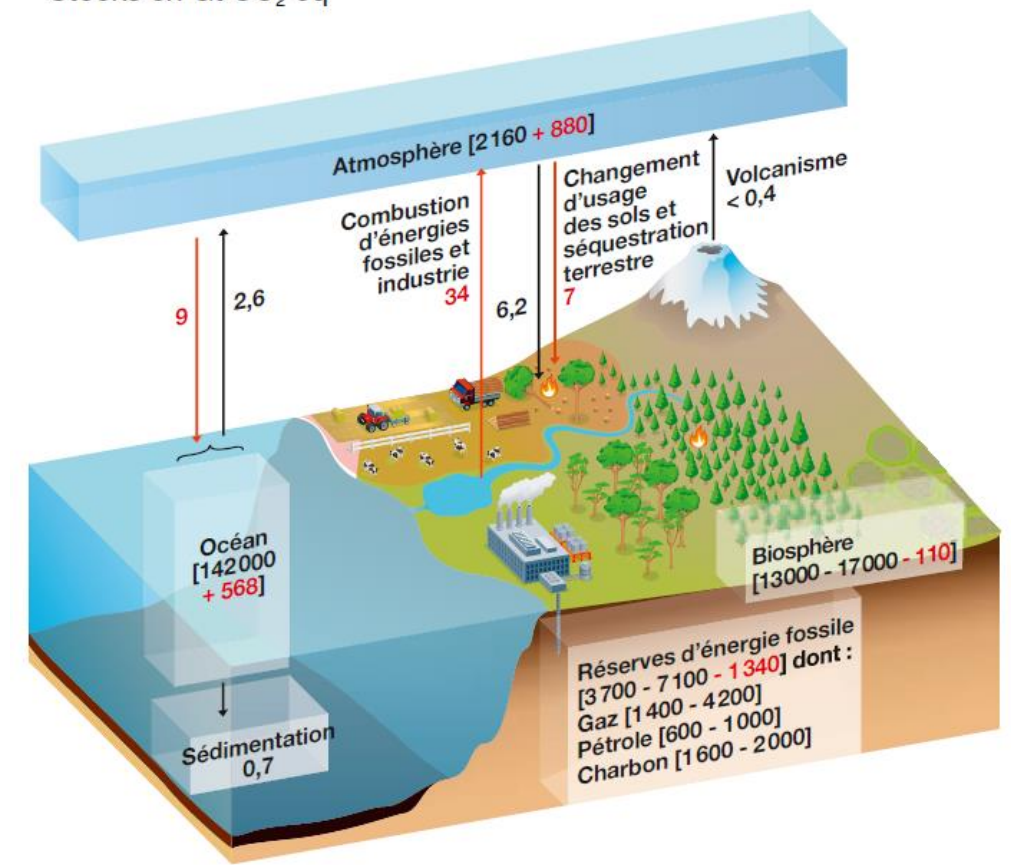
➤ Pools et flux de C à l'échelle planétaire ; généralités

Un enrichissement de l'atmosphère en CO₂, CH₄ et N₂O à l'origine de l'essentiel des changements climatiques (C.S., 2021) ...

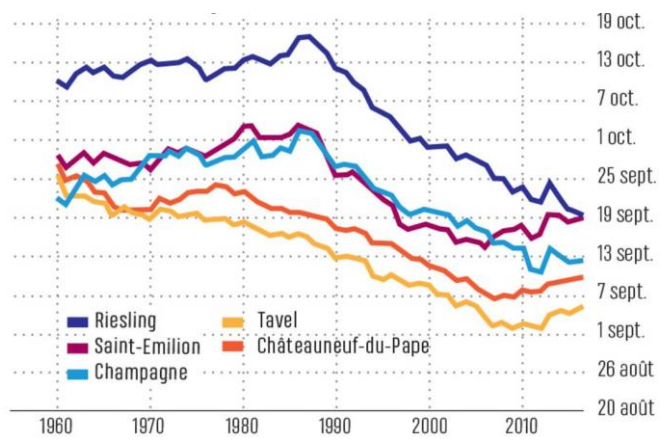


En 1^{ère} cause : la consommation de C organique fossile !

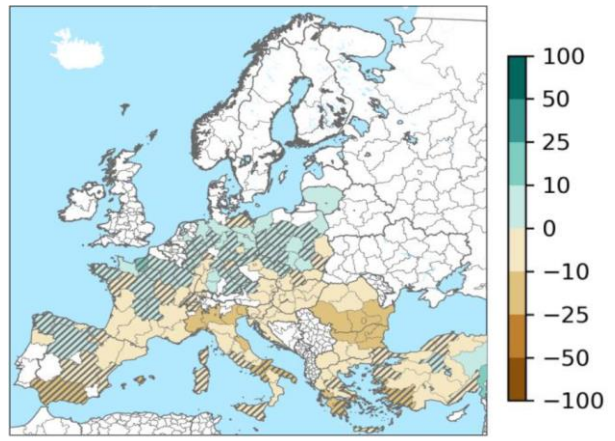
Flux en Gt CO₂ éq/an
Stocks en Gt CO₂ éq



... aux conséquences variées



Vendanges avancées dans le sud de la France (Saux, 2022)



Evolution en % du rendement en maïs grain sur 20 ans pour un scénario GIEC RCP8.5 avec +1.5°C (Toreti et al., 2020)

Pools de C et flux annuels de C entre pools (MTE, 2022)



INRAE

Biomasse-bioénergie et neutralité carbone ; place et rôle potentiels des sols

4 juillet 2022 / Comité de prospective de la Commission de régulation de l'énergie (CRE) / P. Renault, S. Reynders et al..

➤ Biomasse-bioénergie : paysage français actuel (sources, voies de transformation, grands flux) et objectifs de la SNBC pour 2050

**Actuellement en France :
biomasse ≈ 55% EnR finales**

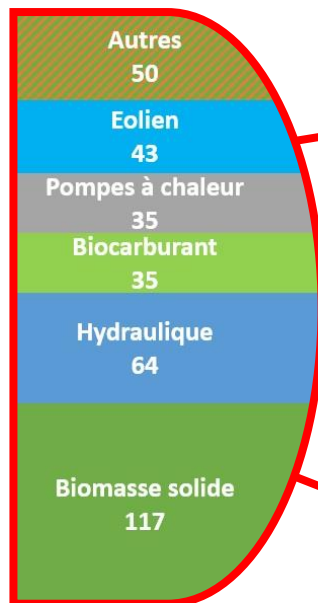
Déchets :

- Déchets verts
- Biodéchets des ménages
- Déchets de la restauration
- Déchets de la distribution
- Déchets des IAA et de la pêche
- Déchets de la filière bois
- Boues de station d'épuration
- etc.

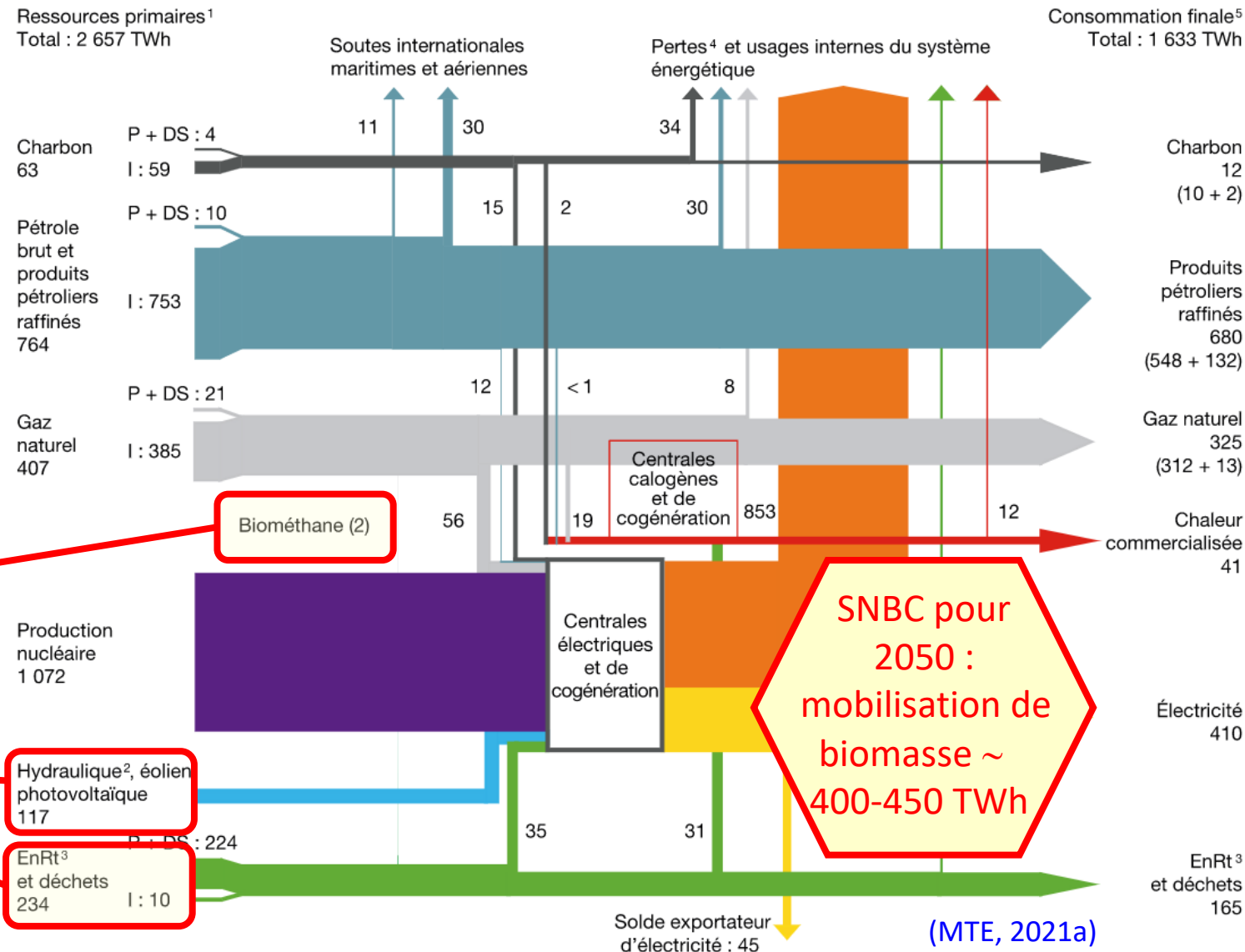
Agriculture :

- Cultures dédiées
- Résidus de culture
- Cultures intermédiaires
- Effluents d'élevage

Forêt



En TWh, en 2020 (données non corrigées des variations climatiques)



➤ Sols : services écosystémiques et ODD, dégradations actuelles et rôles spécifiques des matières organiques

Les sols non renouvelables à échelle humaine :
(échelle de l'ordre du millénaire)

Les sols impliqués dans divers ODD

Les sols soumis à des pressions sans précédent :

- érosions hydrique et éolienne ;
- contaminations diverses et salinisation
- perte de biodiversité ;
- Désertification ;
- compactage et imperméabilisation ;
- Assèchement de tourbières avec forte dégradation ultérieure des M.O.
- Artificialisation.

Au niveau mondial (FAO) : 33 % des sols déjà dégradés ; plus de 90 % pourraient l'être d'ici 2050 ;

Au niveau UE (EC, 2020) :

- 25 à 30% des sols, tous agricoles, perdent de la matière organique, reçoivent trop de nutriments, s'érosionnent, sont compactés, subissent une salinisation croissante et des perturbations ;
- 30% , tous non agricoles, sont soumis à des pressions non soutenables ;
- $\geq 12,9\%$ des sols subissent d'autres pressions : 0,6 (bas CO₂) + 7 (compactage) + 2,3 (décharges) + 2,4 (arborescence), dont ~50% non liés à l'érosion.

60-70% des sols de l'UE dégradés



M.O. : des co-bénéfices pour le climat, le sol (lutte contre l'érosion, protection de la biodiversité), l'agriculture, la qualité de l'eau ...

➤ Les sols à la croisée de différents défis

5 grands défis :

- 1) Protection des sols et des habitats (réservoir de biodiversité) ;
- 2) Atténuation adaptation changement climatique (CO_2 , CH_4 , N_2O ...) ;
- 3) Santé humaine (& One Health) ;
- 4) Satisfaction besoins biomasse-matière et biomasse-énergie ;
- 5) Durabilités (environnementale, sociale, agricole, économique).



Des solutions communes à plusieurs défis :

- Stockage de C dans les sols ;
- Intercultures couvrantes et légumineuses ;
- Réduction du travail du sol ;
- Elevage (autonomie C, N et P) ;
- Limitation des fertilisants minéraux (N) (P) et pesticides ;
- Recyclage et économie circulaire ;
- Changements de régimes alimentaires (protéines animales/végétales).

**Production coûteuse
en énergie**

**Ressource
limitée**

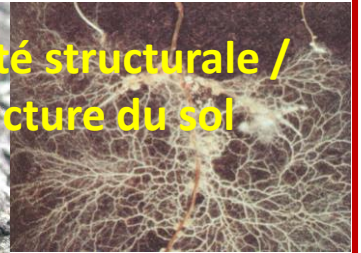
La matière organique indispensable à la « bonne santé » des sols



**Substrats pour
le Vivant**



**Stabilité structurale /
structure du sol**



**Complexe d'échange
cationique (C.E.C.)**

**Autres : transport,
immobilisations spécifiques
pour biochar ...**

Des solutions à effets potentiels antagonistes :

- Produire de la biomasse-bioénergie OU de la biomasse alimentaire, voire autre (fibres, santé ...) ;
- Valoriser des déchets en produisant de l'énergie ou en les enfouissant dans le sol.

Diverses stratégies ... :

U.E. : Pacte vert, législation sol attendue (avant 2023), Mission HORIZON « Un pacte pour des sols sains en Europe » ...

France : loi « Climat & résilience » (dont volet artificialisation des sols), SNBC et LBC ...



INRAE

Biomasse-bioénergie et neutralité carbone ; place et rôle potentiels des sols

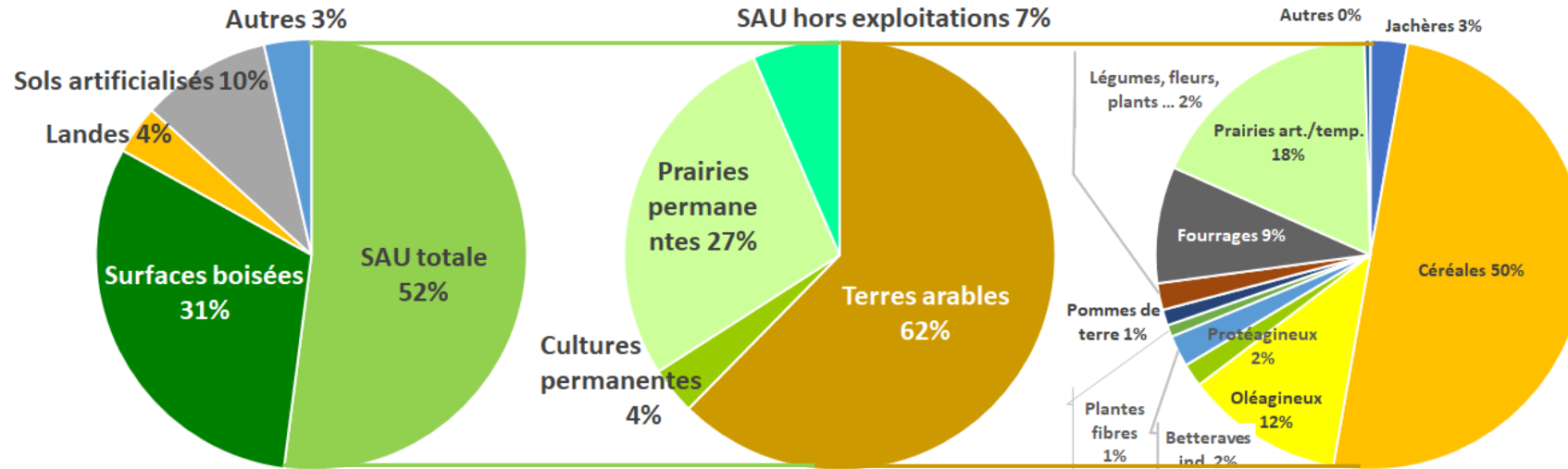
4 juillet 2022 / Comité de prospective de la Commission de régulation de l'énergie (CRE) / P. Renault, S. Reynders et al..

Des compétitions potentielles pour les surfaces et les usages des matières organiques résiduelles



➤ **Compétitions potentielles de surfaces entre productions à des fins de bioénergie ou de matière (alimentation, fibres ...)**

Utilisation des terres en France métropolitaine en 2021 :



(d'après Agreste, 2021)

(≥ 44% SAU pour l'élevage)

Le nucléaire en France
 56 réacteurs de 900 MW (×32), 1300 MW (×20) et 1450 MW (×4) ([lien](#))
~ 530 TWh (si tous fonctionnaient !)
 Pour la moitié en service ~ **265 TWh**

Le potentiel de l'agrivoltaïsme
 1 000 ha équipés ~ 1Gwc ~ 1,2 TWh (variable, [lien](#))
50 000 ha équipés ~ 58 TWh
 (~ 1% des surfaces artificialisées, ~ 0,6% des surfaces en céréales)

Surfaces destinées à la production de biocarburants

Ressource	SAU brute (ha)	SAU nette (ha)
Maïs	44 896	39 957
Blé	42 912	36 046
Betteraves	144 938	94 210
Colza	729 012	466 568
Tournesol	83 466	53 418

0.9

Bois buche : (25 Mm³, 800 000 t) 35,8% des EnR, 66% de chaleur R (93 TWh), 2,5% d'électricité R (2,7 TWh) (ser et France Bois Forêt, 2021)
Agriculture : 25% des EnR, 96% des biocarburants, 26% du biogaz, 13% du photovoltaïque, 83% de l'éolien (Courteau et Fugit, 2020)

Rendement énergie
Betterave ([lien](#)) :
 ~ 9000 l.ha⁻¹
 ~ 4,6 tep .ha⁻¹
 ~ 54 MWh .ha⁻¹
1000 ha ~ 54 GWh



INRAE

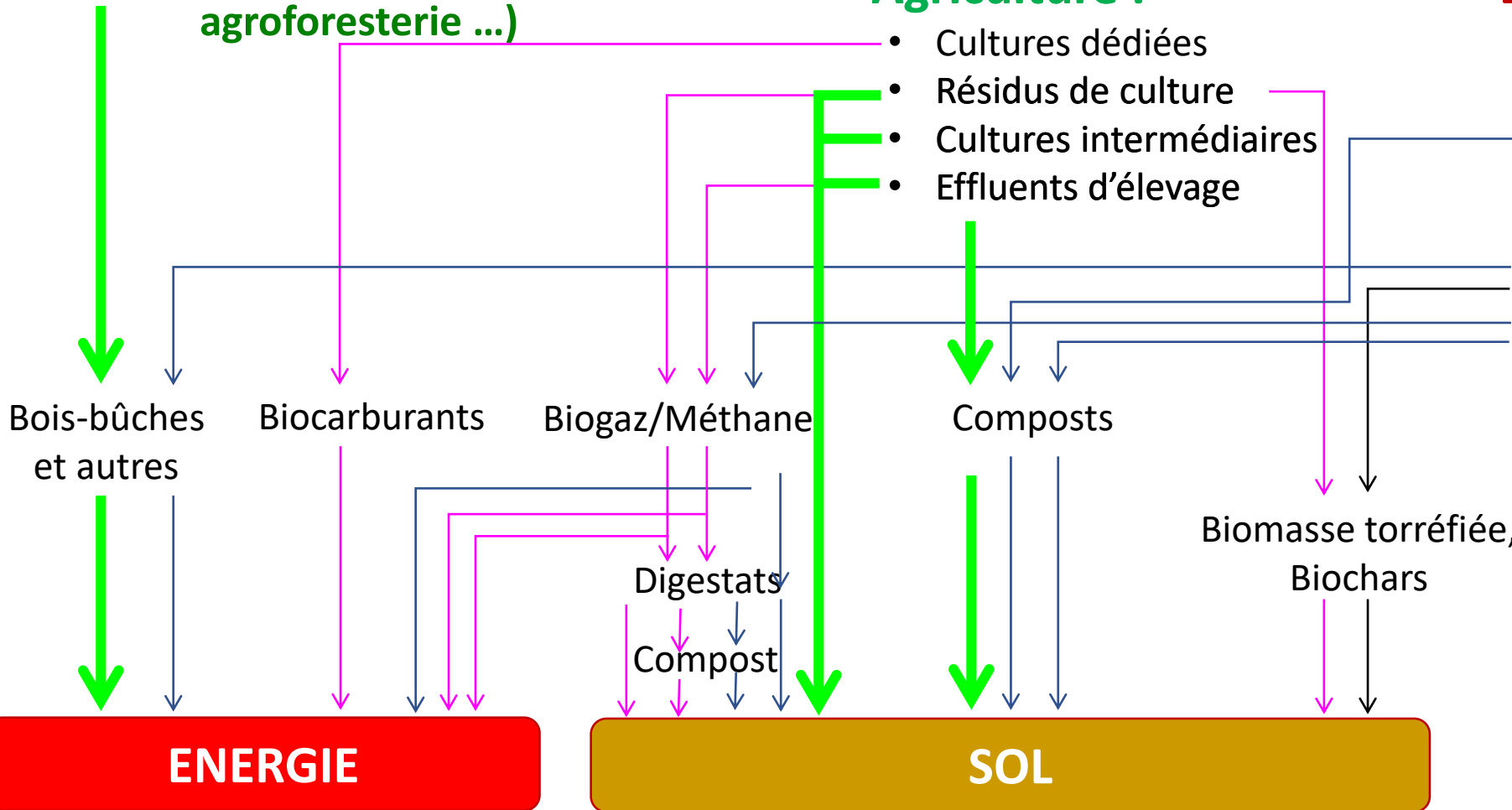
Biomasse-bioénergie et neutralité carbone ; place et rôle potentiels des sols

4 juillet 2022 / Comité de prospective de la Commission de régulation de l'énergie (CRE) / P. Renault, S. Reynders et al..

(Mourjane et Fosse, 2021)

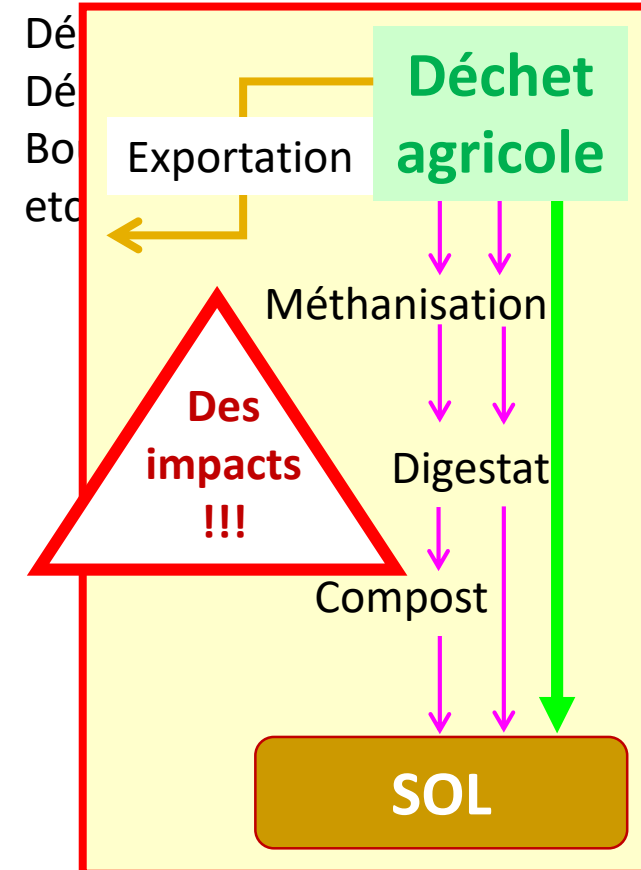
➤ Des compétitions entre exportations et restitutions au sol de matières organiques (usage sur place et/ou exporter ?)

Forêt (+ arbre rural : haies, agroforesterie ...)



Déchets non agricoles :

- Déchets verts (y compris algues)
- Biodéchets des ménages
- Déchets de la restauration
- Déchets de la distribution
- Dé
- Dé
- Bo
- etc



➤ Des compétitions entre exportations et restitutions au sol de matières organiques (usage sur place et/ou exporter ?)



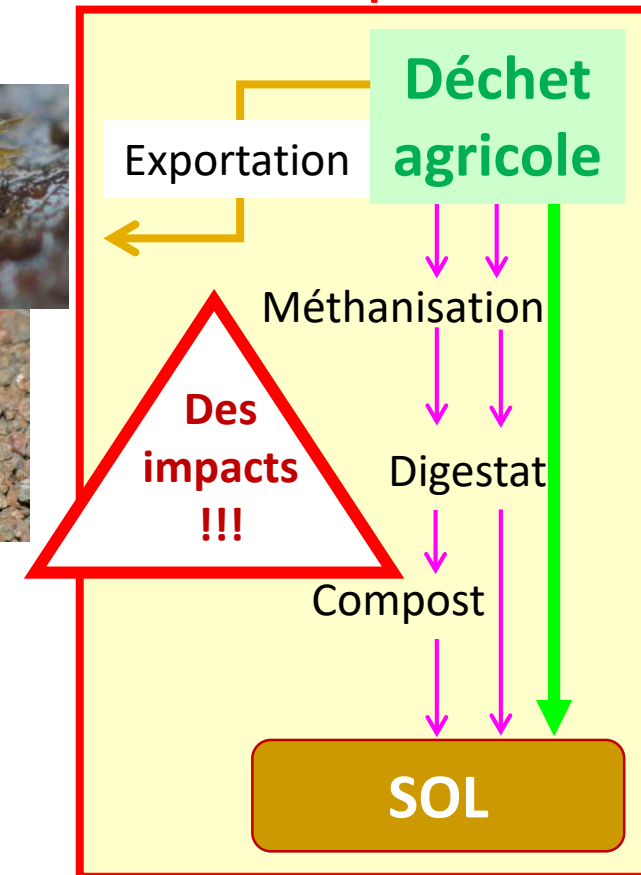
Ingénieur des litières :

(escargots et limaces, cloportes, iules, enchytréides, vers épigés, vers anéciques ; acariens, collemboles saprophages ...)

Ingénieurs du sol :

(vers de terre, fourmis, termites ...)

Des acteurs spécialisés !



Le devenir des matières organiques dans les sols et leurs impacts ; stratégie



➤ Stocker du carbone dans les sols français (Pellerin et al., 2020)

Sols en France : 3,58 Gt C org. de 0 à 30 cm
 ~13,4 Gt CO₂ hors surf. artif.

Forêts ~ 81 tC.ha⁻¹ → **tendance +**

Prairie perm. ~ 84,6 tC.ha⁻¹ → **tendance +**

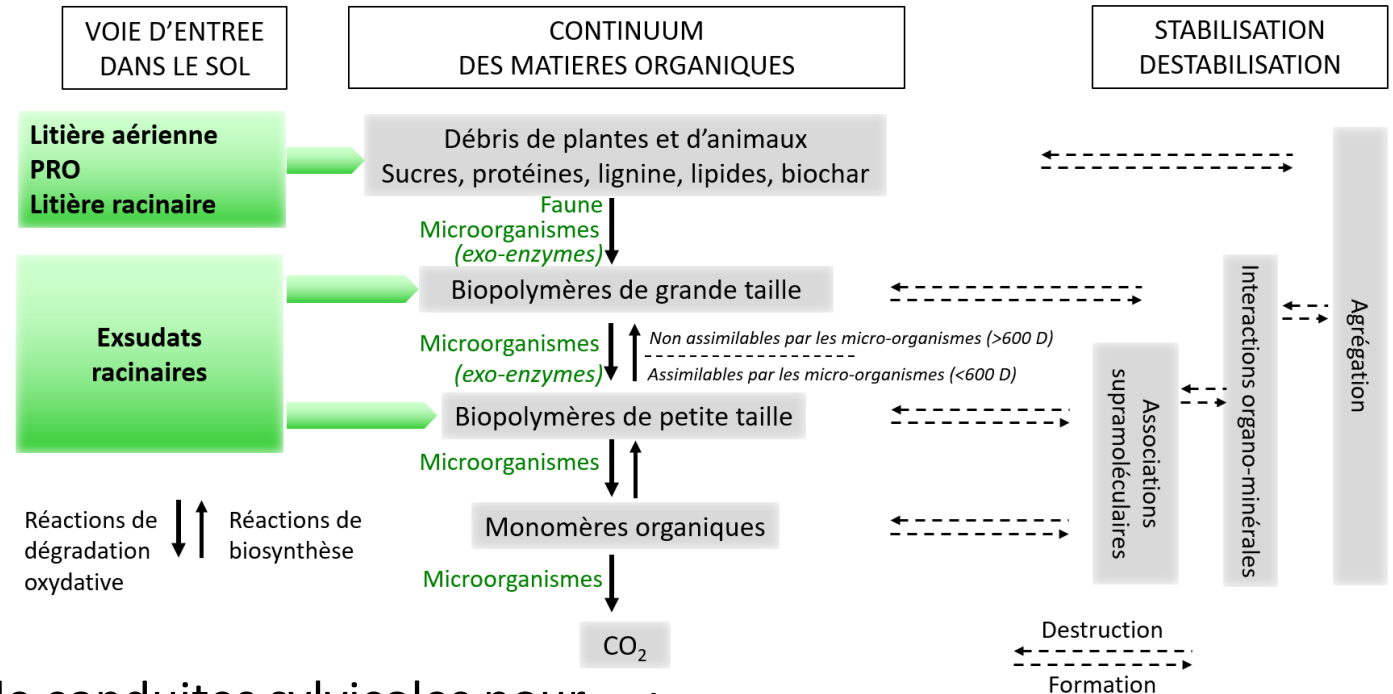
Grdes cultures ~ 51,6 tC.ha⁻¹ → **tendance -**

Essentiel du potentiel de
stockage additionnel

Stratégie suggérée :

- Ecosystèmes forestiers : préserver les modes de conduites sylvicoles pour ... ;
- Prairies permanentes : préserver les pratiques pour ... ;
 - Le potentiel de stockage pourrait augmenter en renonçant à maintenir le chargement animal actuel ;
 - Indispensable de stopper les changements d'usage (retournement des prairies, artificialisation) ;
- Pratiques stockantes ↗ : extension des cultures intermédiaires (36% du potentiel total) ; agroforesterie intraparcellaire (20%) et haies ; insertion et allongement du temps de présence de prairies temporaires (13%).

Warning : intensification modérée des prairies extensives ~ émissions de N₂O suppl. liées aux engrais azotés.



➤ SNBC ; proposition du 4 p 1000 (COP21) et LBC en agriculture

Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) : feuille de route pour lutter contre le changement climatique *via* une transition vers une économie bas C, circulaire et durable ; une trajectoire de réduction des émissions de GES jusqu'à 2050.

SNBC-1 (2015) : -40% en 2030 [base 1990],
neutralité carbone en 2050

SNBC-2 (2020) : « accélération »

La proposition du 4 pour 1000 (COP21, France, 2015) :

« [...] si l'on pouvait, sur l'ensemble des sols mondiaux, obtenir une augmentation de la teneur en C de 4 pour 1000, c'est-à-dire lorsque l'on a une tonne de carbone dans un sol par ha, augmenter ce stock de 4 kg par ha et par an. On aurait, à ce moment-là, un effet de stockage qui reviendrait pratiquement à stopper l'augmentation du CO₂ atmosphérique. » (J.F. Soussana dans rfi (2015))

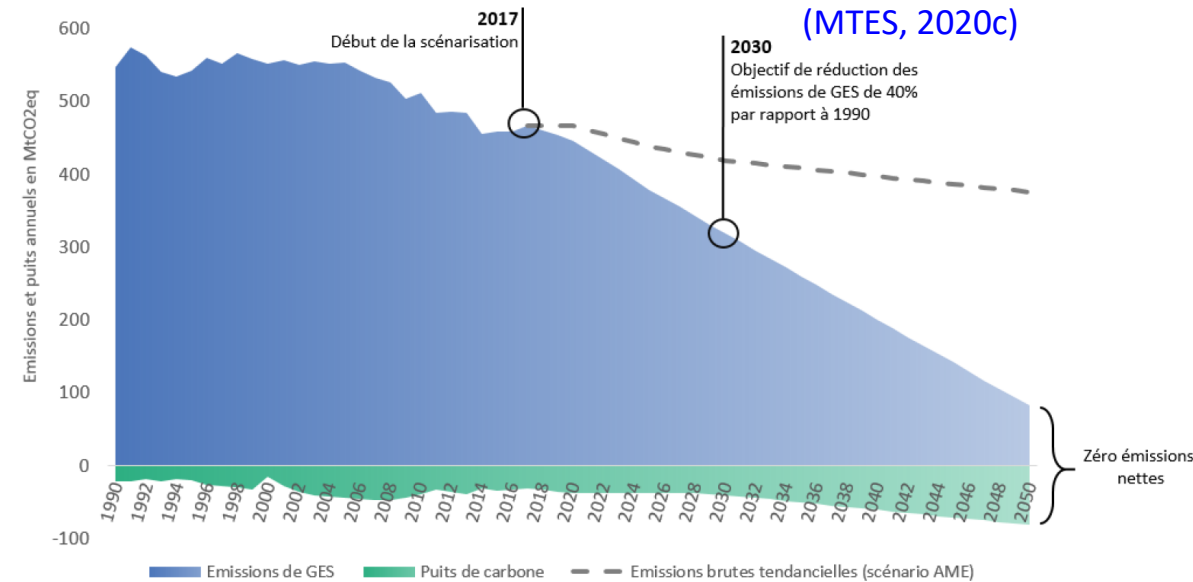
Des prévisions revues à la baisse (Pellerin et al., 2019) :

- Stockage réaliste sur sol appauvri en M.O. : grandes cultures ... ;
- 2016 : S. additionnel possible : **29,9 Mt CO₂e/an** ~ 6,5% émissions nationales ~ 39% émissions agricoles (hors usage énergie & chgt usages sols).

INRAE • Un coût pour les agriculteurs !

Biomasse-bioénergie et neutralité carbone ; place et rôle potentiels des sols

4 juillet 2022 / Comité de prospective de la Commission de régulation de l'énergie (CRE) / P. Renault, S. Reynders et al..



Les émissions « tendancielle » sont calculées à l'aide d'un scénario dit « Avec Mesures Existantes » qui prend en compte les politiques déjà mises en places ou actées en 2017.

L'idée du

**LABEL BAS
CARBONE**

(MTES, 2018)

➤ Le Label Bas Carbone (LBC) encore très peu valorisé

Le principe (Nogues et al., 2021) :

- Un acteur privé/public finance volontairement **un projet local** dit additionnel, i.e. allant au-delà de la réglementation/des pratiques usuelles;
- Le projet s'appuie sur **une méthode approuvée** par le MTES ;
- Différentes étapes dans la vie du projet (dont vérification par **tiers indépendant**) :



- L'acheteur peut se prévaloir de ces réductions d'émissions et afficher cette compensation (crédit carbone en t CO₂ évitées/séquestrées).

~ 210 projets actuellement :

INRAE Pour 177 d'entre eux

Biomasse-bioénergie et neutralité carbone ; place et rôle potentiels des
4 juillet 2022 / Comité de prospective de la Commission de régulation de

	Nbre projets	t CO ₂ e	% financé
Balivage	3	1 636	35%
Boisement	90	165 258	38%
Reboisement	80	138 766	20%
CARBON AGRI	1	138 766	20%
Plantation vergers	3	5 132	0%
TOTAL	177	447 922	33%

Méthodes

- forestières :

- Boisement ;
- Reboisement ;
- Balivage ;
- ... + 4 méthodes en cours d'évaluation.

- agricoles :

- Elevages bovins et grandes cultures ;
- Arboriculture plantation de verger ;
- Grandes cultures ;
- Haies (version 2) ;
- SOBAC'ECO-TMM ;
- Ecométhane ;
- ... + 7 méthodes en cours d'évaluation.

Vers un cadre européen de certification des absorptions de C fin 2022 (EC, 2021)

(<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Projet%20site.xlsx>) p. 15

➤ des co-bénéfices pour le sol, l'agriculture, la qualité de l'eau ...



Matières organiques

Sols :

- • Stabilité structurale et structure ;
- • Propriétés hydriques : réservoir utile, infiltrabilité, mouillabilité ... ;
- • Biodiversité ;
- • Capacité d'Echange Cationique (CEC) : rétention de nutriments ;
- • Biotransformations / cycles des nutriments (N, P, S ...)

Plantes cultivées :

- Enracinement, exploration du milieu ;
- Aération ;
- Alimentation en eau ;
- Symbioses (champignons mycorhiziens ...)
- Absorption de nutriments ;

Eau :

- Flux, partage ruissellement-rétention-drainage ;
- Charge en nutriments ;
- Charge en composés toxiques et colloïdes divers.

Conclusions



INRAE

Biomasse-bioénergie et neutralité carbone ; place et rôle potentiels des sols

4 juillet 2022 / Comité de prospective de la Commission de régulation de l'énergie (CRE) / P. Renault, S. Reynders et al..

➤ Conclusions - 1

- Les objectifs de la SNBC pour 2050 : **des émissions nettes nulles de GES (en éq. CO₂) en 2050 ... pour partie grâce à la biomasse-énergie à hauteur de 400-450 TWh ;**
 - (la consommation de biomasse pour produire de l'énergie étant compensée par sa « régénération ») ;
 - Question : faut-il poursuivre les travaux sur les biocarburants pour avions, bateaux ... ? (au vu, en France, de la fin des ventes de nouvelles chaudières au fioul au 1^{er} juillet 2022 et des voitures thermiques en 2035)
- Des points de vigilance :
 1. **La préservation, la restauration et une utilisation durable des sols** (réglementation UE à venir en 2023) ;
 2. **La transition agroécologique** avec notamment la conditionnalité d'aides PAC aux Bonnes Conditions Agricoles et Environnementales (BCAE), dont la BCAE 8 imposant **le respect d'un pourcentage minimum de surfaces non productives** (haies, jachères, bandes enherbées) voire pour partie en cultures dérobées fixatrices d'azote ;
 - Une compétition accrue pour les surfaces agricoles entre productions à des fins alimentaires (ou autres : fibres, plantes médicinales ...) et d'énergie ;
 - La nécessité du maintien des surfaces en forêts, en prairies permanentes, en zones humides (stockage de C, biodiversité ...) ;
 - La stockage impératif de C organique dans les terres en grandes cultures, limitant les exportations ;
 - Evolution envisageable : l'augmentation des protéines végétales dans l'alimentation (sans toucher aux surfaces en prairies permanentes !) → diminution des émissions de GES et des surfaces pour l'alimentation animale (maïs fourrage ...);

➤ Conclusions - 2

- Actuellement, les énergies biomasses sont par ordre d'importance décroissante (MTE, 2021a) :
 1. Le **bois** : ~ 96 TWh (93 TWh en chauffage + 2,7 TWh en électricité) ;
 2. Les **biocarburants** : 35 TWh ... MAIS ...
 3. Le **biogaz** et le CH₄ purifié : ~ 12,9 TWh (10,9 TWh non purifié + 2 TWh en biométhane (purifié) injecté dans les réseaux de distribution) → croissance très rapide ;
 - **Bois-énergie** : en expansion ; un potentiel à évaluer (en tenant compte des zones sanctuarisées, des autres usages du bois ...) :
~ 17 Mha de forêt avec une production moyenne de 5,6 m³ bois.ha⁻¹.an⁻¹ (IGN, 2012)
agroforesterie ...
 - **Biogaz** : probablement besoins (1) de mieux appréhender les impacts des retours au sol respectivement de déchets frais, de digestat ou de compost de digestat, et (2) d'évaluer les potentiels associés aux sources de déchets (agricoles, urbains domestiques, ...°
- Toutefois, d'autres énergies renouvelables dépendent pour partie de l'agriculture (MTE, 2021a) :
 1. L'**éolien** : ~ 43 TWh ;
 2. Le solaire photovoltaïque : ~ 13,5 TWh ;
→ ambition de multiplier par 10 la filière (Macron, le 10 février 2022 à Belfort ([Lien](#))) ;
 - Une stratégie Win - Win : différentes activités sur les mêmes surfaces : agroforesterie, agrivoltaïsme ...
(Attention aux risques de détournements par rapport à la politique ZAN (la brebis alibi ...)

Merci !

INRAE fortement impliqué dans de nombreuses initiatives européennes et nationales



European Missions

A Soil Deal for Europe
100 living labs and lighthouses to lead the transition towards healthy soils by 2030

Colloque du GIS APIVALE « **Méthanisation & Agroécologie** » les 19 et 20 octobre 2022 à l'Institut Agro Rennes-Angers (Rennes)



INRAE

Biomasse-bioénergie et neutralité carbone ; place et rôle potentiels des sols

4 juillet 2022 / Comité de prospective de la Commission de régulation de l'énergie (CRE) / P. Renault, S. Reynders et al..

➤ Références - 1

- Agreste. 2021. Chiffres & données ; statistiques Agricole annuelle 2020 – Chiffres provisoires (mai 2021, n°7). 62 p. (https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/Chd2107/cd%202021-7_SAA%202020%20Provisoire.pdf)
- Cevallos G., Bellassen V., Grimault J. 2019. Domestic carbon standards in Europe; Overview and perspectives. (I4CE, eit, Climate-KIC; December 2019). 44 p. (<https://www.i4ce.org/wp-core/wp-content/uploads/2020/02/0218-i4ce3153-DomesticCarbonStandards.pdf>)
- Courteau R., Fugit J.L. 2020. L'Agriculture face au défi de la production d'énergie. Rapport n° 646 (2019-2020), fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, juillet, 211 p. (https://www2.assemblee-nationale.fr/content/download/312577/3036092/version/1/file/OPECST_rapport_agriculture_production_energie.pdf)
- C.S. 2021. Climat et gaz à effet de serre : «Nous sommes très loin du but», alerte l'ONU. La Voix du Nord (25 octobre 2021). (<https://www.lavoixdunord.fr/1089397/article/2021-10-25/climat-nous-sommes-tres-loin-du-alerte-une-nouvelle-fois-l-onu>)
- Denhartigh C. . Séquestration du carbone dans les sols agricoles en France ; état des connaissances et pistes de réflexion. (Réseau Action Climat France). 12 p. (<https://reseauactionclimat.org/wp-content/uploads/2019/12/carbone-v5-web.pdf>)
- EC (European Commission), DG CLIMA.C3. 2021. Certification of carbon removals – EU rules. (<https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/>)
- EC (European Commission), Mission Board for Soil health and food. 2020. Caring for soil is caring for life. 82 p. (https://ec.europa.eu/info/publications/caring-soil-caring-life_en)
- EC (European Commission), Joint Research Centre. 2016. **Global soil biodiversity atlas**, Johnson, N.(editor), Scheu, S.(editor), Ramirez, K.(editor), Lemanceau, P.(editor), Eggleton, P.(editor), Jones, A.(editor), Moreira, F.(editor), Barrios, E.(editor), De Deyn, G.(editor), Briones, M.(editor), Kaneko, N.(editor), Kandeler, E.(editor), Wall, D.(editor), Six, J.(editor), Fierer, N.(editor), Jeffery, S.(editor), Lavelle, P.(editor), Putten, W.(editor), Singh, B.(editor), Miko, L.(editor), Hedlund, K.(editor), Orgiazzi, A.(editor), Chotte, J.(editor), Bardgett, R.(editor), Behan-Pelletier, V.(editor), Fraser, T.(editor), Montanarella, L.(editor), Publications Office, 2016, (<https://data.europa.eu/doi/10.2788/2613>)

➤ Références - 2

- FAO, Partenariat Mondial sur les Sols). 2017. Carbone organique du sol ; une richesse invisible. 90 p.
(<http://www.fao.org/3/i6937f/i6937f.pdf>)
- FAO. 2015. FAO & ITPS. 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. 650 p. Rome, FAO and ITPS.
(<https://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf>)
- IGN. 2012. La forêt en chiffres et en cartes. 32 p. (https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/memento_2012.pdf)
- INAO, FranceAgriMer, INRAE, IFV (Institut Français de la Vigne et du Vin). 2021. Stratégie de la filière viticole face au changement climatique. 24 p.
(<https://www.inao.gouv.fr/content/download/3889/34205/version/1/file/Strat%C3%A9gie%20de%20la%20fili%C3%A8re%20viticole%20face%20au%20changement%20climatique.pdf>)
- INRA, INAO, FranceAgriMer, Montpellier SupAgro, CNRS. 2018. La vigne, le vin, et le changement climatique en France. 6 p.
(<https://www6.inrae.fr/laccave/content/download/3429/34683/version/1/file/INRA%20-%20La%20vigne%20le%20vin%20et%20le%20changement%20climatique%20en%20France.pdf>)
- Marsden C. 2018. Rôles de la faune du sol dans la dynamique des matières organiques et des éléments nutritifs. éco&sols et Montpellier SupAgro ; Journée scientifique « Sols et matière organique : comprendre pour agir » (20 septembre 2018). Présentation orale.
(<https://docplayer.fr/109305340-Roles-de-la-faune-du-sol-dans-la-dynamique-des-matieres-organiques-et-des-elements-nutritifs.html>)
- Mourjane I., Fosse J. 2021. La biomasse agricole : quelles ressources pour quel potentiel énergétique ? France Stratégie ; document de travail (2021-n°3, juillet). 136 p. (https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-dt_-_biomasse_agricole_-_quelles_ressources_pour_quel_potentiel_energetique_-_29-07-21.pdf)
- MTE (Ministère de la Transition Ecologique). 2022. Chiffres clés du climat ; France, Europe et Monde (Edition 2022). 92 p.
(https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2020-12/datalab_81_chiffres_cles_du_climat_edition_2021.pdf)

➤ Références - 3

- MTE (Ministère de la Transition Ecologique). 2021a. Chiffres clés de l'énergie ; édition 2021 (septembre 2021). 84 p. (<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-energie-2021/>)
- MTE (Ministère de la Transition Ecologique). 2021b. Les énergies renouvelables en France en 2020 Suivi de la directive 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation des énergies renouvelables. 4 p. (https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2021-04/datalab_essentiel_244_enr_2020_directive_ce_avril2021_0.pdf)
- MTE (Ministère de la Transition Ecologique). 2018. Stratégie Nationale de Mobilisation de la Biomasse. 131 p. (<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Strat%C3%A9gie%20Nationale%20de%20Mobilisation%20de%20la%20Biomasse.pdf>)
- MTES (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire). 2018. Arrêté du 28 novembre 2018 définissant le référentiel du label « Bas-Carbone ». JORF n°0276 du 29 novembre 2018. (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000037657970>)
- MTES (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire). 2020a. Label Bas Carbone ; Guide pédagogique ; version du 10 avril 2020. 42 p. (https://www.i4ce.org/wp-core/wp-content/uploads/2020/06/Guide-p%C3%A9dagogique_LBC-Mai-2020.pdf)
- MTES (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire). 2020b. Stratégie Nationale Bas Carbone ; La transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone. 192 p. (https://ec.europa.eu/clima/sites/its/its_fr_fr.pdf)
- MTES (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire). 2020c. Stratégie Nationale Bas Carbone ; La transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone ; Synthèse. 32 p. (<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/SNBC-2%20synthe%CC%80se%20VF.pdf>)
- Nogues M., Husson M., Paul G., Reynders S., Soussana J.F. 2021. Cadrage de modèles d'affaires possibles pour la mise en œuvre d'un démonstrateur carbone. Rapport ADEME. Convention n° 18-03-C0034. 59 p. (<https://hal.inrae.fr/hal-03230793/document>)
- Pellerin S., Bamière L., Launay C., Martin R., Schiavo M., et al. 2020. Stocker du carbone dans les sols français. Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? : Rapport scientifique de l'étude. Étude réalisée pour l'ADEME et le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. INRA, 528 pp. hal-03163517. (<https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/Rapport%20Etude%204p1000.pdf>)



➤ Références - 4

- Pôle-relais Tourbières, Fédération nationale des chasseurs, Office national de la chasse et de la faune sauvage. 2005. Tourbières et chasseurs. 6 p. (http://www.pole-tourbieres.org/IMG/pdf/plaquette_chasse-2.pdf)
- Rfi. 2015. «4 pour 1000», le programme de stockage du carbone dans les sols. (Publié le 20/11/2015). (<https://www.rfi.fr/fr/france/20151130-4-1000-programme-stockage-carbone-sols-cop21>)
- Salmon D. 2021. Rapport d'information fait au nom de la mission d'information (1) sur « la méthanisation dans le mix énergétique : enjeux et impacts ». Sénat n°872. (<https://www.senat.fr/rap/r20-872/r20-8721.pdf>)
- Saux V. 2022. Le changement climatique en France (2/5). Face à l'urgence, un mot d'ordre : s'adapter. Zoom sur des initiatives dans le monde agricole en France. GEO 513 (06/01/2022). (<https://www.geo.fr/environnement/lagriculture-francaise-face-au-changement-climatique-ce-que-lon-sait-et-comment-on-sadapte-207758>)
- ser (Syndicat des énergies renouvelables), France Bois Forêt. 2021. Questions réponses ; bois-énergie. 68 p. (<https://franceboisforet.fr/wp-content/uploads/2021/05/questions-reponses-bois-energie-SER-FBF-web.pdf>)
- Soenen B., Schneider A., Duval R. 2021. Projets labellisés « bas-carbone » : les bases du financement des exploitations sont posées. Perspectives Agricoles, 491 (30 août 2021), 47-49. (<https://www.perspectives-agricoles.com/projets-labellises-bas-carbone-les-bases-du-financement-des-exploitations-sont-posees-@/view-3788-arvarticlepa.html>)
- Toreti A., Ceglar A., Dentener F., Fumagalli D., Bassu S., Cerrani I., Niemeyer S., Bratu M., Panarello L. 2020. Climate change impacts on European wheat and maize yields. EGU 2020 Sharing Geoscience Online; Oral presentation. (https://presentations.copernicus.org/EGU2020/EGU2020-20562_presentation.pdf)