



➤ Production agricole de biomasse-bioénergie ; contribuer à la neutralité carbone et protéger les sols

Pierre Renault¹, Stéphane Ruy²

- 1 : Directeur Scientifique Adjoint Environnement INRAE
UAR CODIR (Paris) & UMR EMMAH (Avignon)
pierre.renault@inrae.fr
- 2 : Directeur UMR EMMAH (Avignon),
Chargé de Partenariat et d'Innovation Eau à INRAE
stephane.ruy@inrae.fr

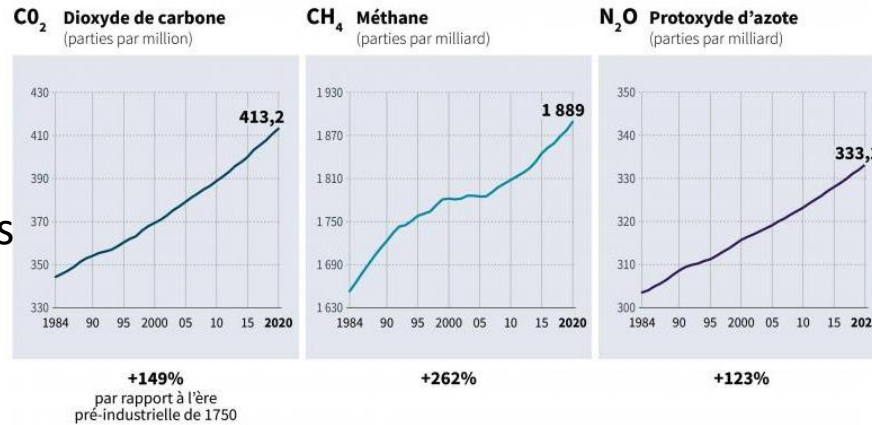
Introduction :

sols et climat - quelques éléments de contexte



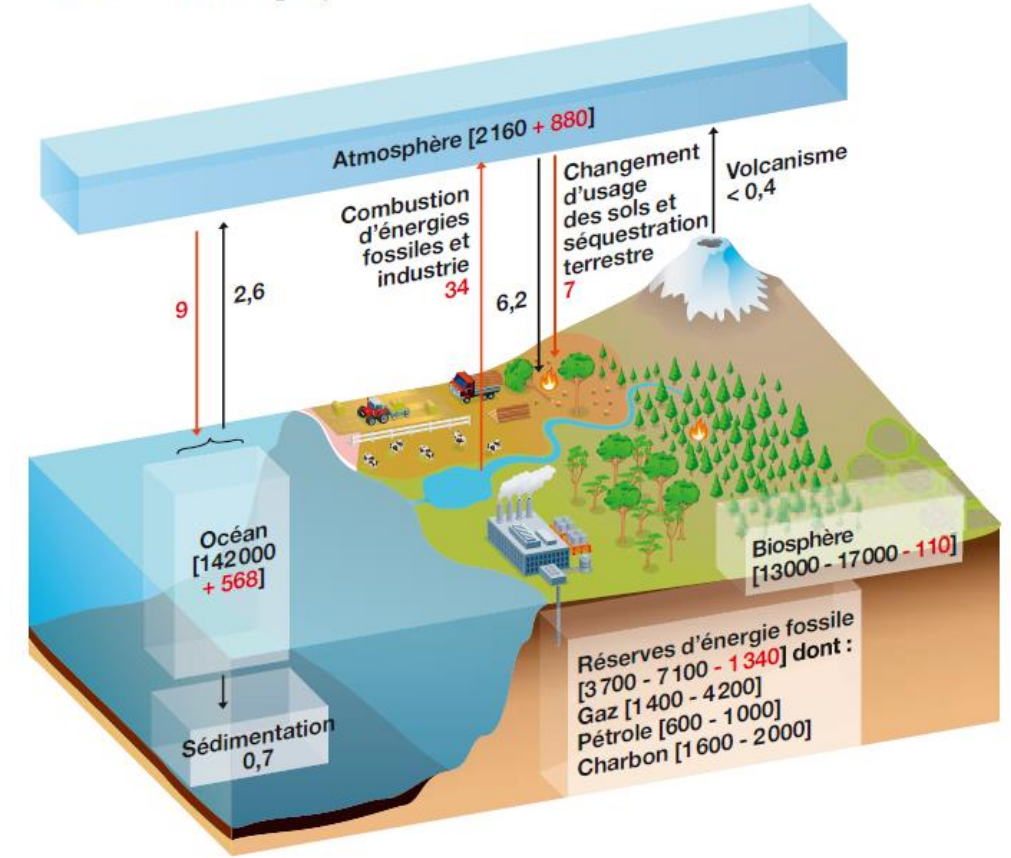
➤ Des changements climatiques liés à l'Homme

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

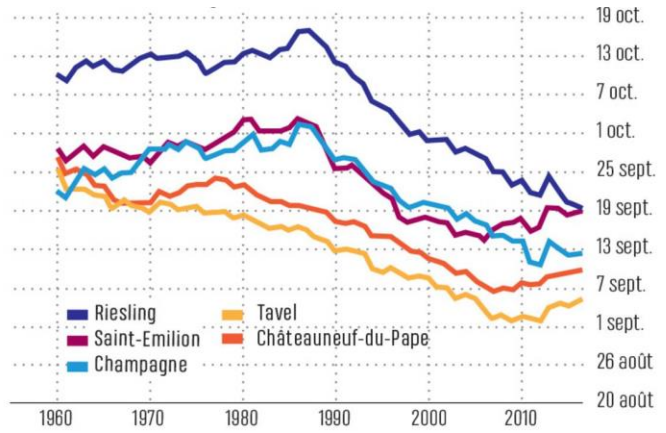


En 1^{ère} cause : la consommation de C organique fossile !

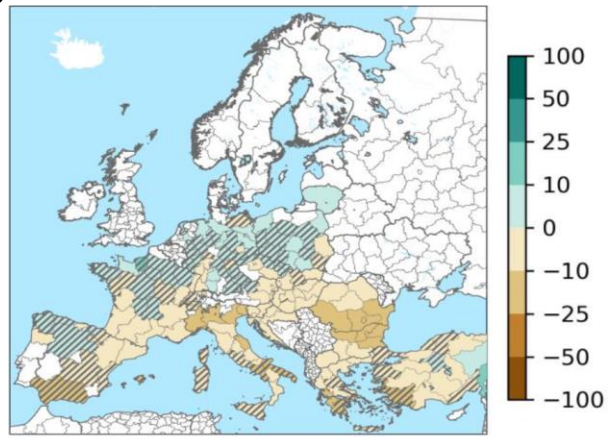
Flux en Gt CO₂ éq/an
Stocks en Gt CO₂ éq



... aux conséquences variées



Vendanges avancées en 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

Production agricole de biomasse-bioénergie ; contribuer à la neutralité carbone et protéger les sols
19 octobre 2022 / med'agri 2022 / P. Renault, S. Ruy

➤ Expositions, fragilités et détériorations actuelles des sols

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, 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 (urbain)], dont ~50% non liés à l'érosion.

60-70% des sols de l'UE dégradés



INRAE

Production agricole de biomasse-bioénergie ; contribuer à la neutralité carbone et protéger les sols

19 octobre 2022 / med'agri 2022 / P. Renault, S. Ruy



OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

➤ En amont : accroissement des populations, de leur niveau de vie et de leurs besoins énergétiques

**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.

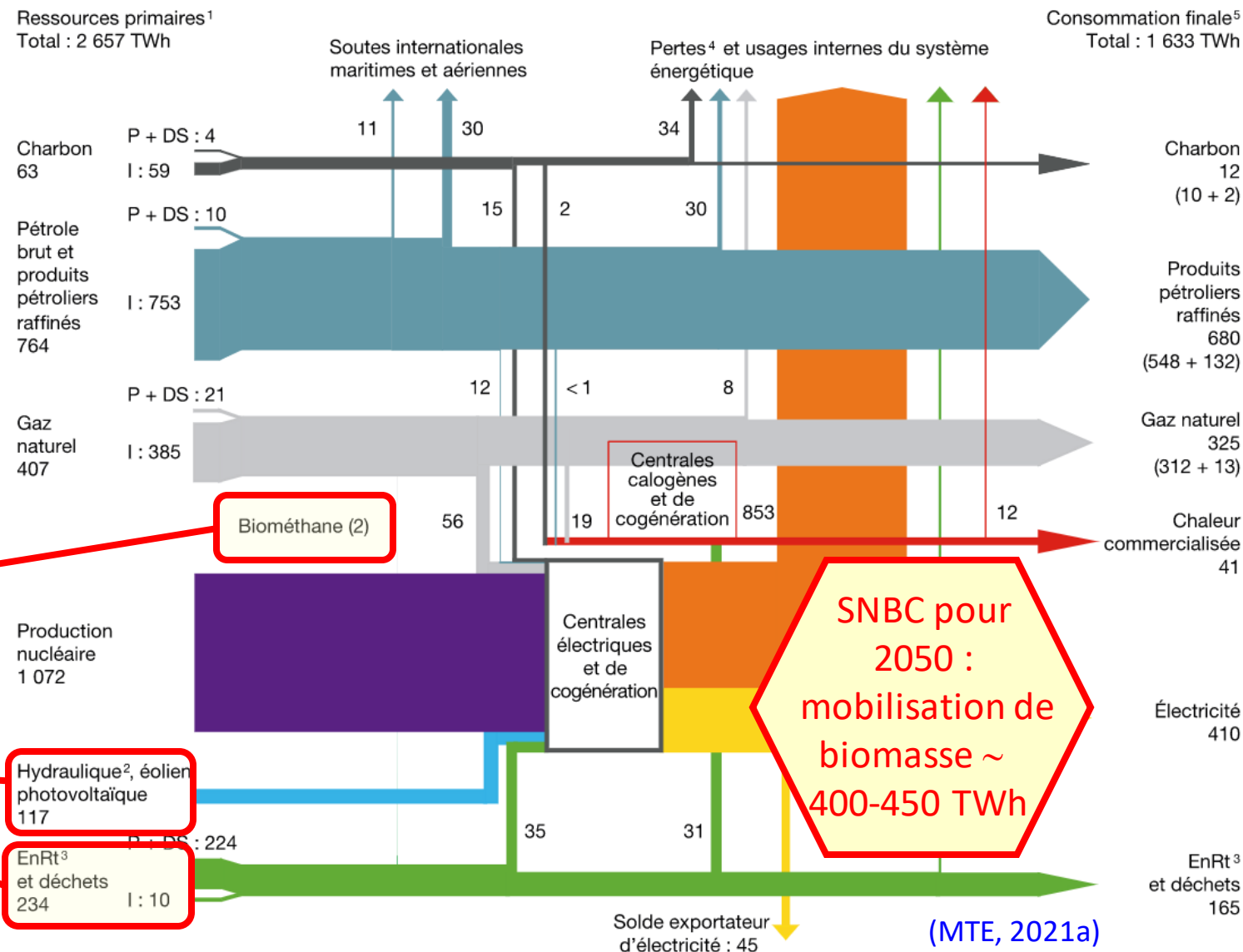
Agriculture :

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

Forêt



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



➤ L'agriculture face à plusieurs défis

3 grands défis :

- 1) Protection des sols et des habitats (sols : 25% de la biodiversité terrestre) ;
- 2) Atténuation adaptation changement climatique ;
- 3) Satisfaction besoins biomasse-énergie, biomasse alimentaire, et biomasses autres (fibres, santé ...).

... en se souciant de :

- 1) Santé humaine (dans une approche « One Health ») ;
- 2) Durabilités (environnementale, sociale, agricole, économique) des pratiques.

La matière organique au cœur de ces défis : (1) le « principe actif » de la biomasse-bioénergie, et (2) indispensable à la « bonne santé » des sols



Stabilité structurale /
structure du sol

Substrats pour
le Vivant

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

Autres : transport,
immobilisations ...

Transitions envisageables et points d'attention associés



INRAE

Production agricole de biomasse-bioénergie ; contribuer à la neutralité carbone et protéger les sols
19 octobre 2022 / med'agri 2022 / P. Renault, S. Ruy

➤ Stratégies envisageables

3 grands défis : Sols, climat et satisfaction des besoins matière et énergie

Des solutions communes :

- Stockage de C dans les sols ;
- Intercultures couvrantes d'été ou d'hiver (CIPAN, CIMS), et cultures de légumineuses, cultures inter-rangs de cultures pérennes (vignes ...) ;
- Recyclage de déchets organiques et économie circulaire ;
- Réduction du travail du sol ;
- Limitation des fertilisants minéraux (N, P) et pesticides ;
- Elevage (autonomie C, N et P) ;
- Changements de régimes alimentaires (protéines animales/végétales).

Production coûteuse
en énergie

Ressource
limitée

Des solutions à effets potentiels antagonistes :

- Production en culture principale de biomasse-bioénergie OU de biomasse alimentaire, voire autre (fibres, santé ...) mais limitée à 15% d'alimentation des méthaniseurs en culture principale* ;
- Valoriser des déchets en produisant de l'énergie ou en les enfouissant dans le sol.

Les Cultures Intermédiaire à Vocation Energétique (CIVE) :

- **D'été** (moha, maïs, tournesol, sorgho) **ou d'hiver** (triticale, seigle, orge ou avoine, avec légumineuse si possible) ;
- **Ne créant pas de compétition sur l'utilisation des terres** (ou la restreignant à une compétition avec le sol restant nu (pas conseillé), couvert d'une CIPAN ou couvert d'une CIMS) ;
- **Principalement destinés à des méthaniseurs agricoles** (même si d'autres valorisations existent).

➤ Stocker du carbone dans les sols français ; jusqu'où est-ce possible ? (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 t C.ha⁻¹ → **tendance +**

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

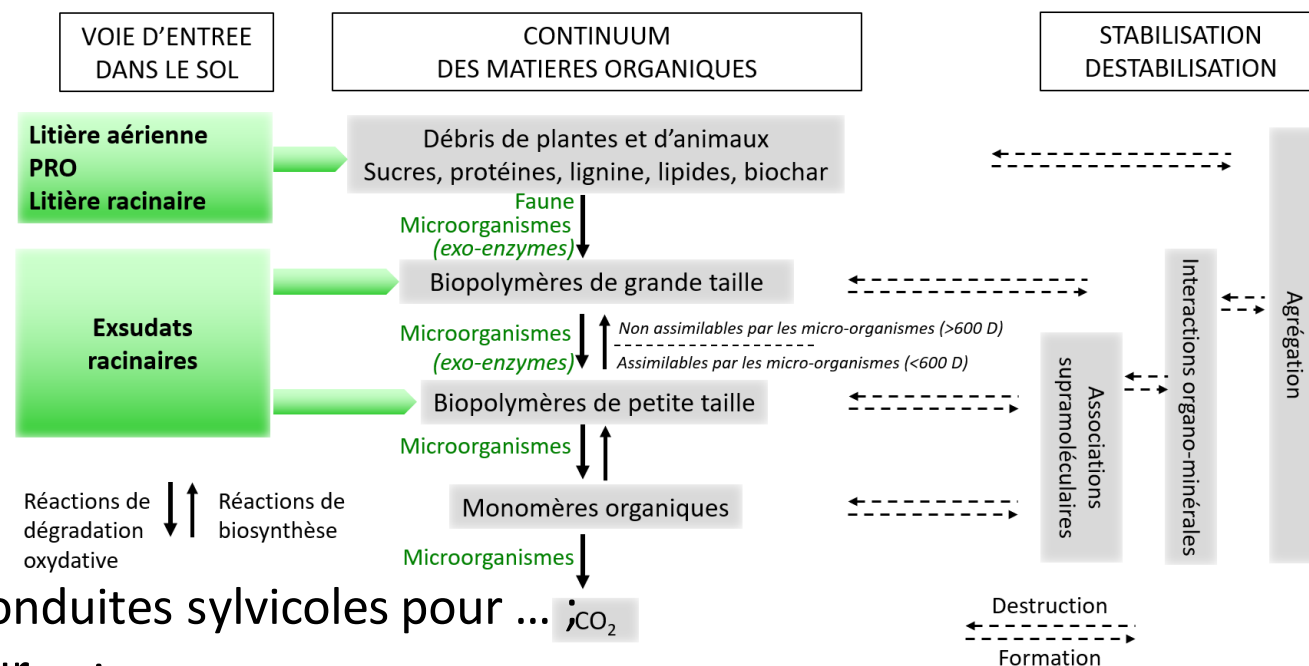
Grdes cultures ~ 51,6 t C.ha⁻¹ → **tendance -**

Essentiel du potentiel de stockage additionnel

Stratégie suggérée :

- Ecosystèmes forestiers : préserver les modes de conduites sylvicoles pour ... ; CO₂
- 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%).

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

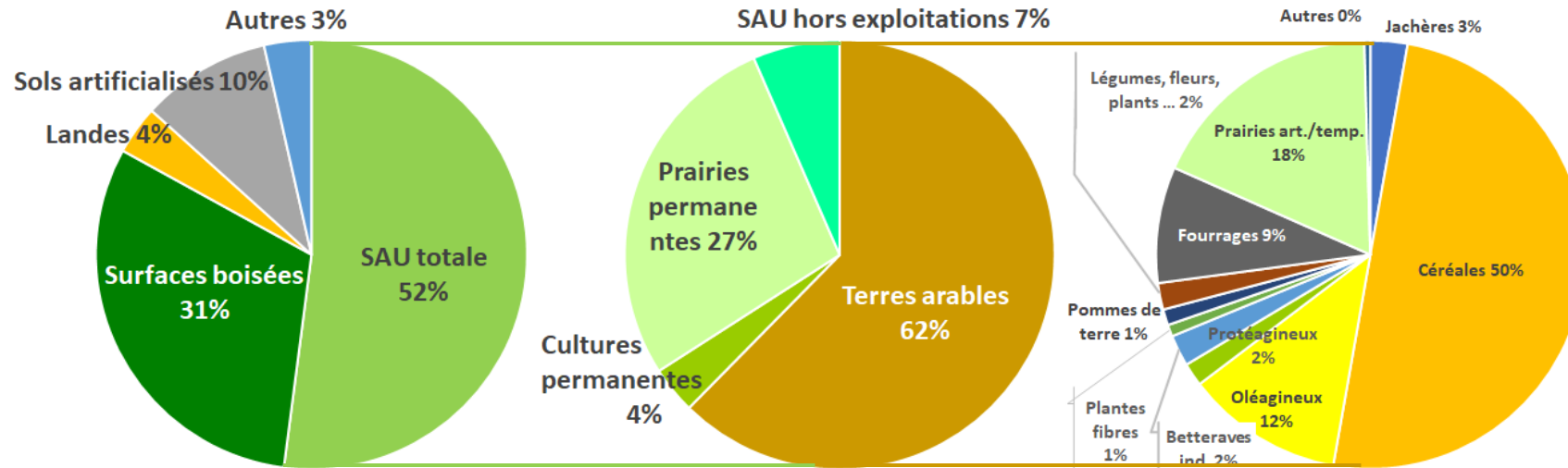


Des prévisions revues à la baisse (Pellerin et al., 2019) : stockage réaliste sur sol en grandes cultures ... ;

- 2016 : S. additionnel possible : **29,9 Mt CO₂e/an** ~ 6,5% émissions nationales ~ 39% émissions agricoles (hors usage énergie & chgt usages sols).

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

Utilisation des terres en France métropolitaine en 2021 :



(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

(Mourjane et Fosse, 2021)

. 10

Bois buche : (25 Mm³) 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

Production agricole de biomasse-bioénergie ; contribuer à la neutralité carbone et protéger

19 octobre 2022 / med'agri 2022 / P. Renault, S. Ruy

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

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

Bois-bûches et autres

Biocarburants

Biogaz/Méthane

Composts

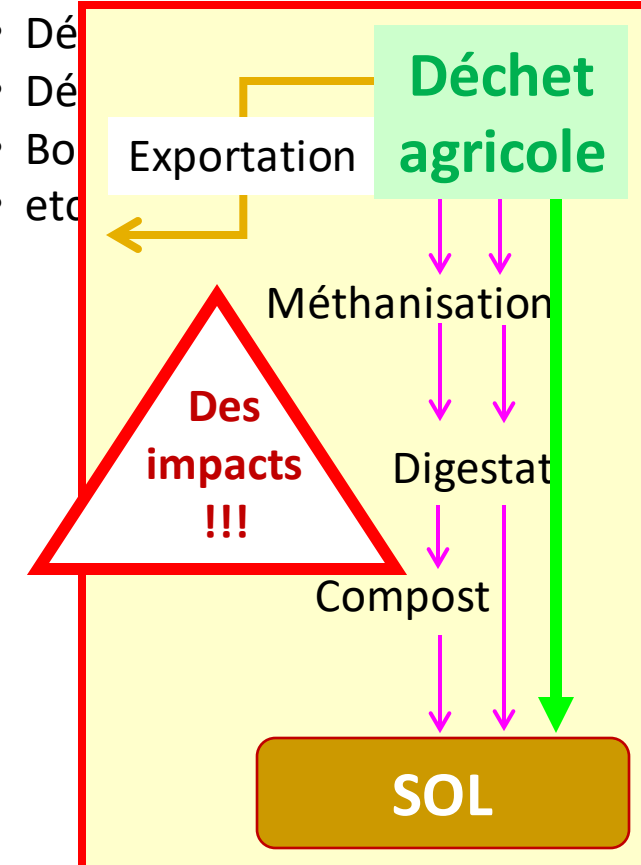
Biomasse torréfiée, Biochars

Agriculture :

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

Déchets non agricoles :

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



ENERGIE

SOL

SOL

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



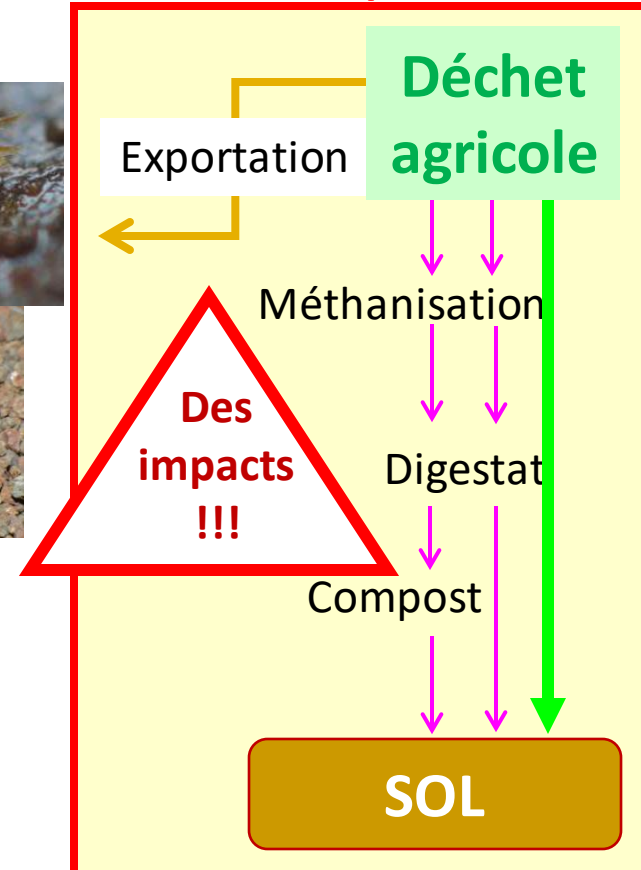
Ingénieur des litières :

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

Ingénieurs du sol :

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

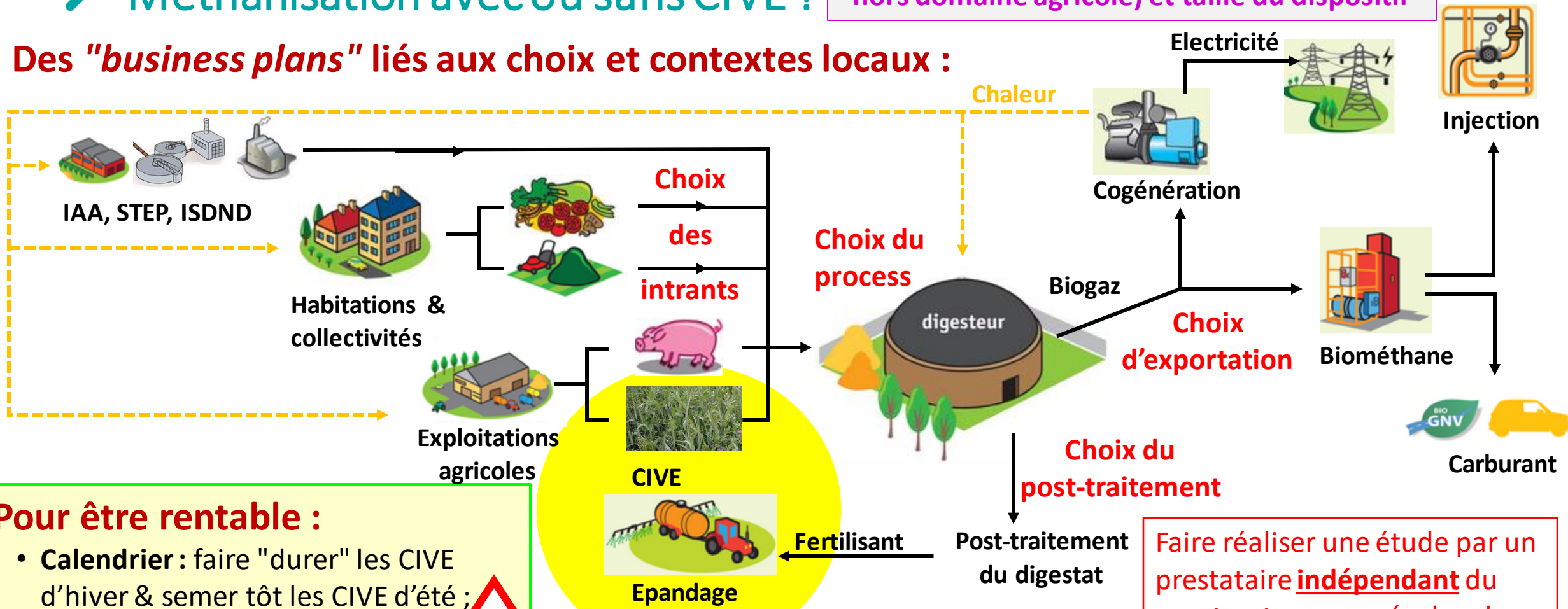
Des acteurs spécialisés !



➤ Méthanisation avec ou sans CIVE ?

Gestion (individuel, collectif agricole ou, autre hors domaine agricole) et taille du dispositif

Des "business plans" liés aux choix et contextes locaux :



Pour être rentable :

- **Calendrier** : faire "durer" les CIVE d'hiver & semer tôt les CIVE d'été ;
- **Fertilisation (N)** : adéquate ... si possible à partir des digestats ;
- **Eau** : des besoins.

Conséq. possibles

!!!

- **Compromis de calendrier ;**
- **Ne pas favoriser les émissions de N₂O ;**
- **Eau** : Stock pour culture suivante, besoins d'irrigation ?
- **Impacts possibles biodiversité.**

Faire réaliser une étude par un prestataire **indépendant** du constructeur pour évaluer la faisabilité économique et le montage financier adapté à la situation et aux besoins

L'accompagnement par les politiques publiques internationales, européennes et françaises



INRAE

Production agricole de biomasse-bioénergie ; contribuer à la neutralité carbone et protéger les sols

19 octobre 2022 / med'agri 2022 / P. Renault, S. Ruy

➤ A l'international, une prise de conscience progressive

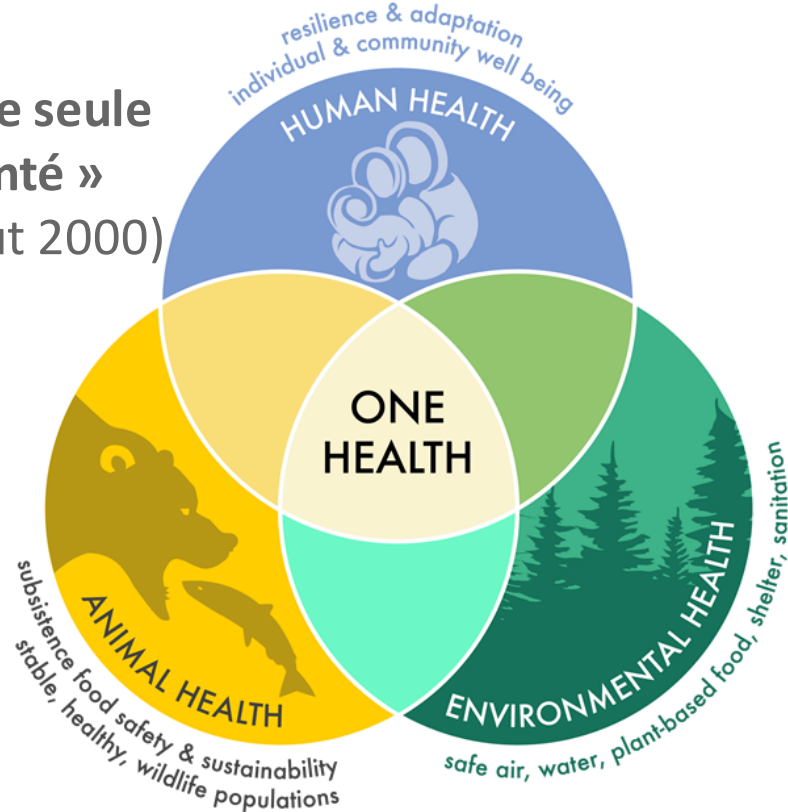
Les sols et l'énergie dans [les ODD de l'ONU \(2015\)](#)

Les 3 conventions de Rio (1992) : CDB (biodiversité, (UN, 1992b)), CCNUCC (chang. climatiques, (UN, 1992b)) et CNULD (désertification, (UN, 1992b))

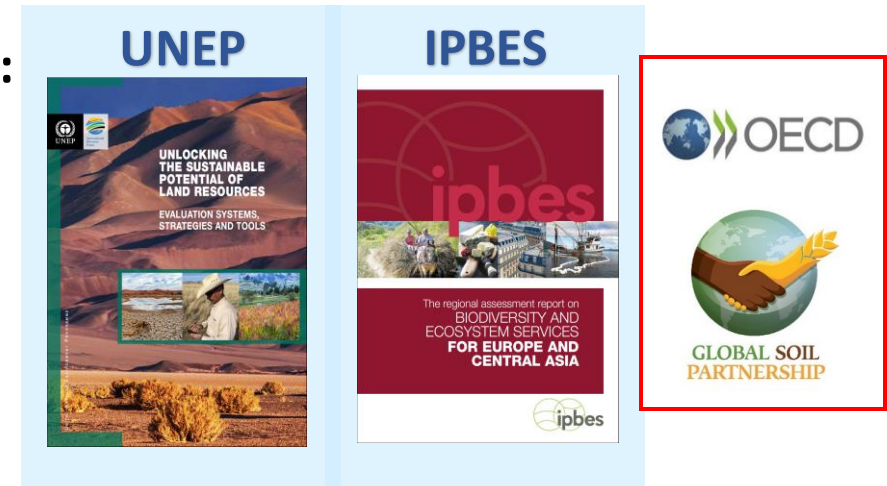
➔ **les sols à leur croisée**



« Une seule Santé » (début 2000)



Différentes structures :
FAO, PNUE, PNUD, UNESCO, OCDE, GIEC, IPBES, Partenariat Mondial pour les Sols



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))

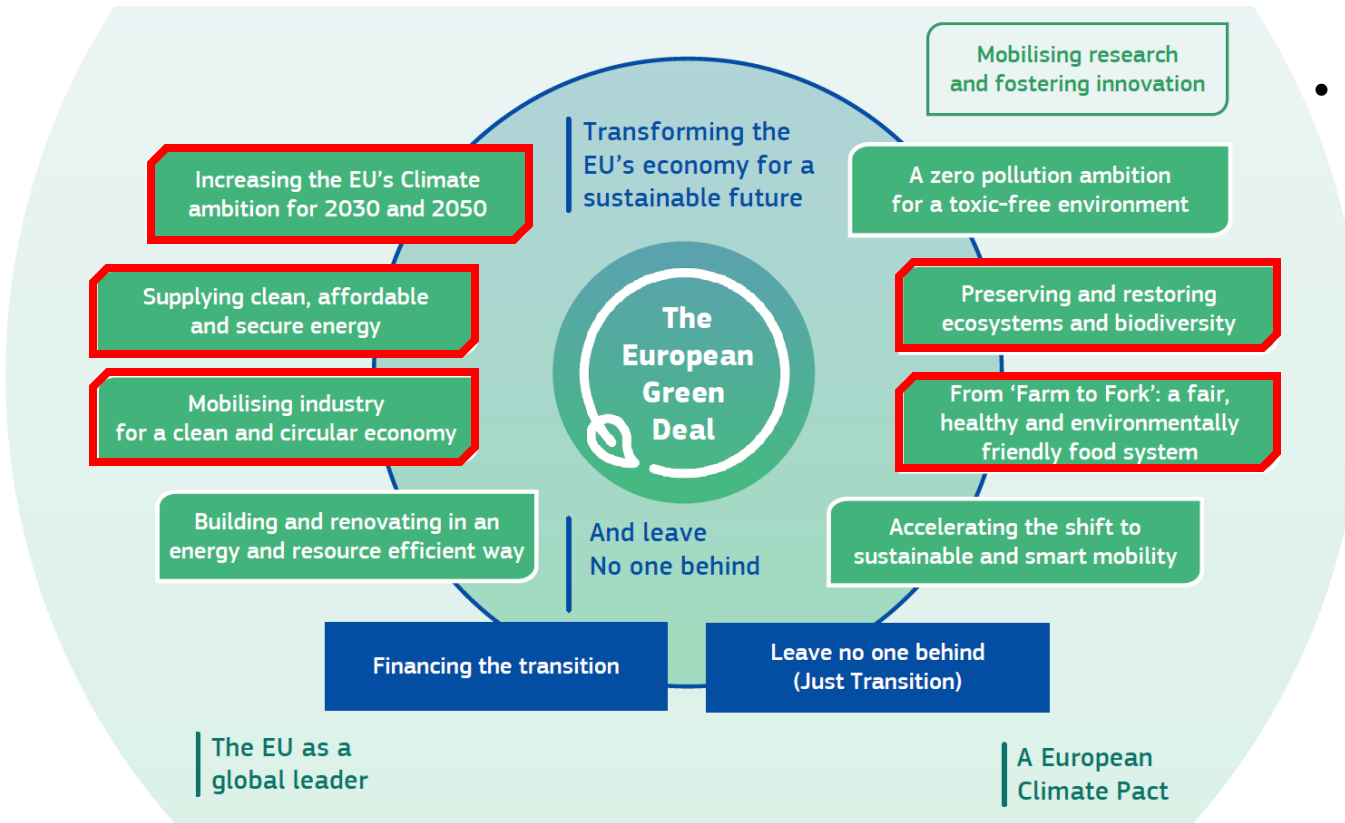
INRAE (Vayssier-Taussat et Caquet, 2020)

Production agricole de biomasse-bioénergie; contribuer à la neutralité carbone et protéger les sols

19 octobre 2022 / med'agri 2022 / P. Renault, S. Ruy

➤ Au niveau européen

Les différentes facettes du Pacte Vert (EC, 2019) :



Objectifs pour 2030 :

- GES : réduction $\geq 50\%$ / 1990, neutralité C pour 2050) (EC, 2019) ;
- EnR $\geq 32\%$ d'ici 2030 (EP and Council, 2018), voire 38-40% (?) (EP and Council, 2021).

INRAE

Production agricole de biomasse-bioénergie; contribuer à la neutralité carbone et protéger les sols
19 octobre 2022 / med'agri 2022 / P. Renault, S. Ruy

Une proposition législative dédiée à la santé des sols d'ici 2023 à la suite :

- d'une résolution du Parlement Européen du 28 avril 2021 sur la **protection des sols** (EP, 2021) ;
- d'une communication de la Commission au Parlement Européen et au Conseil du 17/11/2021 : **EU Soil Strategy for 2030; Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate** (EC, 2021b)

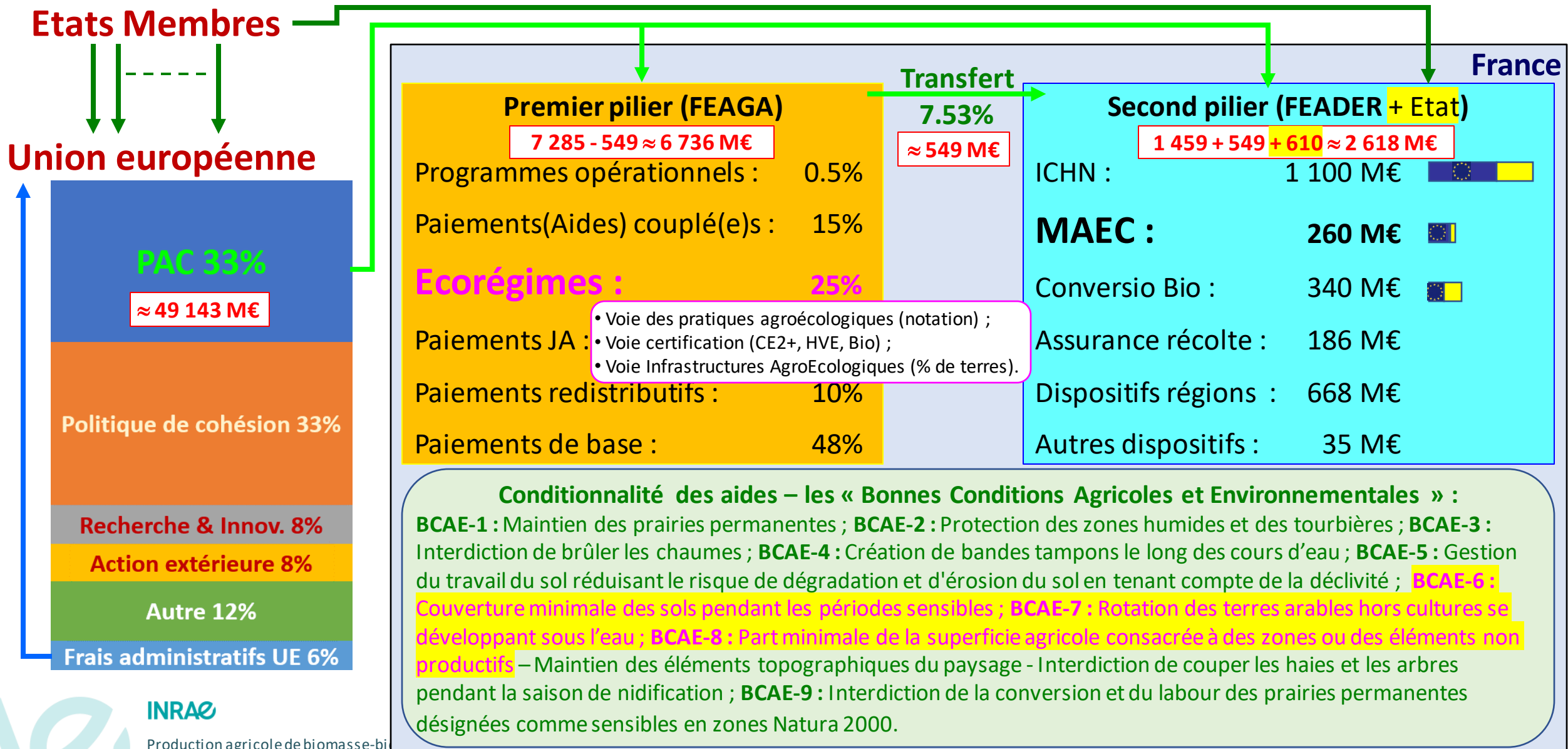
PAC 2023-2027 : Ecorégimes, MAEC, conditionnalité aides (CRA Normandie, 2022 ; Marchand, 2022 ; XXXXXX) ;
Révision de la Directive RED-II (EP and Council, 2021)

Des recherches très actives en soutien aux politiques publiques :

- **3 des 5 Missions d'Horizon Europe** concernent (1) l'adaptation au changement climatique, (4) des villes climatiquement neutres et intelligentes, et (5) un pacte pour les sols en Europe ;
- **De multiples Calls** sur les sols et le climat ;
- La création de l'**European Union Soil Observatory** (EUSO).

En France : la déclinaison nationale de la PAC 2023-2027

Prév. 2024



INRAE

Production agricole de biomasse-bi

19 octobre 2022 / med'agri 2022 / P. Renault, S. Ruy

(<https://agriculture.gouv.fr/pac-2023-2027-le-plan-strategique-national>)

➤ En France : Les paiements pour services environnementaux (PSE)

Une stratégie ancienne d'utilisation des Services Environnementaux (SE) dans les politiques Publiques (PP) (Antona et Bonin, 2010) :

- L'exemple de dispositif mis en place par Vittel dans les années 1980 (proposition faite aux agriculteurs en 1988) (Perrot-Maître, 2006) ;
- Travaux d'économistes marquant le début des publications sur les PSE (Pagiola, 2002 ; Landell-Mills et Porrás, 2002).

Une définition par le CIFOR (Center for International Forestry Research) :

Un PSE est une **transaction volontaire**, où un **service environnemental (SE) bien défini** – ou un usage pouvant assurer la fourniture de ce SE – est « **acheté** » par (au moins) un **client de SE** à (au moins) un **fournisseur de SE**, et ce si et seulement si le **fournisseur de SE assure la fourniture ininterrompue du SE** (conditionnalité).

(Wunder, 2005)

Le plan Biodiversité (2018) et son action 24 (MTE, 2018a) :

(**Axe 2** - Construire une économie sans pollution et à faible impact sur la biodiversité ;

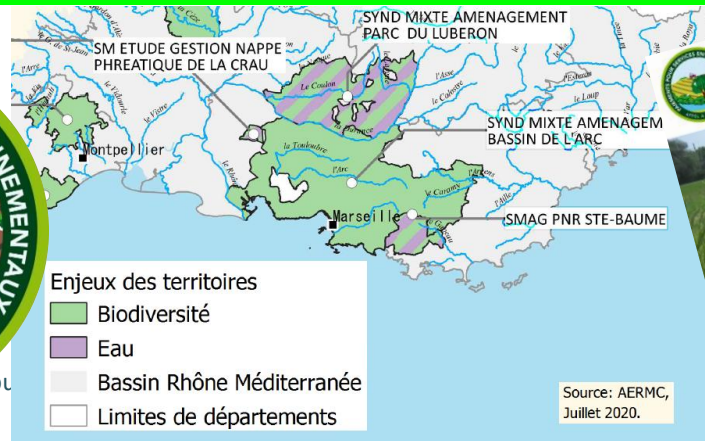
Sous-Axe 2.2 - Faire de l'agriculture une alliée de la biodiversité et accélérer la transition agroécologique ;

Action 24 - Mettre en place les paiements pour service environnementaux

En région SUD, 4 projets sélectionnés en 2020 par l'AE Rhône-Méditerranée-Corse :

INRAE

Production agricole de biomasse
19 octobre 2022 / med'agri 2022 / P. Renault, S. Ruy



➤ En France : stratégie nationale de mobilisation de la biomasse (SNMB) et stratégie nationale bas carbone (SNBC)

Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) (Hollande et al., 2015)



Loi énergie et climat (Macron et al., 2019)

Stratégie française pour l'énergie et le climat - Programmation pluriannuelle de l'Énergie (PPE) 2019-2023 2024-2028 (MTES, 2018a) :



Stratégie nationale de mobilisation de la biomasse (SNMB) (MTES, 2019)

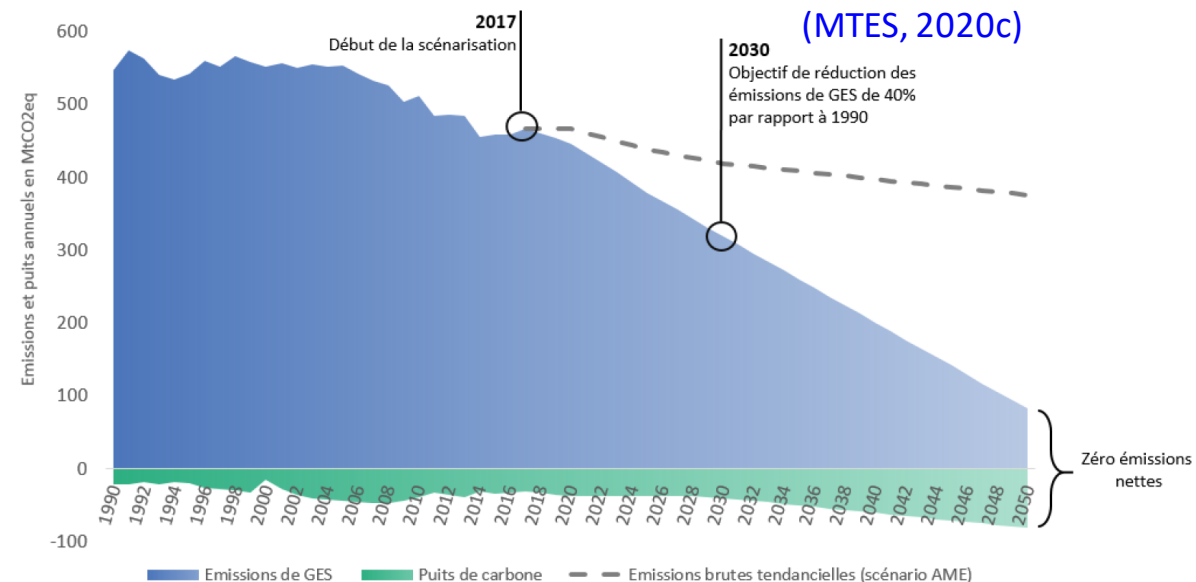
Stratégie nationale pour la bioéconomie

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 »

SNBC-3 (2022-23 ?) : « accélération »



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.

➤ En France : le Label Bas Carbone (LBC) encore très peu valorisé ; vers un cadre européen

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).

~ **299 projets au 11/10/2022 :**



Pour 284 d'entre eux

Production agricole de biomasse-bioénergie ; contribuer à la neutralité carbone
19 octobre 2022 / med'agri 2022 / P. Renault, S. Ruy

	Nbre projets	t CO ₂ e	% financé
Balivage	3	1 636	35%
Boisement	159	262 443	25%
Reboisement	115	207 906	32%
CARBON AGRI	1	138 766	20%
Plantation vergers	6	8 336	0%
TOTAL	284	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.

2 méthodes liées à la méthanisation en cours d'évaluation

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

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

Conclusions



INRAE

Production agricole de biomasse-bioénergie ; contribuer à la neutralité carbone et protéger les sols
19 octobre 2022 / med'agri 2022 / P. Renault, S. Ruy

➤ 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 (SNBC-3 publiée prochainement) ;**
 - (la consommation de biomasse pour produire de l'énergie étant compensée par sa « régénération ») ;
- Des points de vigilance :
 1. **La préservation, la restauration et l'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 épuré : ~ 12,9 TWh (10,9 TWh non purifié + 2 TWh en biométhane (purifié) injecté dans les réseaux de gaz) → en croissance très rapide ;
 - **Bois-énergie** : en expansion ; (i) 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 ... et (ii) voir comment inciter les propriétaires privés à exploiter plus leurs espaces boisés ?
 - **Biogaz** : besoins de mieux appréhender les impacts des retours au sol respectivement de déchets frais, de digestat ou de compost de digestat, et ce en fonction de substrats de la méthanisation (déchets agricoles, urbains, domestiques ...). Attention : au-delà de ~4% de fuites, effet négatif en termes d'émissions de GES ;
 - **CIVE** : des ouvertures vers d'autres valorisations : biocarburants (éthanol ...) ...
 - 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 ...
- INRAE** (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

Sur ce thème au niveau du Centre INRAE PACA :

Sols & Climat

Agroécologie

Politiques publiques



INRAE

Production agricole de biomasse-bioénergie ; contribuer à la neutralité carbone et protéger les sols

19 octobre 2022 / med'agri 2022 / P. Renault, S. Ruy

➤ Références - 1

- ADEME. 2019. Réaliser une unité de méthanisation à la ferme; Projets de moins de 500 kWé ou 125 Nm³/h. Clés pour agir. 40 p.
(https://librairie.ademe.fr/cadic/1290/realiser_unite_methanisation_alaferme_010619.pdf)
- ADEME. 2021a. Transition(s) 2050 (<https://transitions2050.ademe.fr/>)
- ADEME. 2021b. Transition(s) 2050 ; Choisir maintenant ; Agir pour le climat ; 4 scénarios pour atteindre la neutralité carbone – Rapport.
(<https://librairie.ademe.fr/cadic/6531/transitions2050-rapport-compressé.pdf?modal=false>)
- ADEME. 2021c. Transition(s) 2050 ; Choisir maintenant ; Agir pour le climat – Synthèse.
(<https://librairie.ademe.fr/cadic/6529/transitions2050-synthese.pdf?modal=false>)
- ADEME. 2021d. Transition(s) 2050 ; Choisir maintenant ; Agir pour le climat – Résumé exécutif.
(<https://librairie.ademe.fr/cadic/6527/transitions2050-resume-executif.pdf?modal=false>)
- 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)
- Antona M., Bonin M. 2010. Généalogie scientifique et mise en politique des SE (services écosystémiques et services environnementaux). Note de synthèse de revue bibliographique et d'entretiens, WP1. Document de travail n°10-1 (ANR).
(https://agritrop.cirad.fr/556583/1/document_556583.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>)
- Carton S., Bulcke Q. 2021. L'utilisation des digestats en agriculture ; Les bonnes pratiques à mettre en œuvre. 48 p.
(http://www2.agroparistech.fr/IMG/pdf/utilisation_des_digestats_en_agriculture_-_web.pdf)
- Chareyron D., Horsin Molinaro H., Multon B. 2021. Concepts et chiffres de l'énergie : la méthanisation agricole. Culture Sciences de l'Ingénieur. 16 p. (<https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/ressources/pedagogiques/13097/13097-concepts-et-chiffres-energie-la-methanisation-agricole-ensps.pdf>)

➤ Références - 2

- 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), 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>)
- EC (European Commission). 2019. Communication de la Commission au parlement Européen, au conseil Européen, au Conseil, au comité économique et social Européen et au comité des régions : Le pacte vert pour l'Europe. 28 p. (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>)
- 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), DG CLIMA.C3. 2021a. Certification of carbon removals – EU rules. (<https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/>)



➤ Références - 3

- EC (European Commission). 2021b. Communication de la Commission au Parlement Européen, au Conseil, au Comité Economique et Social Européen et au Comité des Régions ; Stratégie de l'UE pour la protection des sols à l'horizon 2030 - Récolter les fruits de sols en bonne santé pour les êtres humains, l'alimentation, la nature et le climat. COM(2021) 699 final (18 novembre 2021). (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=COM%3A2021%3A699%3AFIN>)
- EP (European Parliament) and Council. 2001. Directive 2001/77/CE du Parlement européen et du Conseil du 27 septembre 2001 relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables sur le marché intérieur de l'électricité. (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32001L0077>)
- EP (European Parliament) and Council. 2003. Directive 2003/30/CE du Parlement européen et du Conseil du 8 mai 2003 visant à promouvoir l'utilisation de biocarburants ou autres carburants renouvelables dans les transports. Journal officiel n° L 123 du 17/05/2003, 42-46 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32003L0030>)
- EP (European Parliament) and Council. 2009. **(Directive RED)** Directive 2009/28/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables et modifiant puis abrogeant les directives 2001/77/CE et 2003/30/CE (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=en>)
- EP (European Parliament) and Council. 2018. **(Directive RED-II)** Directive (UE) 2018/2001 DU Parlement Européen et du Conseil du 11 décembre 2018 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables (refonte). (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE). (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001>)
- EP (European Parliament). 2021. Protection des sols ; Résolution du Parlement européen du 28 avril 2021 sur la protection des sols (2021/2548(RSP)). 2021. P9_TA(2021)0143. (https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0143_FR.pdf)
- EP (European Parliament) and Council. 2021c. Proposition de Directive du Parlement Européen et du Conseil modifiant la directive (UE) 2018/2001 du Parlement européen et du Conseil, le règlement (UE) 2018/1999 du Parlement européen et du Conseil et la directive 98/70/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne la promotion de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, et abrogeant la directive (UE) 2015/652 du Conseil. COM(2021) 557 final, 2021/0218(COD). (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0557&from=FR>)

➤ Références - 4

- 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>)
- FAO, Partenariat Mondial sur les Sols). 2017. Carbone organique du sol ; une richesse invisible. 90 p. (<http://www.fao.org/3/i6937f/i6937f.pdf>)
- Hollande F., Valls M., Royal S., Pinel S. 2015. Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (1). JORF n° 0189 du 18 août 2015. (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000031044385>)
- 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>)
- Landell-Mills, N., and I. Porras (2002) Silver Bullet or Fools' Gold?: A Global Review of Markets for Forest Environmental Services and Their Impact on the Poor. London. IIED. (<https://core.ac.uk/reader/75783379>)
- Macron E., Philippe E., Borne E., LeMaire B., Pénicaud M., Darmanin G., Gourault J., Girardin A., Guillaume D. 2019. LOI no 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat (1). JORF n°0261 du 9 novembre 2019. (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000039355955>)
- Marchand N. 2022. PAC : quelles sont les critiques de Bruxelles sur le plan stratégique national (PSN) de la France ? Réussir, publié le 6 avril 2022. (<https://www.reussir.fr/pac-quelles-sont-les-critiques-de-bruxelles-le-plan-strategique-national-psn-de-la-france>)

➤ Références - 5

- Marsac S., Heredia M., Bazet M., Delaye N., Trochard R., Lagrange H., Quod C., Sanner E.A. 2019. Optimisation de la mobilisation de CIVE pour la méthanisation dans les systèmes d'exploitation. Rapport Ademe. 78 p.
(https://librairie.ademe.fr/cadic/4557/opticive_optimisation_methanisation_cive_rapport.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)
- 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. 2018a. Plan Biodiversité ; Comité interministériel biodiversité – 4 juillet 2018a. Biodiversité. Tous vivants !
(https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/18xxx_Plan-biodiversite-04072018_28pages_FromPdf_date_web_PaP.pdf)
- MTE (Ministère de la Transition Ecologique). 2018b. 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>)

➤ Références - 6

- 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/lts/lts_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>)
- Pagiola et Platais, 2002, Payments for Environmental Services, Environment and Strategy Notes, n°3, World Bank. 4 p. (https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/66998/2496_Pagiola2002_PES_EnvStrategyNote32002.pdf?sequence=1)
- Perrot-Maître D. 2006. The Vittel payments for ecosystem services: a "perfect" PES case? International Institute for Environment and Development, London, UK. 24 p. (<https://pubs.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/G00388.pdf>)
- 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>)
- 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)
- Reibel A. 2018. Valorisation agricole des digestats: Quels impacts sur les cultures, le sol et l'environnement. La méthanisation en Provence-Alpes-Côte d'azur. Groupe Energies Renouvelables, Environnement et Solidarités. 63 p. (https://www.geres.eu/wp-content/uploads/2019/10/ARE1805.201.ENV_VALOMOII.Etude_Digestats_VF.pdf)

➤ Références - 7

- 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)
- UN (United Nations). 1992a. Convention Cadre des Nations Unis sur les Changements Climatiques. 25 p. (<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convfr.pdf>)
- UN (United Nations). 1992b. Convention sur la Diversité Biologique. 32 p. (<https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf>)
- UN (United Nations). 1994. Convention des Nations Unis sur la Lutte contre la Désertification – dans les pays gravement touchés parla sécheresse et/ou la désertification, en particulier en Afrique. 60 p. (https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-01/UNCCD_Convention_FRE.pdf)

➤ Références - 8

- Vayssier-Taussat M., Caquet T. 2020. One Health, une seule santé pour la Terre, les animaux et les Hommes. Dossier de Presse INRAE. 35 p. (https://www.inrae.fr/sites/default/files/inrae-dp-one_health-web.pdf)
- Le plan stratégique national (PSN) français pour la PAC 2023-2027 (<https://centre-valde Loire.chambres-agriculture.fr/pac/pac-reformee-2023-2027/>)
- Wallrich A., et al. 2021. Qualité agronomique des digestats en Normandie. 35p. (https://normandie.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Normandie/Guide_digestats_2020__1_.pdf)
- Wunder S. 2005. Payments for environmental services: Some nuts and bolts. CIFOR Occasional Paper No. 42, 32 p. (https://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-42.pdf)



➤ Références – 9 « en vrac »

(<https://centre-valdeloire.chambres-agriculture.fr/chambre-dagriculture-de-lindre/actualites-de-la-chambre-dagriculture-de-lindre/detail-de-lactualite/actualites/pac-2023-2027-une-calculette-eco-regime-mise-a-votre-disposition/>)

(<https://www.reussir.fr/nouvelle-pac-la-reponse-seche-de-julien-denormandie-bruxelles-sur-le-psn>)

(<https://www.action-agricole-picarde.com/psn-une-seconde-version-plus-favorable-lagriculture-bio>)

(<https://www.inrae.fr/actualites/que-future-pac-ait-impacts-positifs-biodiversite-propositions-plus-300-experts-23-pays-membres-lue>)

(<https://www.touteurope.eu/fonctionnement-de-l-ue/le-budget-de-l-union-europeenne/>)

(<https://agriculture.gouv.fr/telecharger/128848>)

(<https://agriculture.gouv.fr/pac-2023-2027-proposition-de-psn-de-la-france-transmise-la-commission-europeenne>)

(<https://centre-valdeloire.chambres-agriculture.fr/pac/pac-reformee-2023-2027/>)

CRA Normandie. 2022. PAC 2023-2027 : Plan Stratégique National – Suite des allers-retours Paris-Bruxelles. (<https://normandie.chambres-agriculture.fr/a-proximite/actualites-locales/detail-actualite/actualites/pac-2023-2027-plan-strategique-national-suite-des-allers-retours-paris-bruxelles/>)

(<https://www.budget.gouv.fr/documentation/file-download/14374>)

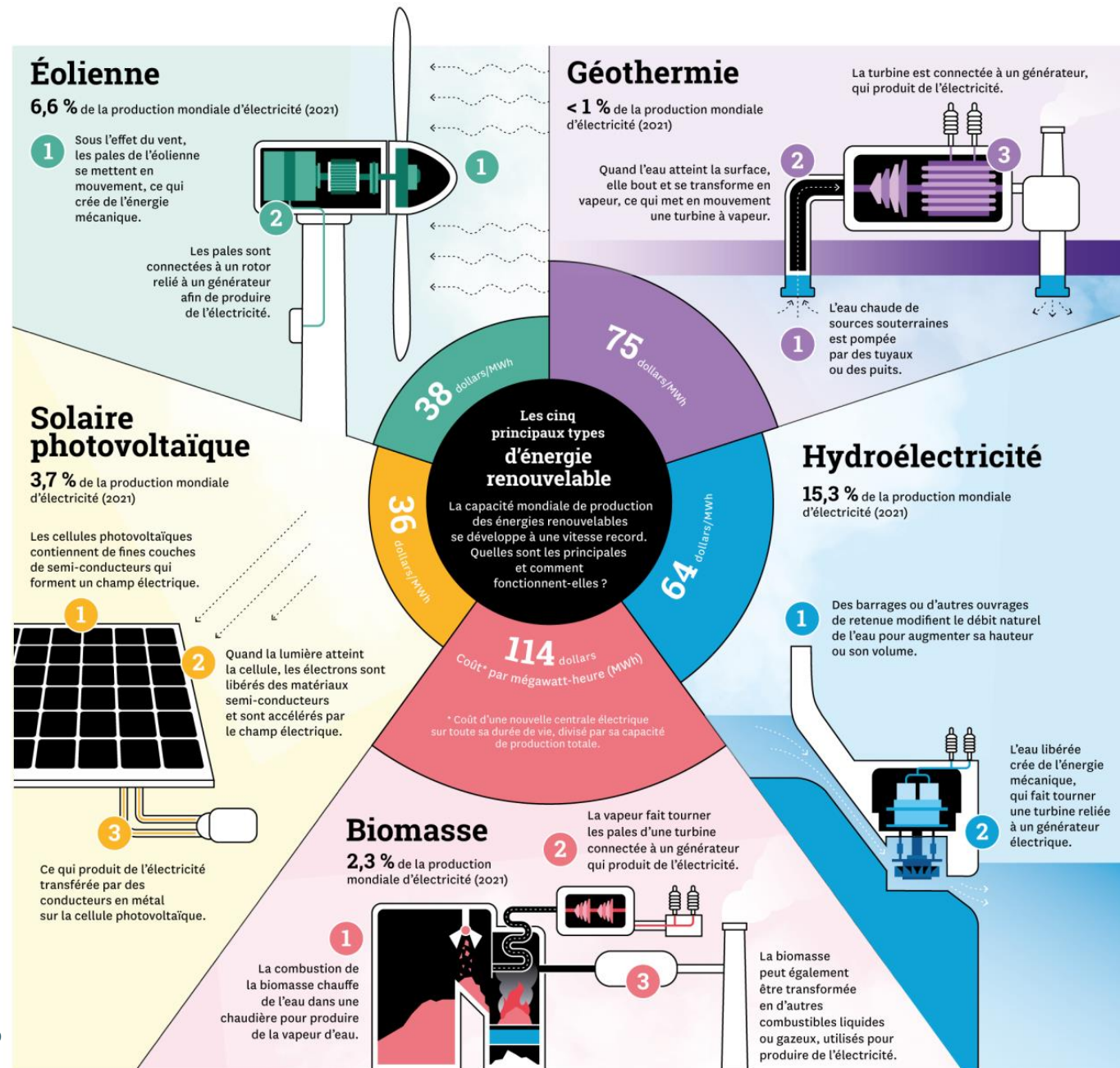
(<https://www.ecologie.gouv.fr/plan->

[biodiversite#:~:text=Le%20Plan%20biodiversit%C3%A9%20vise%20%C3%A0,celui%20des%20g%C3%A9n%C3%A9rations%20%C3%A0%20venir.](https://www.ecologie.gouv.fr/plan-biodiversite#:~:text=Le%20Plan%20biodiversit%C3%A9%20vise%20%C3%A0,celui%20des%20g%C3%A9n%C3%A9rations%20%C3%A0%20venir.))

<https://agriculture.gouv.fr/politique-agricole-commune-2023-2027-approbation-du-plan-strategique-national-par-la-commission>



➤ Coûts approximatifs des EnR



Courrier international (17/09/2022)

<https://www.courrierinternational.com/grand-format/infographie-l-ere-du-renouvelable-demarre>



INRAE

Production agricole de biomasse-bioénergie ; contribuer à la neutralité carbone et p
19 octobre 2022 / med'agri 2022 / P. Renault, S. Ruy