

Alimentation-Energie : concurrence ou complémentarité d'usage de la biomasse pour une bioéconomie circulaire et durable

UNIVERSITE D'ÉTÉ SAUVONS LE CLIMAT, Octobre 2024

Yves Le Roux

Yves.leroux@univ-lorraine.fr



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE



➤ D'ABORD POSER LE DEBAT

- * Donner les ordres de grandeur
- * Eviter les approches en silo
- * Ne pas éviter les controverses

Faire un diagnostic partagé pour permettre une réflexion commune et des pistes pour l'avenir

Partir des usages

➤ Produits animaux et biomasse

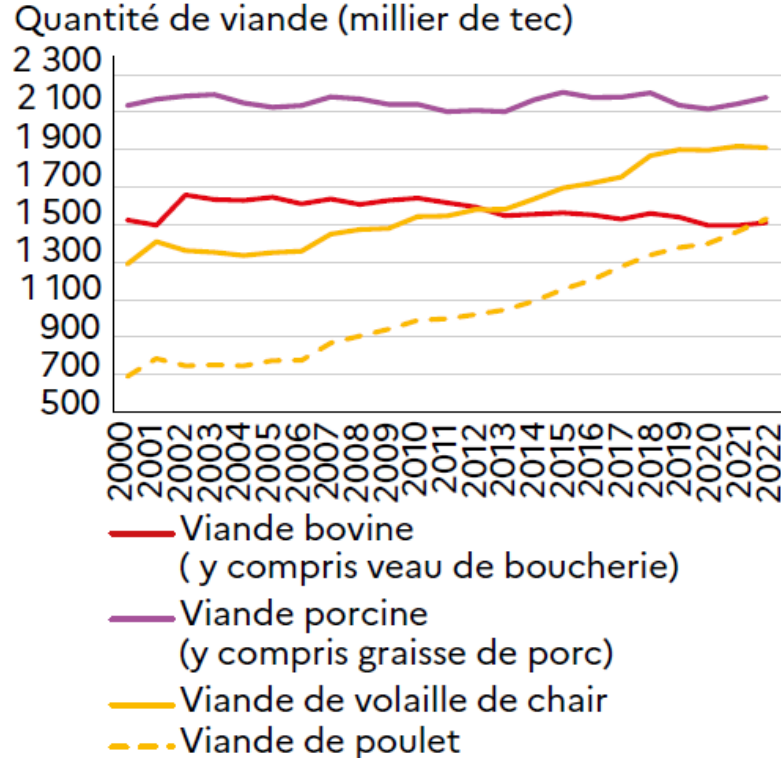
Selon la FAO, il faut en moyenne

*** 7 kilocalories (kcal) végétales pour 1 kcal de produits animaux (allant de 3 kcal pour les poulets de chair à 16 kcal pour la production de bovins viande) (Bender, 1992)**

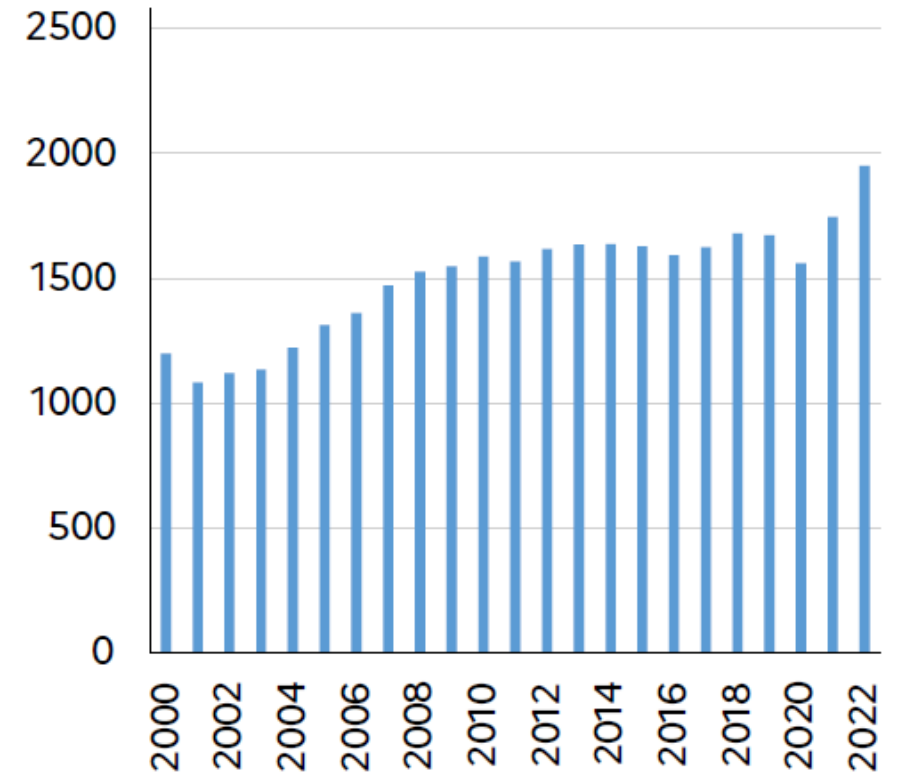
ou encore

*** 2,5 à 10 kg de protéines végétales pour 1 kg de protéines animales (Delaby *et al.*, 2014)**

➤ La consommation de viande : des évolutions très contrastées



Quantité de viande importée (millier de tec)



* **Consommation de viande baisse très modérément mais moins vite que la production**

* **Substitution viande de poulet/viande bovine**

Les importations représentent plus de 30 % de la viande consommée en France.

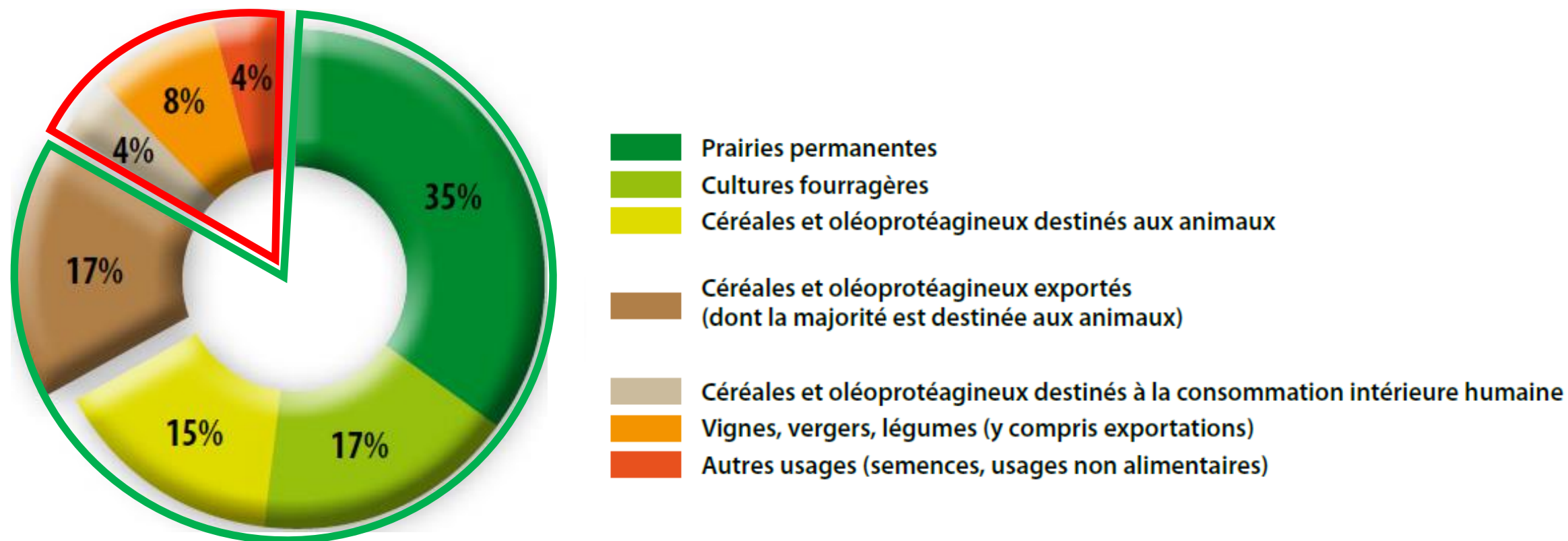
* 20% de la viande bovine est importé

* 29% de la viande porcine est importée

* Plus de 50% de l'agneau est importé

* 50% du poulet est importé (RHD)

➤ Destination des surfaces agricoles par usages en France



* 15-20% des surfaces dédiées à l'alimentation **humaine**

* 80-85% des surfaces dédiées à l'alimentation **animale**

➤ Outils CRATER

Mon territoire peut-il garantir une alimentation saine et durable à ses habitants ?

Découvrez le diagnostic alimentaire de votre territoire



<https://crater.resiliencealimentaire.org/diagnostic/>

Surface agricole utile par habitant

3 900 m²
DE SURFACE AGRICOLE
UTILISEE PRODUCTIVE PAR
HABITANT

3 200 m²
NÉCESSAIRES POUR LE
RÉGIME ALIMENTAIRE
ACTUEL

contre

Consommation de produits animaux

87 %
DES SURFACES SONT UTILISÉES POUR LA PRODUCTION D'ALIMENTS À
DESTINATION DES ANIMAUX D'ÉLEVAGE

Outils PARCEL

Modélisation du régime alimentaire et impact sur les surfaces agricoles : échelle France



<https://parcel-app.org/>

Régime carné actuel

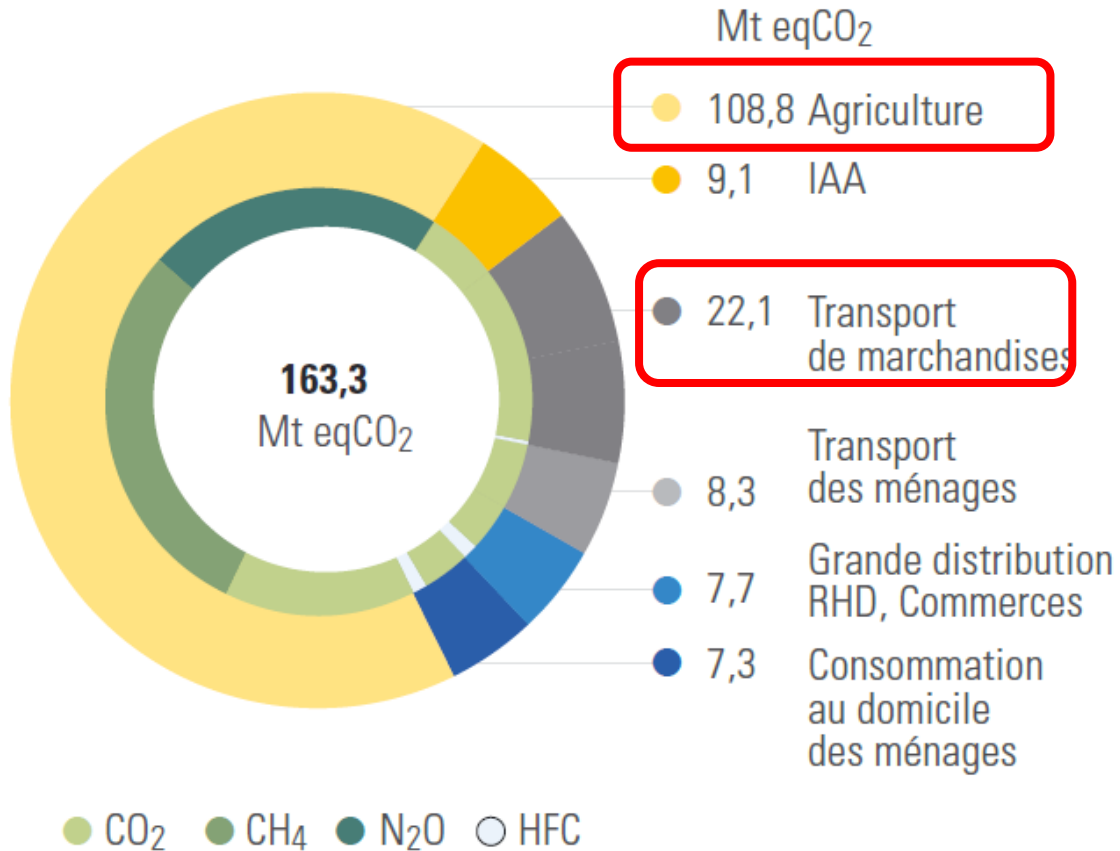
Empreinte spatiale de l'alimentation
20 891 234 hectares
Surface agricole nécessaire pour répondre aux besoins alimentaires de la population et du territoire sélectionnés

Réduction 50%
du régime carné

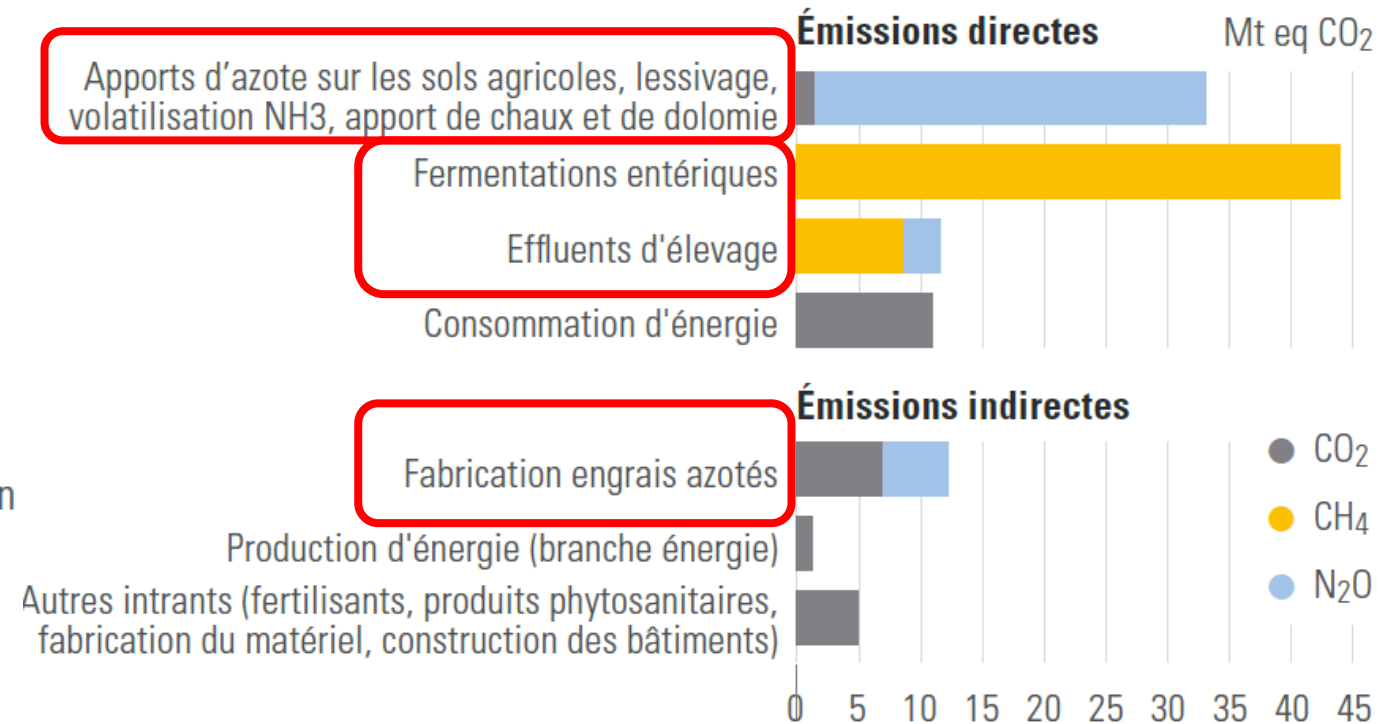
Empreinte spatiale de l'alimentation
12 830 325 hectares
Surface agricole nécessaire pour répondre aux besoins alimentaires de la population et du territoire sélectionnés

➤ Une premier constat nécessaire quand on parle alimentation et biomasse : empreinte pour le secteur agricole et agro-alimentaire

¼ de l'empreinte globale « France »



Pour le secteur agricole : le CO₂ < 20%

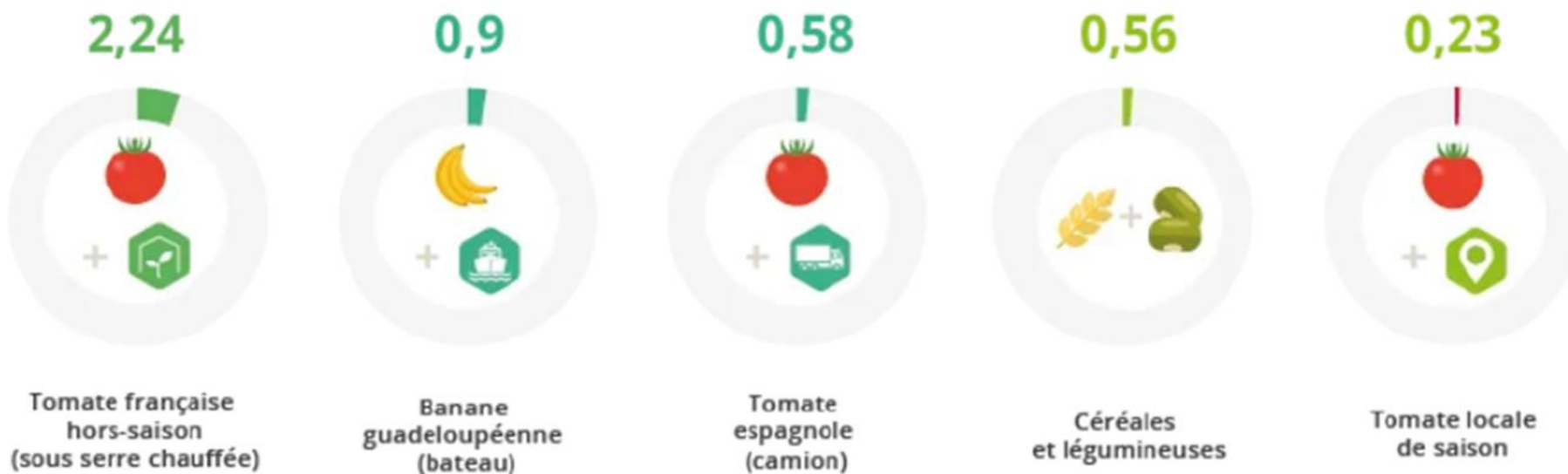


Secteur atypique : CH₄, N₂O

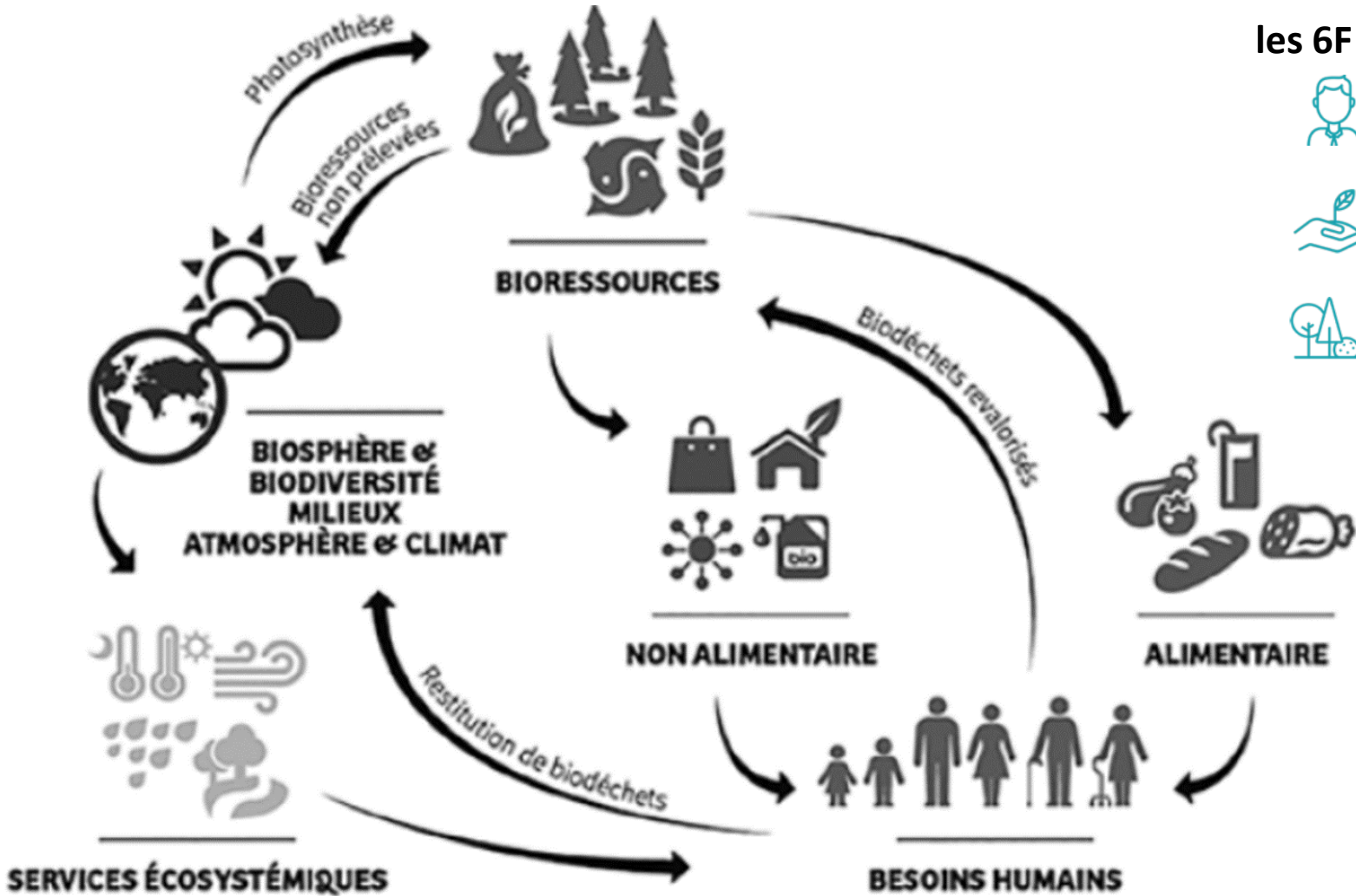
➤ Empreinte carbone en Kg de CO₂eq par Kg d'aliment



©Etiquettable



➤ BIOECONOMIE : une thématique à enjeux très forts



les 6F des usages



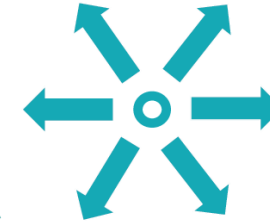
FOURNEAUX
Alimentation humaine



FUMURE
Sol vivant



FORÊT*
Nature, biodiversité, aménités



FOURRAGES
Alimentation animale



FIBRES
Bois, papier, matériaux



FIOWL
Énergie



Sources : scénario Afterres2050

Quelle réalité ?
Quelle limites ?

la bioéconomie au cœur de la décarbonation de notre économie

- Le point fondamental : les usages **actuels et à venir**
- * Evaluer correctement les **gisements**
- * Pour une Bioéconomie circulaire et durable : un **bouclage des cycles nécessaire**
- * Quelle **hiérarchisation, régulation, planification** dans les usages ?
- * Rôle des **innovations** ?

➤ Europe (mai 2020) « De la ferme à la table »

« *Pour un système alimentaire équitable, sain et respectueux de l'environnement* »

Pierre angulaire du pacte vert (Green Deal)



Garantir que les Européens bénéficient d'une alimentation durable et abordable



Lutter contre le changement climatique



Protéger l'environnement et préserver la biodiversité



Une rémunération économique équitable dans la chaîne alimentaire



Renforcer l'agriculture biologique

* Dans le cadre de la neutralité carbone pour l'Europe en 2050

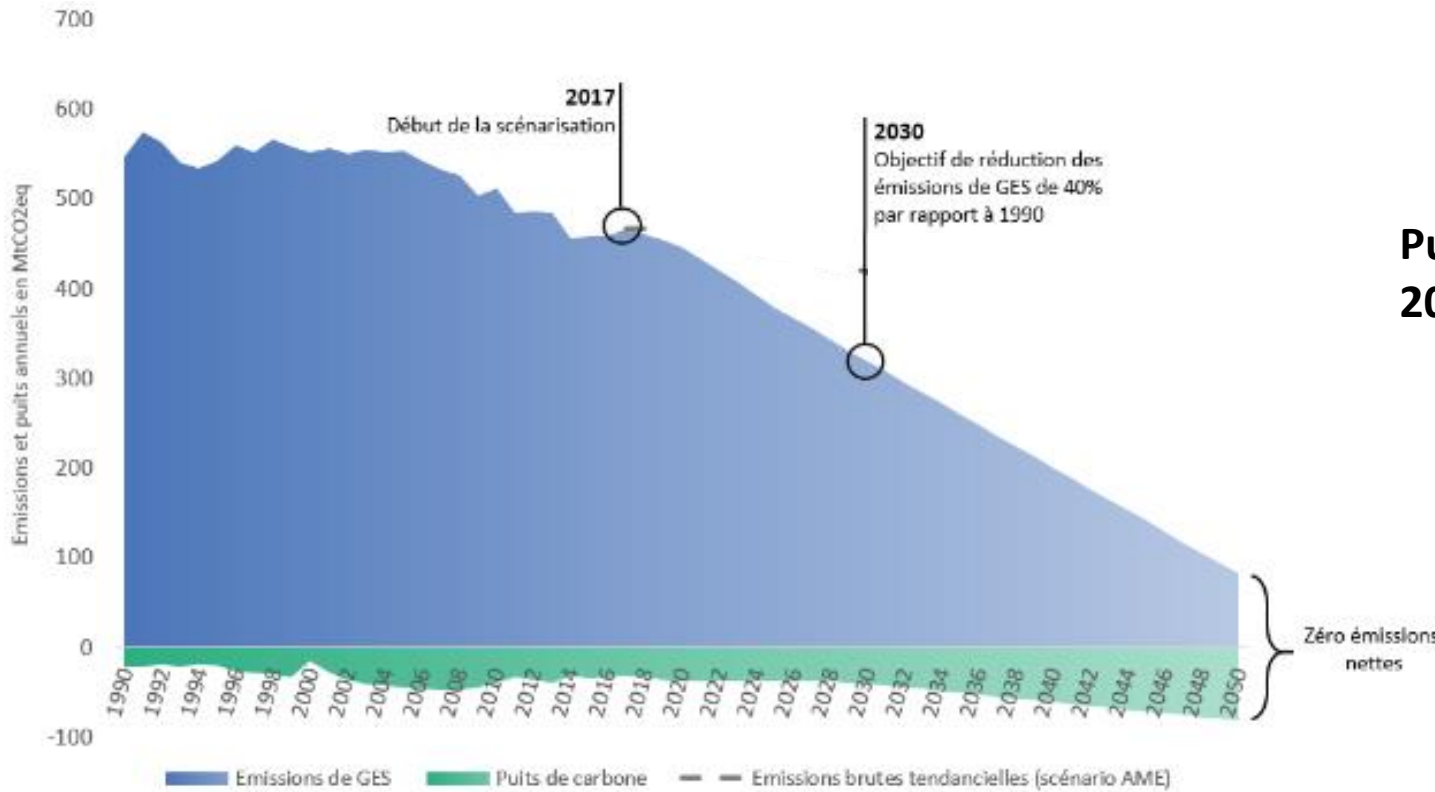
* Avec un point d'étape : -55% d'ici 2030

* **Election de juin 2024 : Quelle Evolution pour ce GREEN DEAL ?**

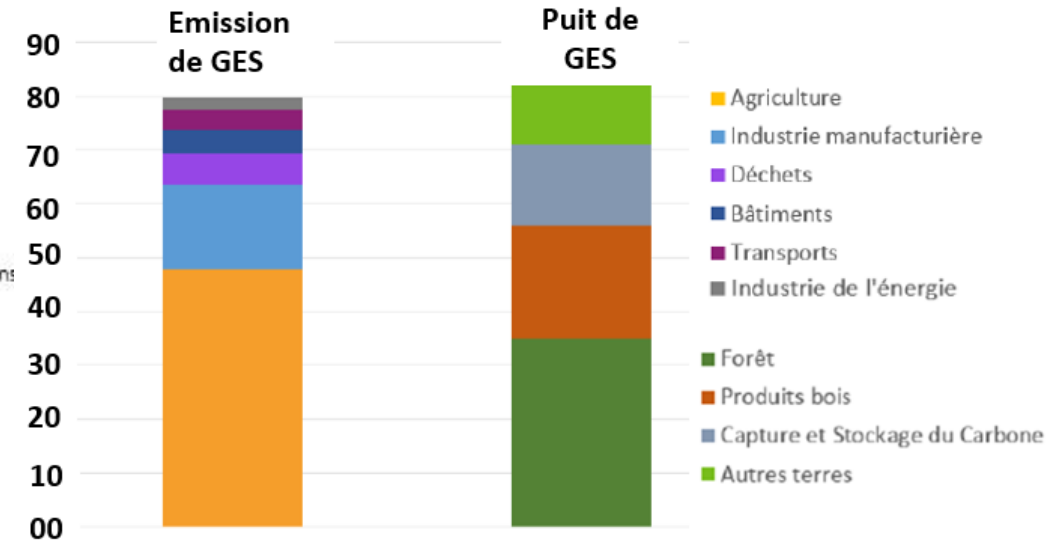
➤ Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC-3)



Evolution des émissions et des puits de GES sur le territoire national entre 2005 et 2050

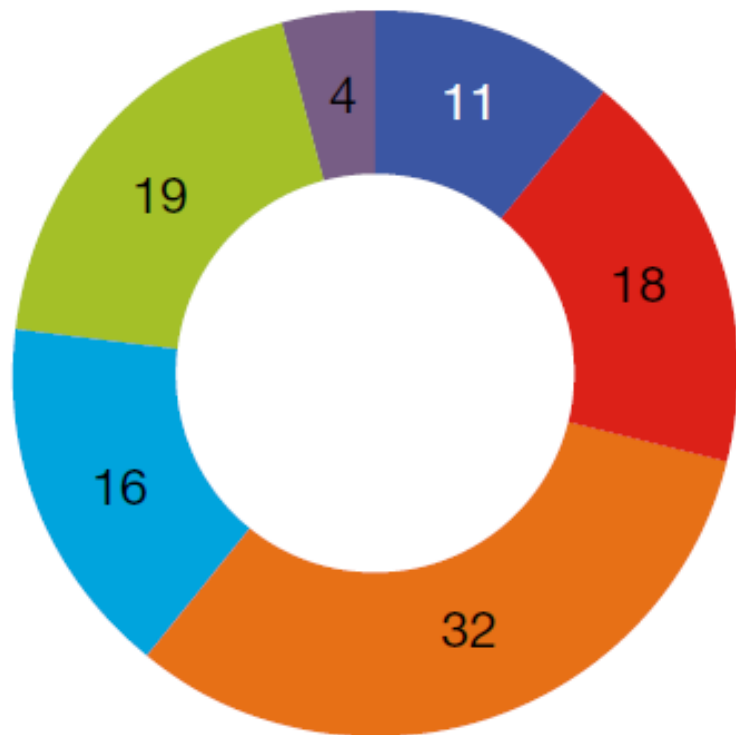


Puits et émissions de gaz à effet de serre en France en 2050 selon le scénario de référence (Mt CO2eq)



- * Neutralité Carbone en 2050
- * Une division par 6 des GES pour la France
- * Une division par 2 pour l'agriculture

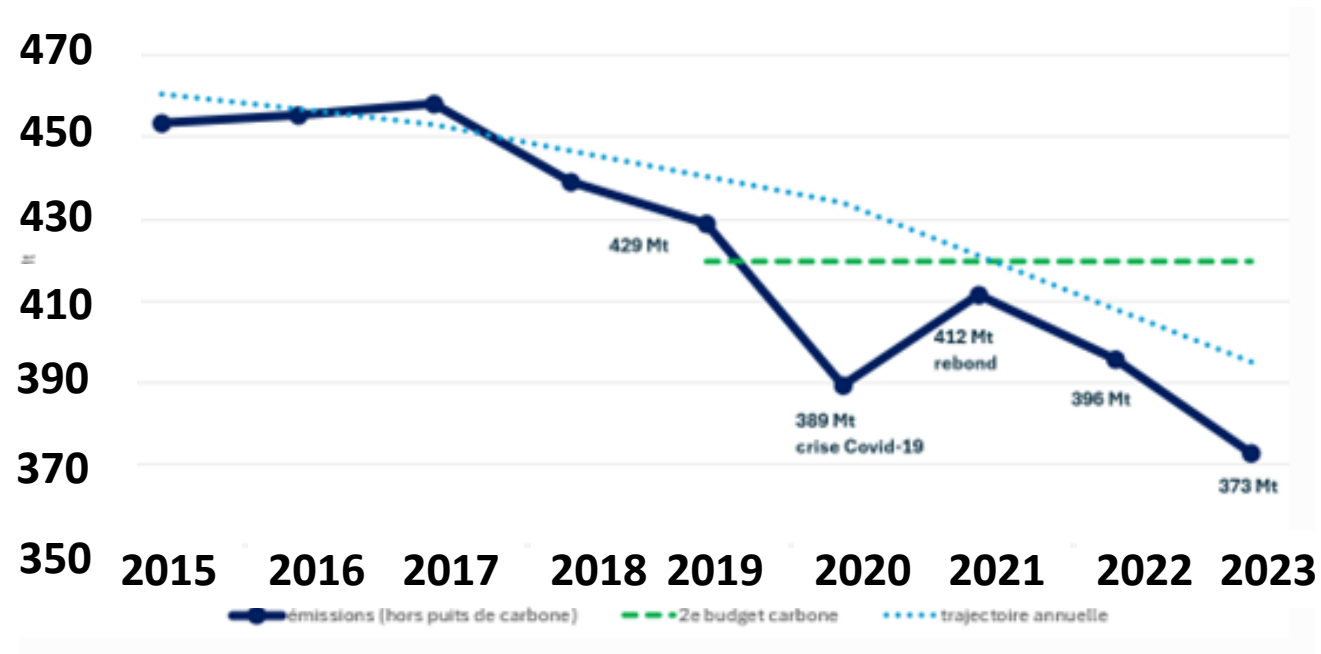
➤ Répartition sectorielle des émissions de GES en France en % en 2022



- Industrie de l'énergie
- Industrie manufacturière et construction
- Transports
- Usage des bâtiments et activités résidentielles/tertiaires
- Agriculture/sylviculture
- Traitement centralisé des déchets

Source : Format Secten – Citepa, 2023

Emission de GES hors puits de carbone et budget carbone (Mt)



*** 5,8% de baisse d'émissions en 2023**

*** Agriculture : -1.6%**

*** Budget carbone ok**

*** Puits de carbone non ok (en particulier forestier et au retournement des prairies permanentes)**

➤ De nombreux scénarios, perspectives pour borner le futur

- ❑ Scénarios RTE : mix électrique, échelle française (6 trajectoires, 2021)
- ❑ Scénario ADEME : scénario tous secteurs, échelle française (4 trajectoires, 2021)
- ❑ Scénario AFTERRRES 2050 : scénario pour l'agriculture, échelle française (2011, revu 2016, bioéconomie circulaire et durable)
- ❑ TYFA et TYFA-GES (Ten Years For Agroecology in Europe) : services écosytémiques, 100% bio, européen avec ou sans production de biogaz
- ❑ A/R/D : Autonomie/Reconnexion/Demitarrien (CNRS)
- ❑ Scénarios INRAE : « Une agriculture européenne sans pesticides chimiques en 2050 ? » 3 scénarios, 2023
- ❑ PTEF : Plan de Transformation de l'économie Française (Shift Project, 2023)
- ❑ Scénarios européens

➤ Prospective ADEME : 4 trajectoires

**S1 GÉNÉRATION
FRUGALE**

**S2 COOPÉRATIONS
TERRITORIALES**

**S3 TECHNOLOGIES
VERTES**

**S4 PARI
RÉPARATEUR**



➤ Un exemple pour travailler à partir des usages

Scénario ADEME 2050

Novembre 2021



S1 GÉNÉRATION FRUGALE

- Recherche de sens
- **Frugalité choisie mais aussi contrainte**
- Préférence pour le local
- Nature sanctuarisée



- **Division par 3 de la consommation de viande**
- **Part du bio: 70 %**



- Rénovation massive et rapide
- **Limitation forte de la construction neuve** (transformation de logements vacants et résidences secondaires en résidences principales)

- **Réduction forte de la mobilité**
- Réduction d'un tiers des km parcourus par personne
- La moitié des trajets à pied ou à vélo



- Innovation autant organisationnelle que technique
- **Règne des low-tech**, réutilisation et réparation
- Numérique collaboratif
- **Consommation des data centers stable** grâce à la stabilisation des flux

- **Décision locale**, faible coopération internationale

- **Réglementation, interdiction et rationnement via des quotas**

- Rôle important du territoire pour les ressources et l'action
- **« Démétropolisation »** en faveur des villes moyennes et des zones rurales

- **Nouveaux indicateurs de prospérité** (écarts de revenus, qualité de la vie...)
- Commerce international contracté



- **Production au plus près des besoins**
- 70 % de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage

Méthanisation

S1 : 108 TWh



S2 COOPÉRATIONS TERRITORIALES

- Évolution soutenable des modes de vie
- **Économie du partage**
- Équité
- Préservation de la nature inscrite dans le droit

Division par 2 de la consommation de viande
Part du bio: 50 %



- Rénovation massive, **évolutions graduelles mais profondes des modes de vie** (cohabitation plus développée et adaptation de la taille des logements à celle des ménages)

Mobilité maîtrisée
- 17 % de km parcourus par personne
• Près de la moitié des trajets à pied ou à vélo



- Investissement massif (efficacité énergétique, EnR et infrastructures)
- Numérique au service du développement territorial
- **Consommation des data centers stable** grâce à la stabilisation des flux

Gouvernance partagée

• **Fiscalité environnementale et redistribution**

- Décisions nationales et coopération européenne



• **Reconquête démographique des villes moyennes**

- Coopération entre territoires
- Planification énergétique territoriale et politiques foncières

- Croissance qualitative, « **réindustrialisation** » de secteurs clés en lien avec territoires
- Commerce international régulé

- Production en valeur plutôt qu'en volume
- **Dynamisme des marchés locaux**
- 80 % de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage



Méthanisation

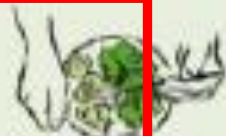
S2 : 110 TWh



S3 TECHNOLOGIES VERTES

- Plus de nouvelles technologies que de sobriété
- Consumérisme « vert » au profit des populations solvables, société connectée
- Les services rendus par la nature sont optimisés

- Baisse de 30 % de la consommation de viande
- Part du bio: 30 %

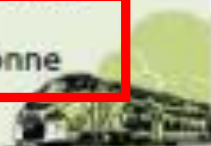


- Déconstruction-reconstruction à grande échelle de logements
- Ensemble des logements rénovés mais de façon peu performante: la moitié seulement au niveau Bâtiment Basse Consommation (BBC)

- Mobilités accompagnées par l'État pour les maîtriser: infrastructures, télétravail

- + 13 % de km parcourus par personne

- 30 % des trajets à pied ou à vélo



- Ciblage sur les technologies les plus compétitives pour décarboner
- Numérique au service de l'optimisation
- Les data centers consomment 10 fois plus d'énergie qu'en 2020

- Cadre de régulation minimale pour les acteurs privés
- Etat planificateur
- Fiscalité carbone ciblée

- Métropolisation, mise en concurrence des territoires, villes fonctionnelles



- Croissance verte, innovation poussée par la technologie
- Spécialisation régionale
- Concurrence internationale et échanges mondialisés

- Décarbonation de l'énergie
- 60 % de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage



Méthanisation
S3 : 135 TWh



S4 PARI RÉPARATEUR

- Sauvegarde des modes de vie de **consommation de masse**
- La nature est une ressource à exploiter
- Confiance dans la capacité à réparer les dégâts causés par des technologies

Consommation de viande quasi-stable (baisse de 10 %), complétée par des **protéines de synthèse ou végétales**



- Maintien de la **construction neuve**
- La moitié des logements seulement est rénovée au niveau BBC
- **Les équipements se multiplient**, alliant innovations technologiques et efficacité énergétique

- Augmentation forte des mobilités
- + 28 % de km parcourus par personne
- Recherche de **vitesse**



- 20 % des trajets à pied ou à vélo

- Innovations tout azimut
- **Captage, stockage ou usage du carbone capté indispensable**
- Internet des objets et intelligence artificielle omniprésents : les **data centers consomment 15 fois plus d'énergie qu'en 2020**



- Soutien de l'offre
- Coopération internationale forte et ciblée sur quelques filières clés
- **Planification centralisée du système énergétique**

- Faible dimension territoriale, **étalement urbain**, agriculture intensive



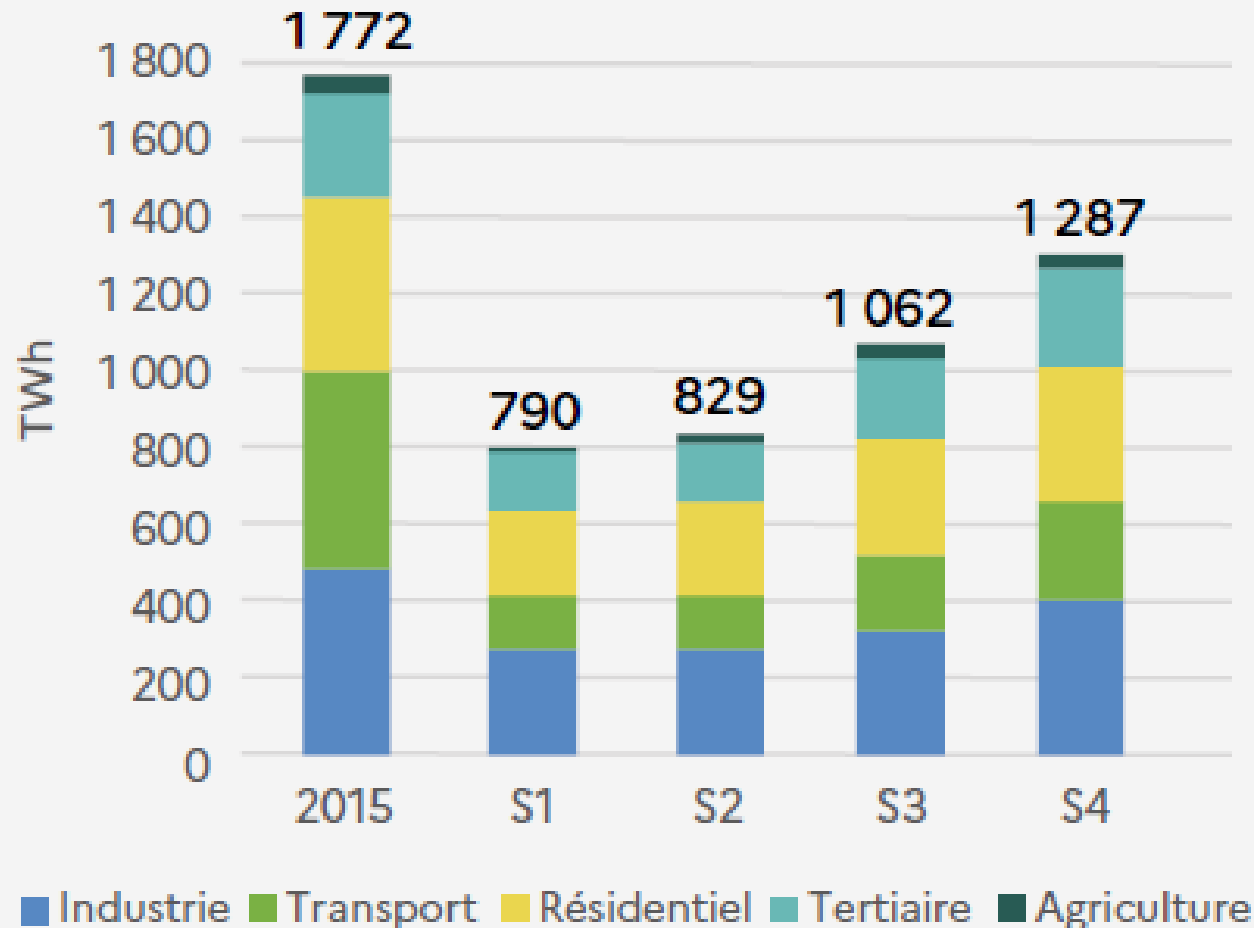
- **Croissance économique carbonée**
- Fiscalité carbone minimaliste et ciblée
- Économie mondialisée

- **Décarbonation de l'industrie pariant sur le captage et stockage géologique de CO₂**
- 45 % de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage

Méthanisation
S4 : 148 TWh

UNE DEMANDE D'ÉNERGIE À LA BAISSÉ

Consommation finale d'énergie par secteur
en 2015 et 2050 (avec usages non énergétiques
et hors soutes internationales)



Tous les scénarios

**Baisse de la consommation
énergétique (efficacité et/ou sobriété)**

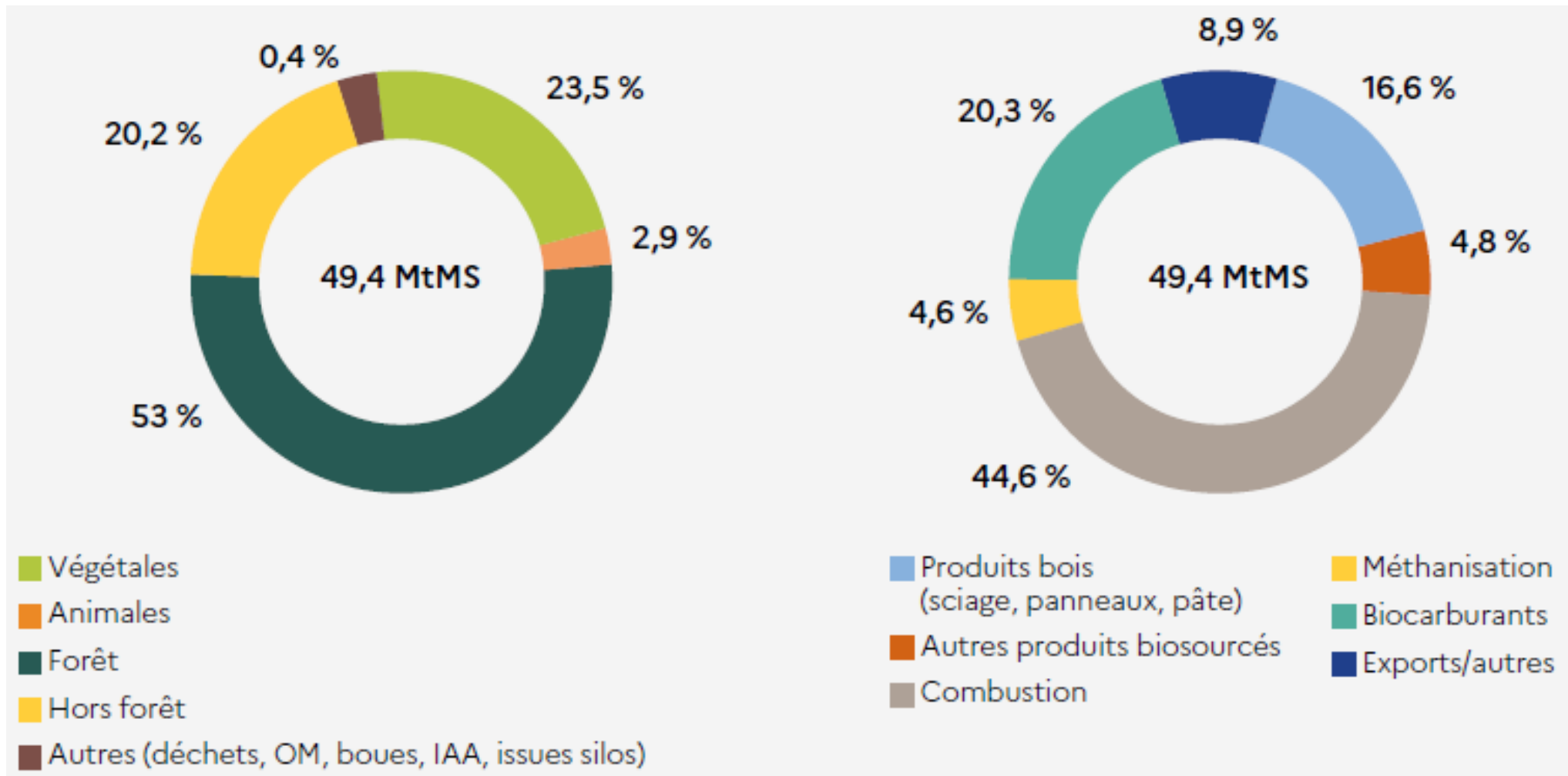
+

**Augmentation très forte de la
production de gaz issus de la métha (+
de 100 TWh)**

110 TWh pour S2

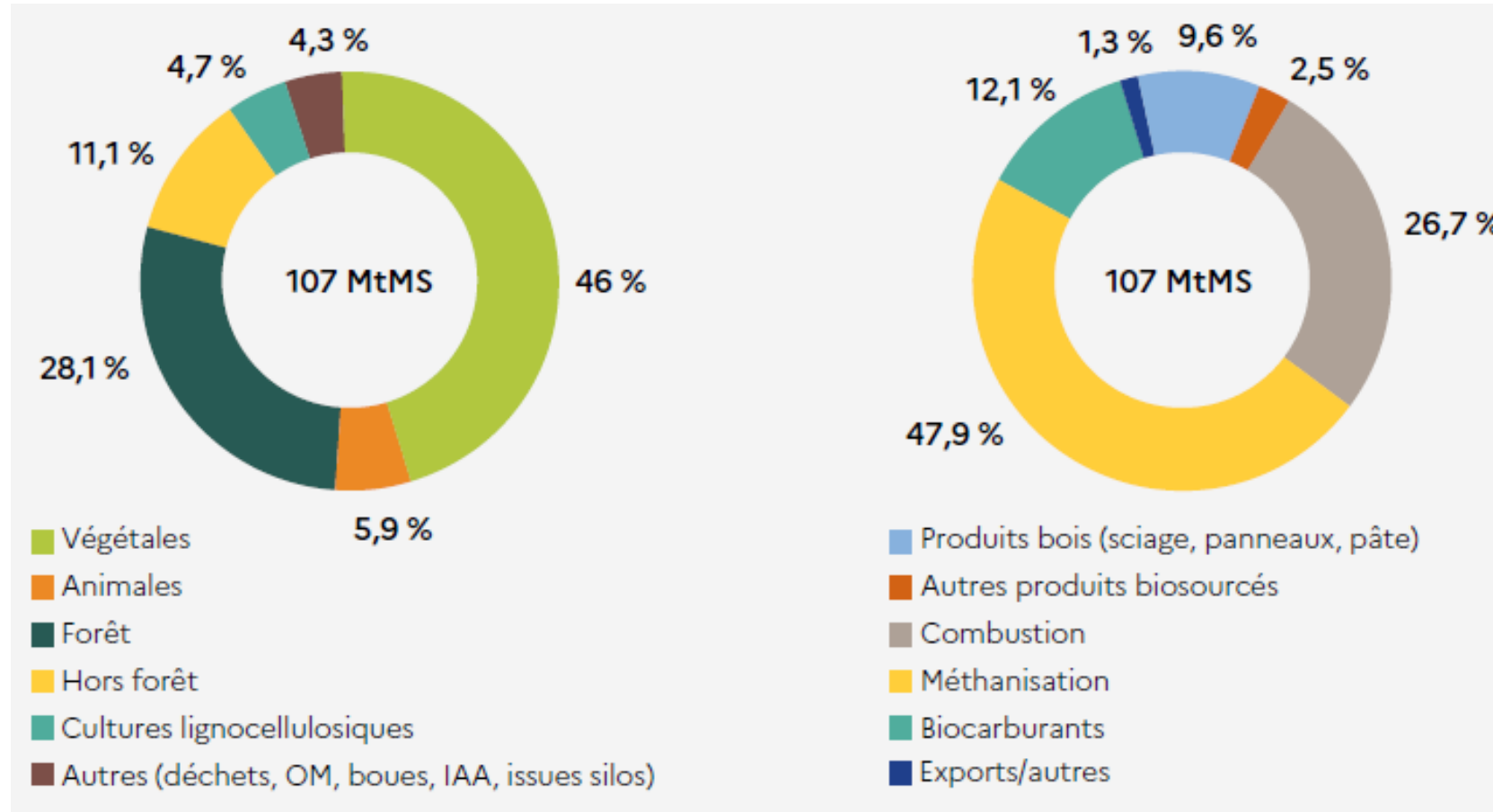
**- de 1% du mix énergétique pour la
méthanisation aujourd'hui à + de 13%
pour S2 et pour **des usages
difficilement substituables****

Répartition massique de la biomasse valorisée par type de biomasse et par usage en 2017 (usages non alimentaires)



**2017 : méthanisation anecdotique dans les prélèvements sur la biomasse
50 MtMS déjà utilisées pour d'autres usages**

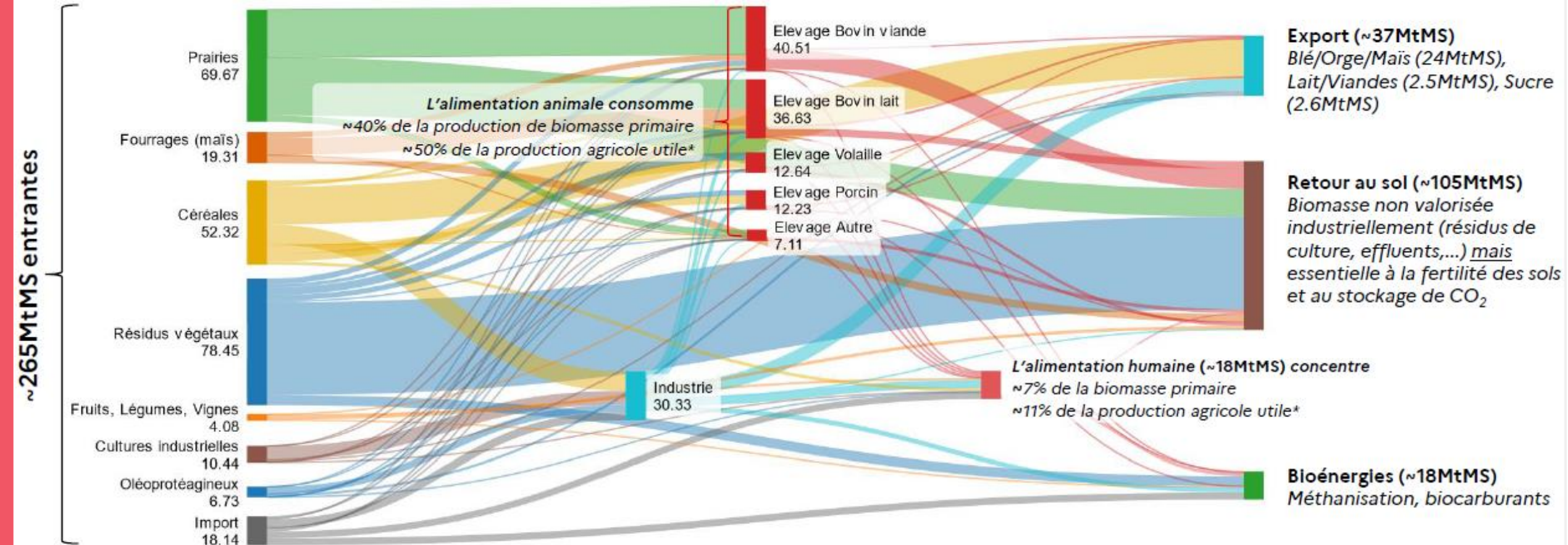
Répartition massique de la biomasse valorisée par usage non alimentaire et par catégorie de biomasse en 2050 dans S2



* 2050 : 107 MtMS au total par an

* Pour 110 TWh de méthanisation, environ **50 Mt MS pour la méthanisation** : beaucoup ?

➤ Biomasse agricole | Cartographie des flux actuels de biomasse, en MtMS (SGPE juillet 2024)



Peut-on « prendre » **50 MtMS** dans le système pour la méthanisation ?

➤ **Afterres 2050** : proche de la trajectoire 2 de l'ADEME, Coopération Territoriale pour mieux saisir les hypothèse et les impacts sur les filières



➔ Régime alimentaire : vers plus de sobriété, meilleur pour la santé et pour l'environnement



➔ Les flux d'import-export : plus sobres et respectueux de l'environnement



➔ *Systèmes agricoles : moins d'élevage et de meilleure qualité, l'agroécologie généralisée*



Méthanisation

- * 32 TWh en 2030 (12,5 TWh en 2024)
- * 68 TWh en 2035
- * 107 TWh en 2040

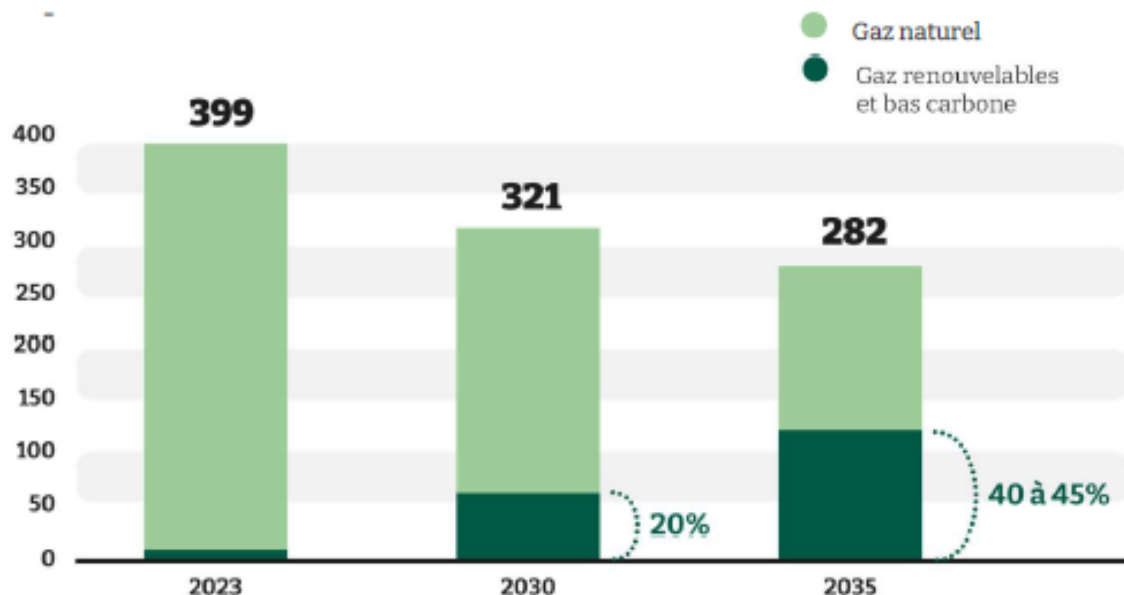
- * Quelle acceptabilité par les filières ?
- * Sobriété/Technologie

50 MtMS à trouver

➤ Des annonces très récentes

Part de gaz renouvelables et bas carbone dans la consommation de gaz
(hors hydrogène)

TWh PCS



Part des gaz renouvelables et bas carbone dits gaz « vert » : 20% en 2030, 40-45% en 2035

Méthanisation

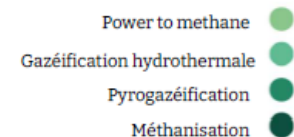
- * 49 TWh en 2030 (4/5 des gaz « vert »)
- * 80 TWh en 2035 (2/3 des gaz « vert »)
- * 100% de gaz « vert » en 2050 : méthanisation+ pyro + GH + méthanation

Une production de gaz renouvelables multipliée par 5 entre aujourd'hui et 2030

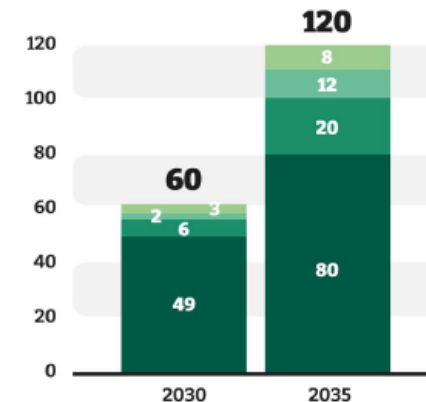
Plus de 12,5 TWh/an

de capacité installée de production de gaz renouvelables en France

Un niveau de production compatible avec l'objectif européen d'atteindre 35 bcm, soit près de 350 TWh/an en 2030.



Trajectoire de production de gaz renouvelables et bas carbone injectée dans les réseaux gaziers (hors hydrogène)
TWh PCS



Perspectives gaz 2024

GRDF GRTgaz TERÉGAS

Dynamique plus rapide que l'ADEME ou AFTERRRES



**PREMIER
MINISTRE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Bouclage biomasse : enjeux et orientations

Juillet 2024

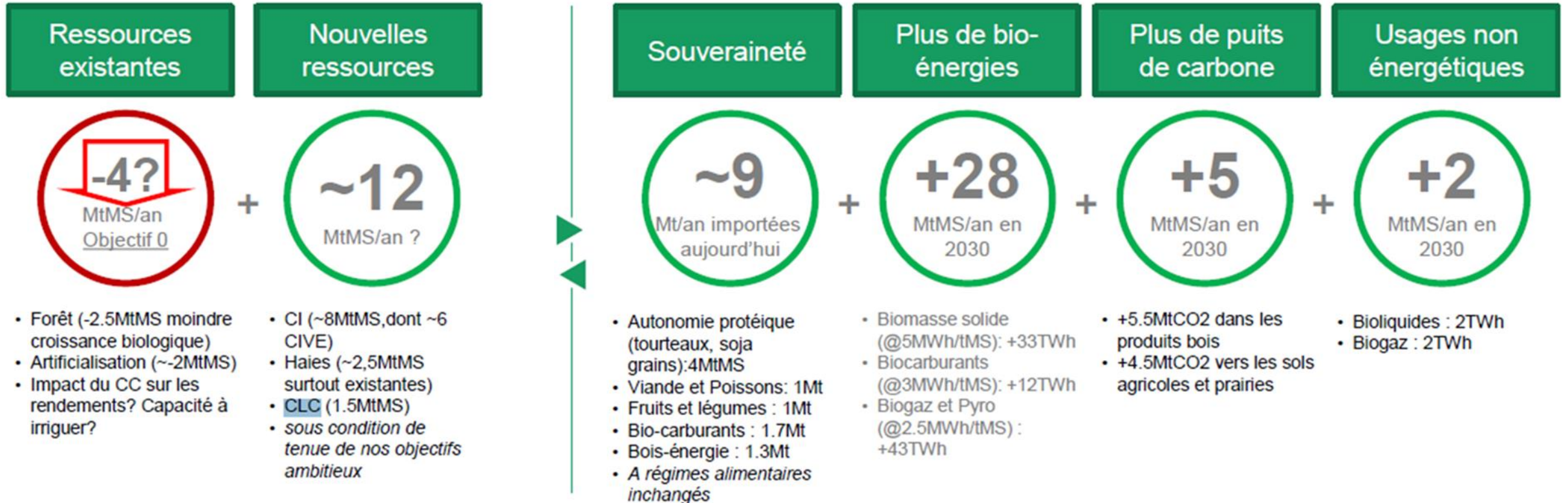
Secrétariat général à la planification écologique

➤ Le SGPE : des inquiétudes sur le bouclage de la biomasse (juillet 2024)

Bouclage biomasse : la mise à jour des besoins en biomasse réévaluée à la hausse le déficit de biomasse en 2030

Une offre de biomasse incertaine à l'avenir, à intensifier...

... Pour répondre à une demande croissante, sur 3 fronts et faisant appel à des ressources communes



➤ Une innovation : l'agrivoltaïsme, point aveugle de pas mal de scénarios

Ovin, Bovin



Maraichage plein champs



Aviculture



Viticulture



Panneaux bifaciaux verticaux



> Conclusion

Le principe est donc relativement « **simple** » : une économie fortement basée sur la biomasse (bioéconomie) doit garantir **le renouvellement durable de cette biomasse en préservant les différents stocks dans une vision systémique**

Des **scénarios cohérents entre usage et production** si ils sont mis en œuvre (revoir le bouclage avec les puits de carbone) : végétalisation de l'assiette

Quelle hiérarchisation, régulation, planification entre les usages de la biomasse ?

Quel **partage de la valeur ajoutée** entre les acteurs ?

Une approche **uniquement carbone apparaît insuffisante, multicritère nécessaire** : biodiversité, eau, air, pollution, matières....

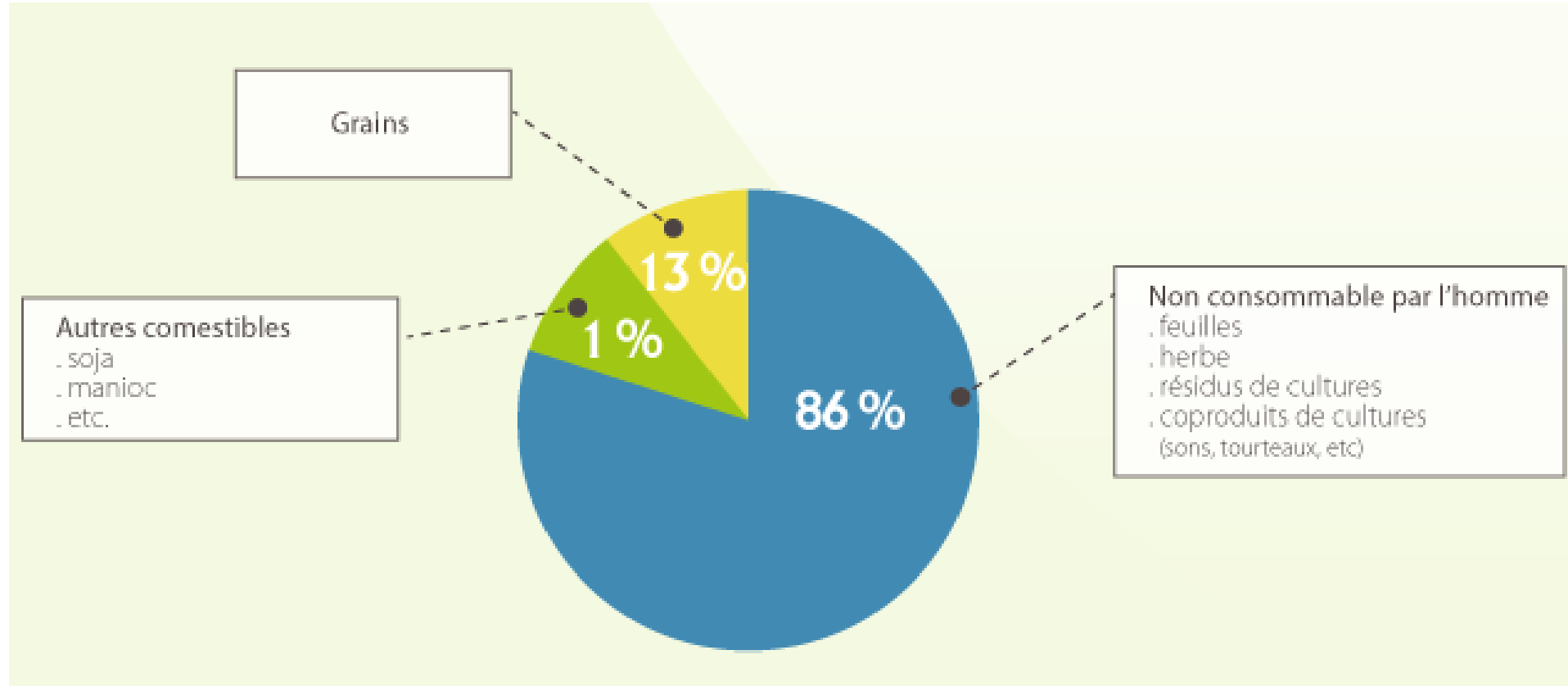
Si les filières ne suivent pas ???

Merci de votre attention



Compléments

➤ Part de la production agricole mondiale consommable par l'Homme



* Non consommable par l'homme ne veut pas dire non utilisable par l'homme

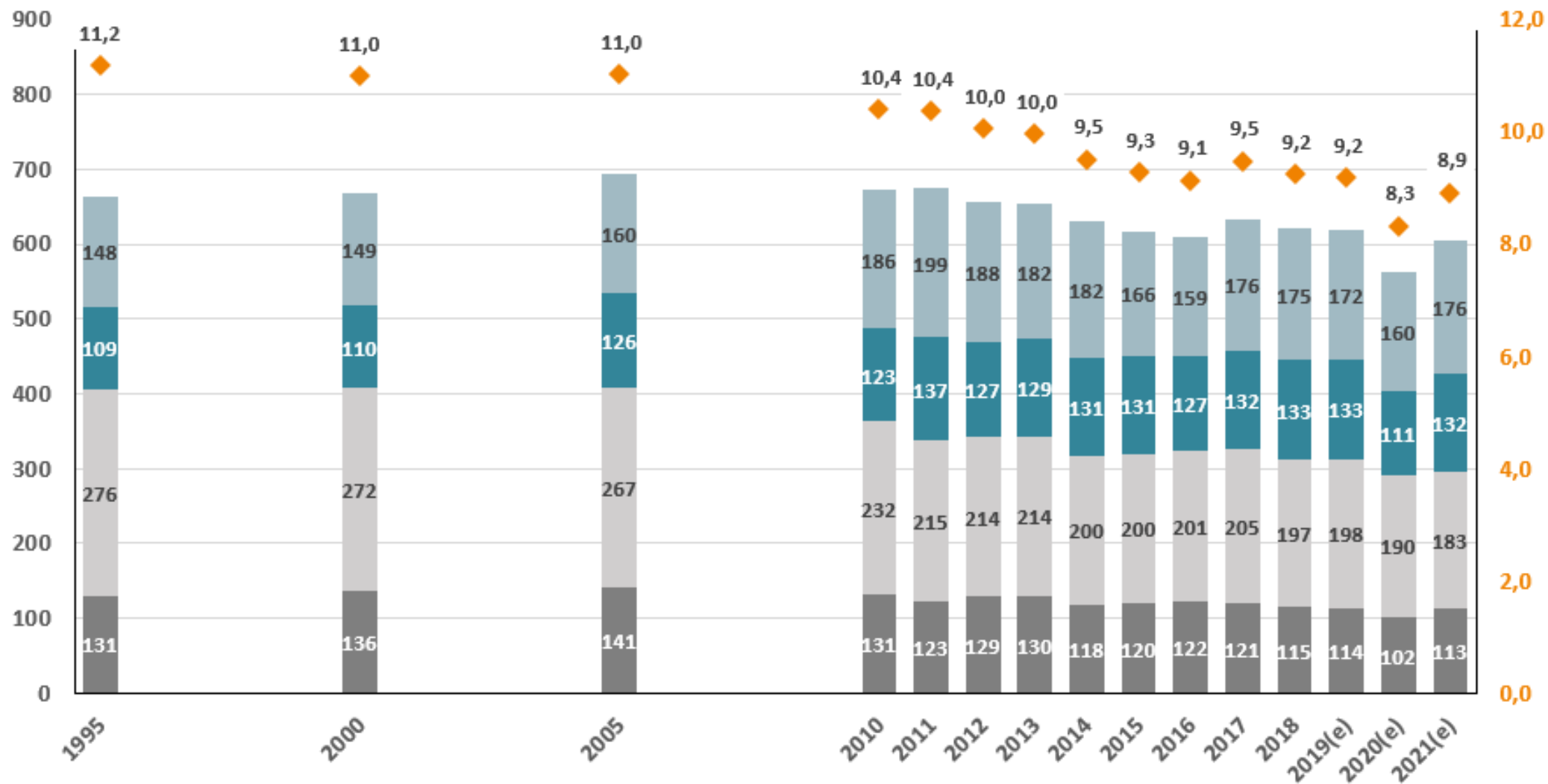
* Nouveaux usages : énergétiques en particulier

La biomasse au cœur des débats actuels
Compétition/hiérarchisation d'usage

- Alimentation humaine/animale
- Non alimentaire (chimie verte, **énergie**, éco-matériaux...)

➤ L'empreinte carbone selon l'origine des émissions de 1995 à 2021, En Mt CO2 eq

- Emissions associées aux importations de consommations intermédiaires
- Emissions associées aux importations pour usage final
- Emissions de la production intérieure hors exportations
- Emissions directes des ménages
- ◆ Empreinte totale par personne (échelle de droite)



➤ Répartition de l'empreinte carbone des Français

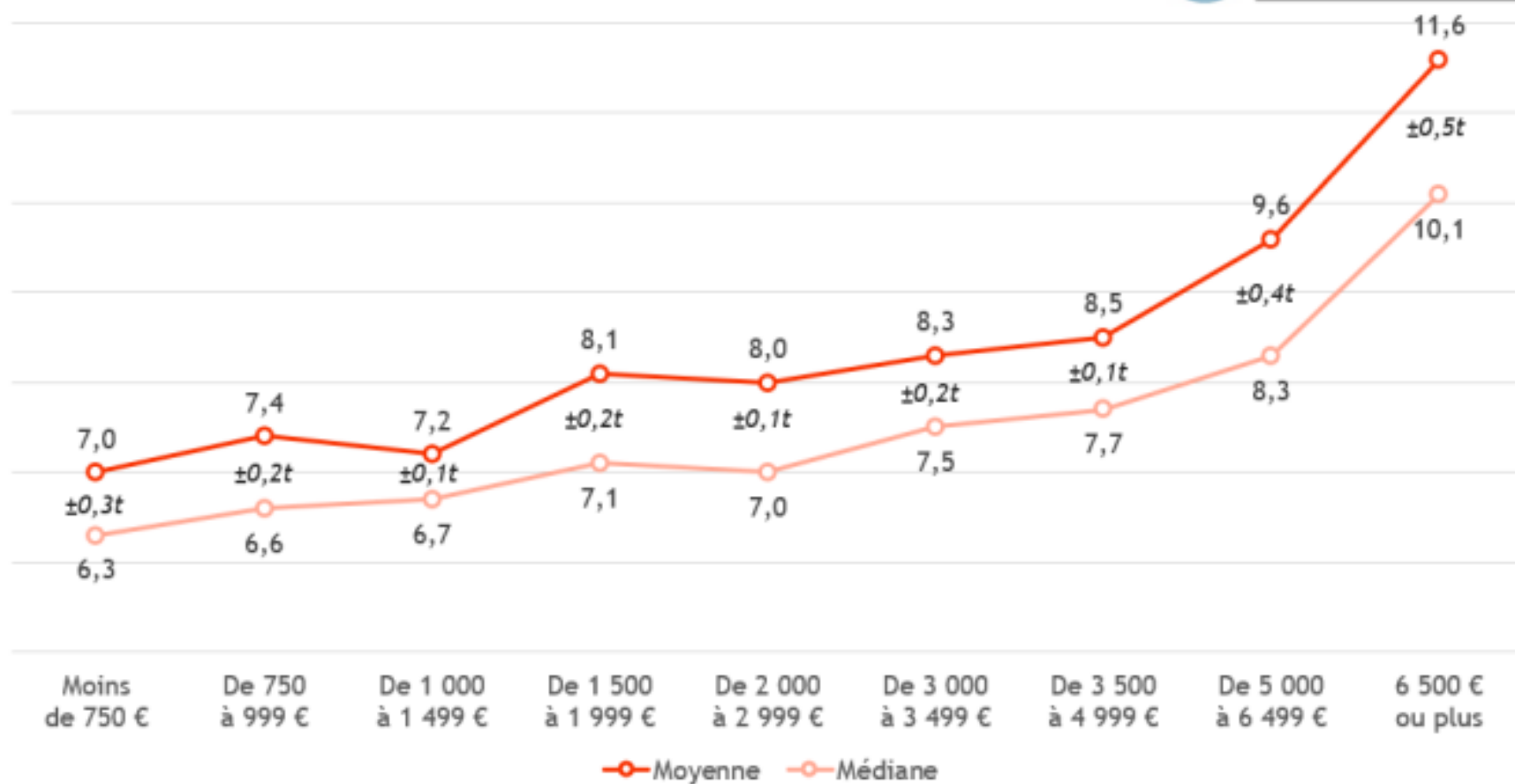
Les revenus apparaissent comme le premier facteur de variation de l'empreinte carbone totale.

L'empreinte carbone moyenne par revenus

Résultats issus du test Nos Gestes Climat (en tonnes) – Revenus mensuels nets du foyer



Ensemble des Français
4096 répondants



« La bioéconomie est l'ensemble des activités économiques fondées sur les **bioressources**, c'est-à-dire les matières organiques terrestres ou marines, végétales ou animales. Une **économie basée sur du carbone renouvelable**, de la production à la transformation, jusqu'à la valorisation des co-produits et des biodéchets, tout en visant la sécurité alimentaire » Source : <https://agriculture.gouv.fr/animation-tout-comprendre-sur-la-bioeconomie>

La bioéconomie institutionnelle vise à optimiser la valorisation de biomasses comme un **nouveau relais de croissance**, en s'appuyant notamment sur **la chimie verte** et les **technologies de rupture**

Nicholas Georgescu-Roegen, économiste roumain : vision métabolique du fonctionnement des sociétés humaines : usage prudent des biomasses en **appelant à la décroissance de tous les pans de l'économie dépendant des énergies fossiles**.

S. Barles : A régime politico-économique constant aucune transition socio-écologique n'est possible (
<https://www.youtube.com/watch?v=YFOrMcVoGbc>)

➤ Analyse de 16 scénarios du « secteur des terres » compatibles avec l'objectif de neutralité climatique

	Nom du scénario	Auteur (s) / porteurs	Périmètre	Année
1	Achieving Net Zero : Farming's 2040 goal	National Farmers' Union	Royaume-Uni	2019
2	Neutralité climatique en 2050	Danish Agriculture & Food Council	Danemark	2017
3a	Future Nordic Diets (EY : efficiency)	Nordic Council of Ministers	Suède, Danemark, Finlande, Norvège	2017
3b	Future Nordic Diets(SY : sufficiency)	Nordic Council of Ministers	Idem	2017
4	Land use: policies for a net zero UK	Committee on Climate Change UK	Royaume-Uni	2018,2020
5	Pathways to Sustainable land-Use and Food Systems	IASA & SDSN pour FABLE consortium	17 territoires, focus sur Union européenne	2019
6	Scénarios pour une transition écologique de l'agriculture wallonne	Earth & Life Institute – Université Catholique de Louvain	Wallonie et Bruxelles-Capitale	2019
7	TYfA - Ten Years for Agroecology	IDDR1 & ASca	Union Européenne	2018
8	Net-Zero emissions in agriculture	IIEP pour European Climate Foundation	Union Européenne	2019
9 a	Une planète propre pour tous : 1.5 Life	Commission européenne	Union Européenne	2018
9 b	Une planète propre pour tous : 1.5 Tech	Commission européenne	Union Européenne	2018
10	Vision 2030-2050	ADEME	France	2014
11	Afterres2050	Solagro	France	2016
12 a	Rapport spécial sur un réchauffement planétaire de 1,5°	GIEC	Monde	2018
12 b	Rapport spécial changement climatique et terres émergées	GIEC	Monde	2019

* 12 scénarios sur les 16 analysés s'appuient sur des diminutions significatives de la consommation de protéines animales

* La question de l'élevage : la réduction des cheptels concerne 13 scénarios sur 16

* Les scénarios qui ne font aucune hypothèse sur la réduction du cheptel ou de la demande en protéines animales reposent sur l'hypothèse d'une forte augmentation des rendements (de 30 à 60 %)

Les innovations technologiques : Quelle Dynamique ? Faisabilité ? Coût ?

- * Azote minérale vert (H₂ vert) ou bleu (CCS) : Coûts de l'engrais ?
- * Protéines d'insecte : Ynsect, symbole de la French Tech en danger de mort
- * Viande *in vitro*
- * CCUS, BECCS : un levier de décarbonation de l'économie, quel surcoût ?

➤ Le SGPE : Une proposition de hiérarchisation de la biomasse par le SGPE

La contrainte sur la ressource conduit à prioriser les différents usages de la biomasse, en proposant une forme de merit-order

Usages à considérer en priorité

- Alimentation humaine
- Alimentation animale
- Puits de carbone – produits bois et forêts
- Fertilité des sols (retour au sol des résidus et couverts)
- Industrie – chaleur haute °C et non-énergétiques
- Réseaux de chaleur
- Consommations énergétiques de l'agriculture, et de la filière forêt-bois
- Engins lourds de chantier

Raisonnement et sous-conditions

- Trafic aérien (domestique et international)
- Soutes maritimes
- Transports – PL, bus et cars, et transport fluvial et ferroviaire
- Transport – véhicules légers
- Industrie – chaleur basse température
- Résidentiel et tertiaire – biomasse solide pour chauffage et ECS performants
- Production d'électricité Outre-mer (Mayotte, Guyane, Corse)

Développement à modérer

- Production d'électricité
- Résidentiel et tertiaire – chauffage et ECS non performants