



QUELLES **BIOMASSES** POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ?

La web-conférence démarrera dans quelques instants





QUELLES **BIOMASSES** POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ?

WEBINAIRE - 15 oct. 2024

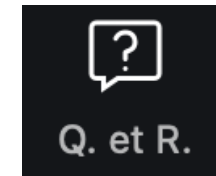
Quelques règles pour le webinar

Audio

- Seuls les intervenants peuvent prendre la parole
- Vous pouvez adresser vos questions et remarques par écrit

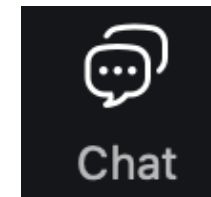
Posez une question aux intervenants

- avec l'interface « Q&R » en bas de l'écran



Signalez un problème technique

- Utilisez l'interface « Chat »



SOLAGRO

40 ans d'expertise au service des transitions écologiques :

Énergie

Climat

Agriculture

Alimentation



3 métiers : Ingénierie-conseil, Recherche-prospective, Diffusion et partage des savoirs



QUELLES **BIOMASSES** POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ?

WEBINAIRE - 15 oct. 2024

Les intervenants



Sylvaine Berger

Directrice adjointe de Solagro, responsable Bioéconomie



Simon Métivier

Chef de projets Bioéconomie de Solagro



Christian Couturier

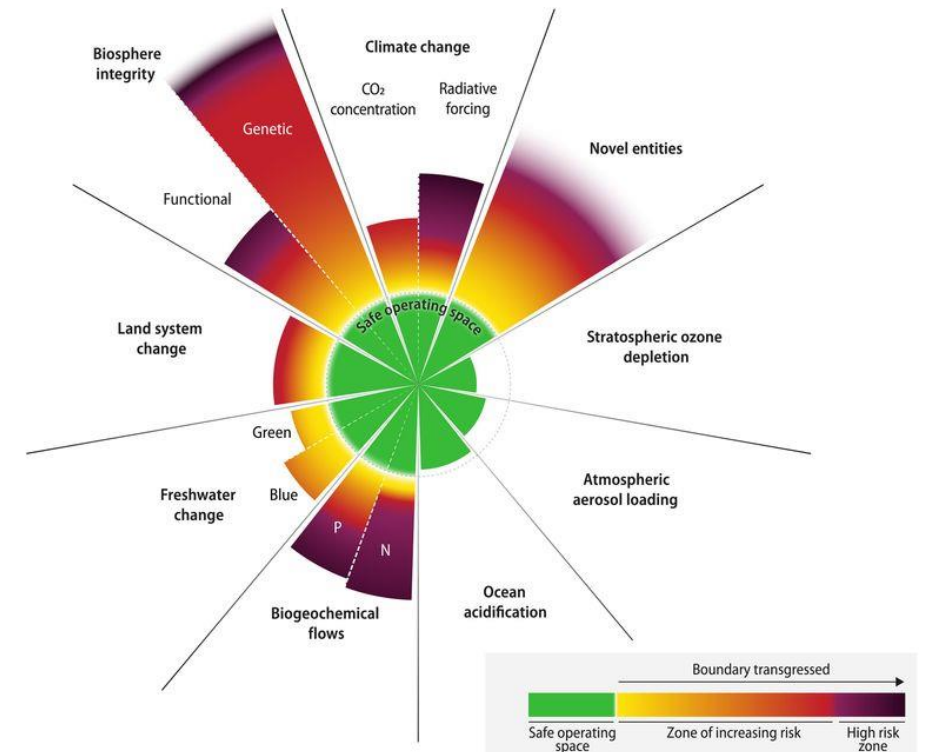
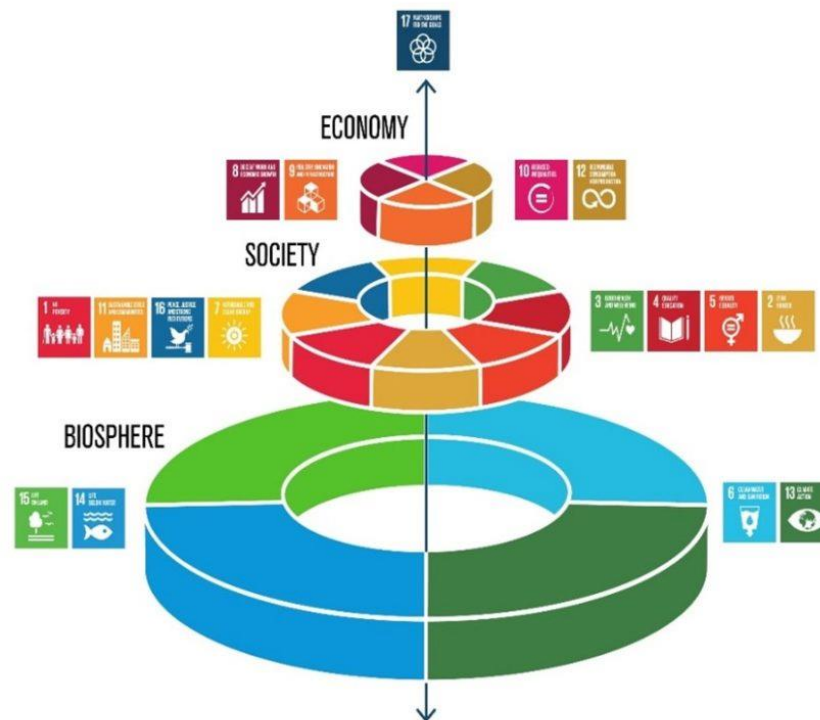
Directeur de Solagro

► Introduction

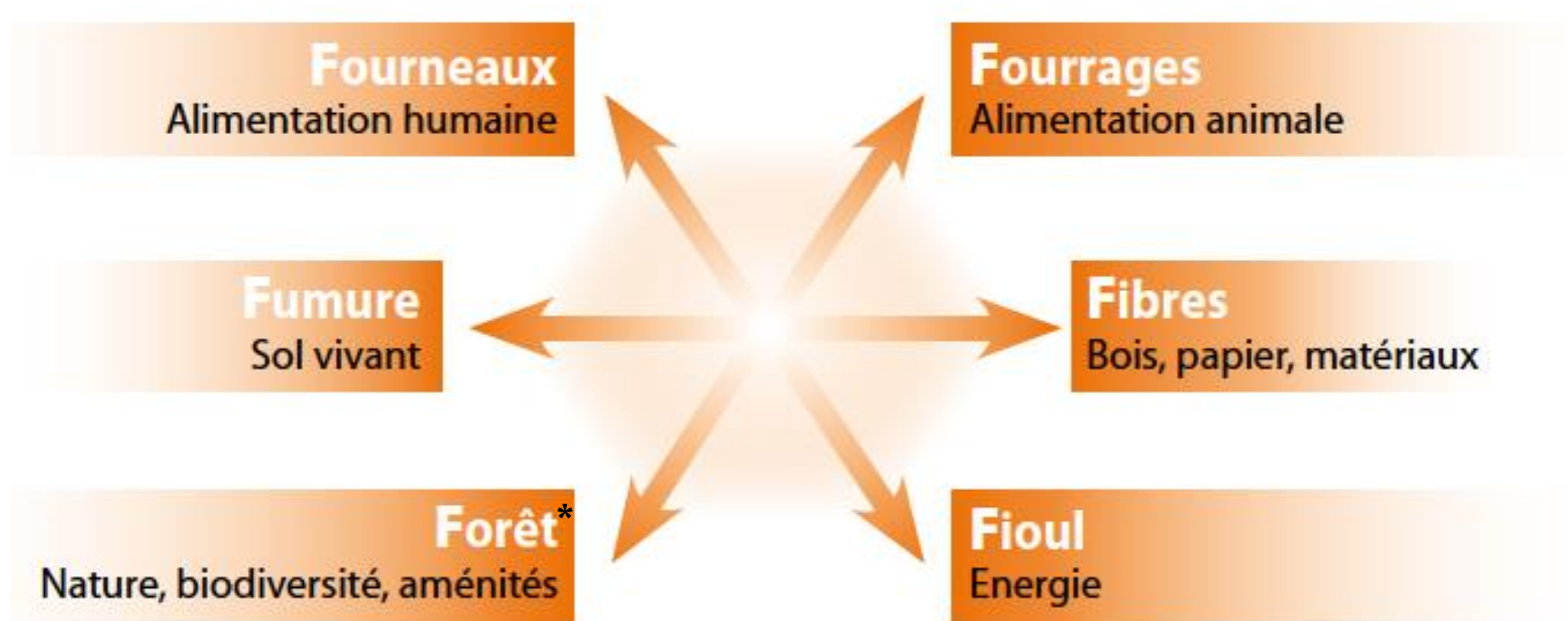


Les principes

- Approche « donut »
 - Les « planchers » sociaux au-dessous desquels la vie en société est dégradée : **indicateurs ODD**
 - Les « plafonds » écologiques au-delà desquels la survie sur Terre est menacée : « **limites planétaires** »

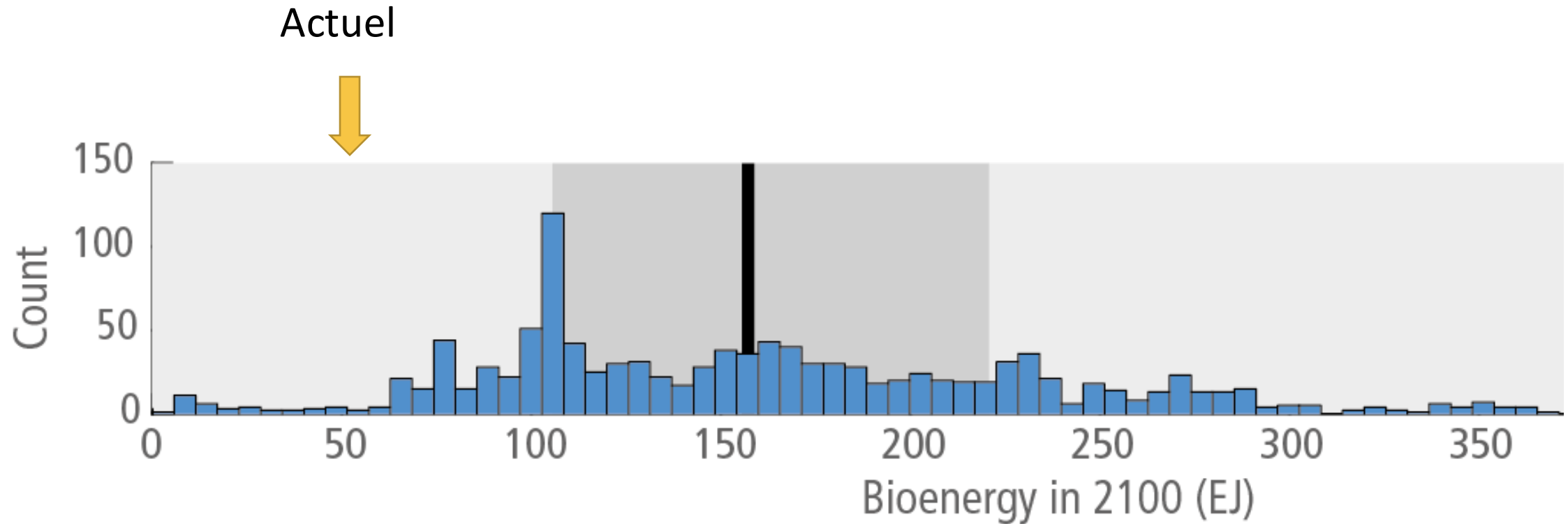


Au cœur du scénario : quels compromis pour l'usage des sols et de la biomasse



* *Foresta* (VII^e Siècle) : « territoire soustrait à l'usage général » ; « terrain sur lequel on a prononcé un ban, une proscription de culture, d'habitation »

Le potentiel de bioénergies



AR6 – WGIII – chap.3 - Fig-3.4.

► Présentation de l'étude

Objet et périmètre de l'étude

2 objectifs principaux

- Évaluer le potentiel de biomasse pour un usage énergie en 2050 pour la France
- Évaluer les filières de valorisation

Périmètre :

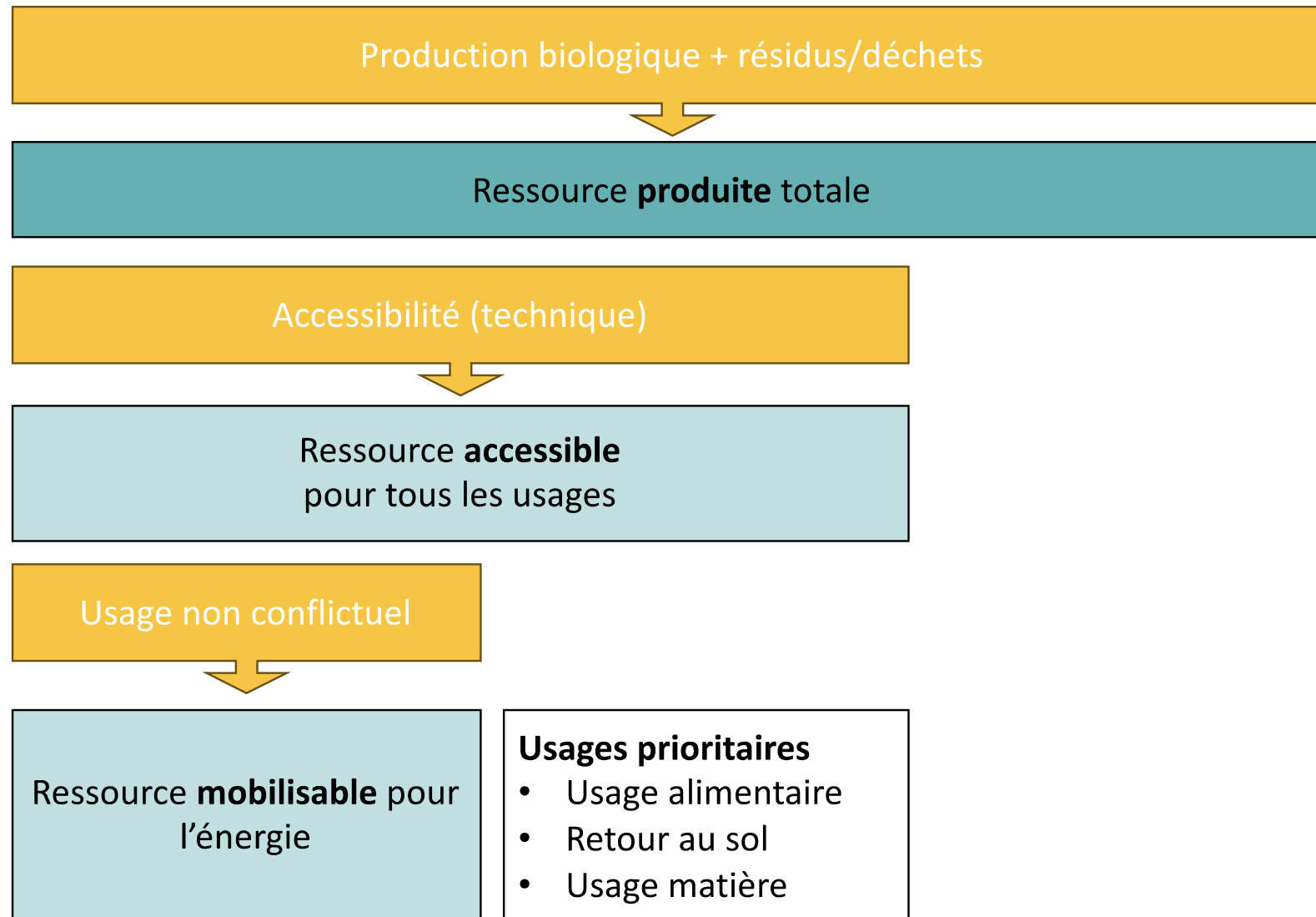
- Biomasse sans concurrence avec les usages alimentaires (humaine et animale)
- Cadre prospectif « usage des terres » : **Afterres2050**
- Études des filières de valorisation :
 - Chaleur (combustion)
 - Méthane
 - Carburant liquide
- France métropolitaine
- Power-to-X non pris en compte

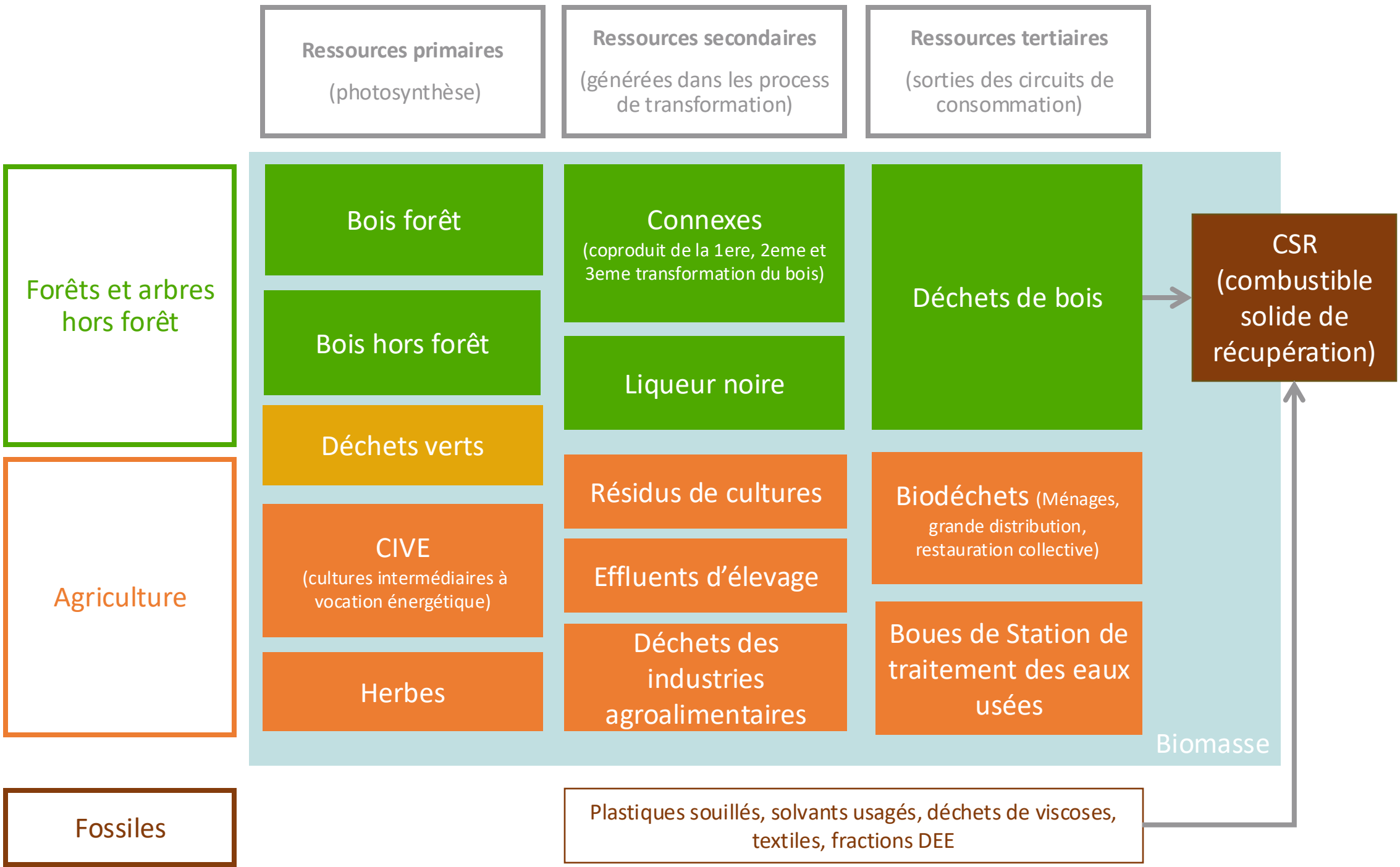
Les derniers résultats d'Afterres 2050 :

- [Présentation université 2023](#)
- [Afterres2050 - Forêt & bois 2023](#)
- [Afterres2050 - Biodiversité 2022](#)

► Potentiel de biomasses
à usage énergétique

Méthodologie générale







Cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE)

2050 – calendrier d'implantation des CIMSE

Avantages :

- Capture des reliquats d'azote
- Protection contre l'érosion
- Compétition avec les adventices
- Stockage du carbone dans le sol
- Production de biomasse

2050	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Colza																		
Blé dur																		
Blé tendre																		
Orge																		
Pois																		
Tournesol																		
Maïs fourrage																		
Maïs grain																		
Betterave																		
Pomme de terre																		
Sorgho																		
Soja																		

Semis
Croissance
Récolte

CIVE d'été - après cultures d'hiver
CIVE d'hiver - avant cultures d'été

ÉVALUATION DE LA RESSOURCE MOBILISABLE POUR L'ÉNERGIE

Ressource produite totale : 40 MtMS

Ressource accessible : 20 MtMS

Laissé au champ

Ressource mobilisable pour l'énergie : 20 MtMS

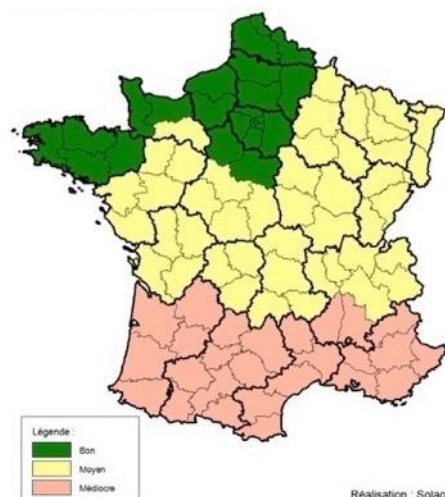


Cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE)

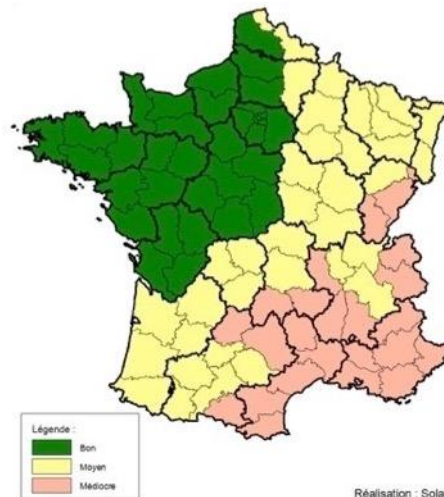
CIVE été

CIVE hiver

Niveau de potentiel
(Cultures intermédiaires)



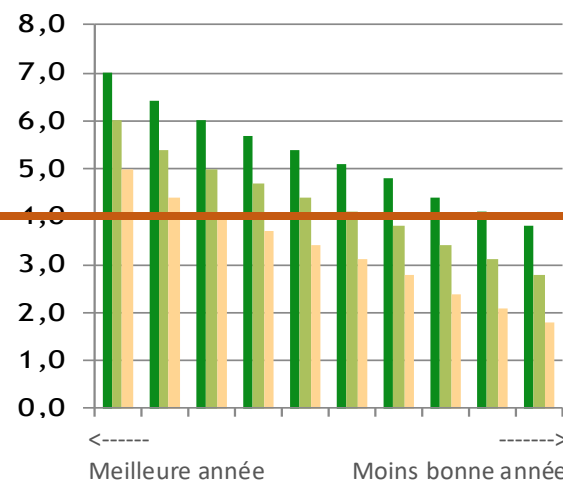
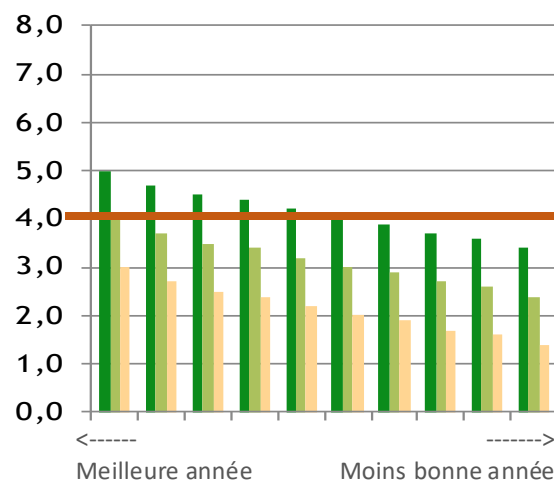
Réalisation : Solagro, Décembre 2016.



Réalisation : Solagro, Décembre 2016.

Rendement modéré
compatible avec conduites
CIVE sans irrigation ni
fertilisation autre que
l'apport de digestat

TMS/ha



Récolte quand
production > 4
tMS/ha

Modélisation sur un cycle de 10
ans



Les résidus de culture

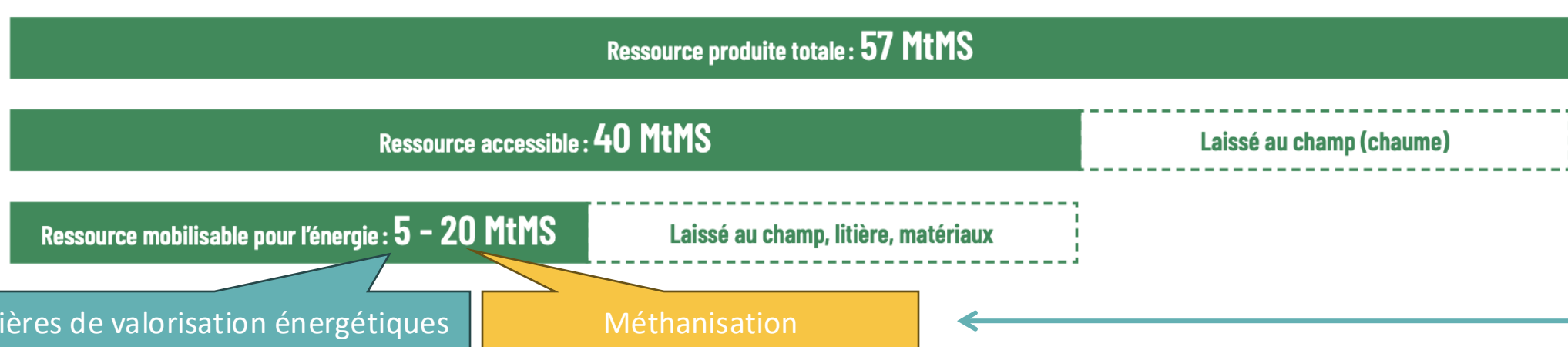
Usages actuels :

- Entretien de la matière organique du sol et fourniture d'éléments minéraux (N, P, K).
- Export pour usage de litière animale
- Autres usages minoritaires : énergie, matériaux (isolant)



Le maintien de cette fonction implique des **seuils de prélèvement** supplémentaires différents **selon qu'il y ait retour au sol ou pas de matière organique et nutriments**

ÉVALUATION DE LA RESSOURCE MOBILISABLE POUR L'ÉNERGIE





Bois forêt

Quantification de la ressource

Mm3	Actuel
Bois d'œuvre (BO)	19
Bois d'industrie (BI)	10
Bois énergie (BE)	18
Total	48

2050
22
13
27 (11 MtMS)
62 (25 MtMS)

Env. 50% de
l'accroissement forestier

ÉVALUATION DE LA RESSOURCE MOBILISABLE POUR L'ÉNERGIE

Ressource produite totale : **25 MtMS**

Ressource accessible : **25 MtMS**

Ressource mobilisable pour l'énergie : **11 MtMS**

Utilisation en bois d'œuvre et bois industrie



Bois hors forêt

Description de la ressource

Ressource diverse :

- Haies et bocage →
- Parcs et jardins →
- Vignes et vergers →
- T(T)CR : Taillis à (très) courte rotation →

Quantification de la ressource

Intérêt majeur en tant qu'infrastructures agroécologiques :

- Actuellement 700 000 km de haies, avec diminution annuelle de 20 000 km/an
- 2050 > atteindre 1 400 000 km de haies

2,2 MtMS

Partie ligneuse des déchets verts

2,6 MtMS

Seulement bois d'arrache (taille : retour au sol)

1,4 MtMS

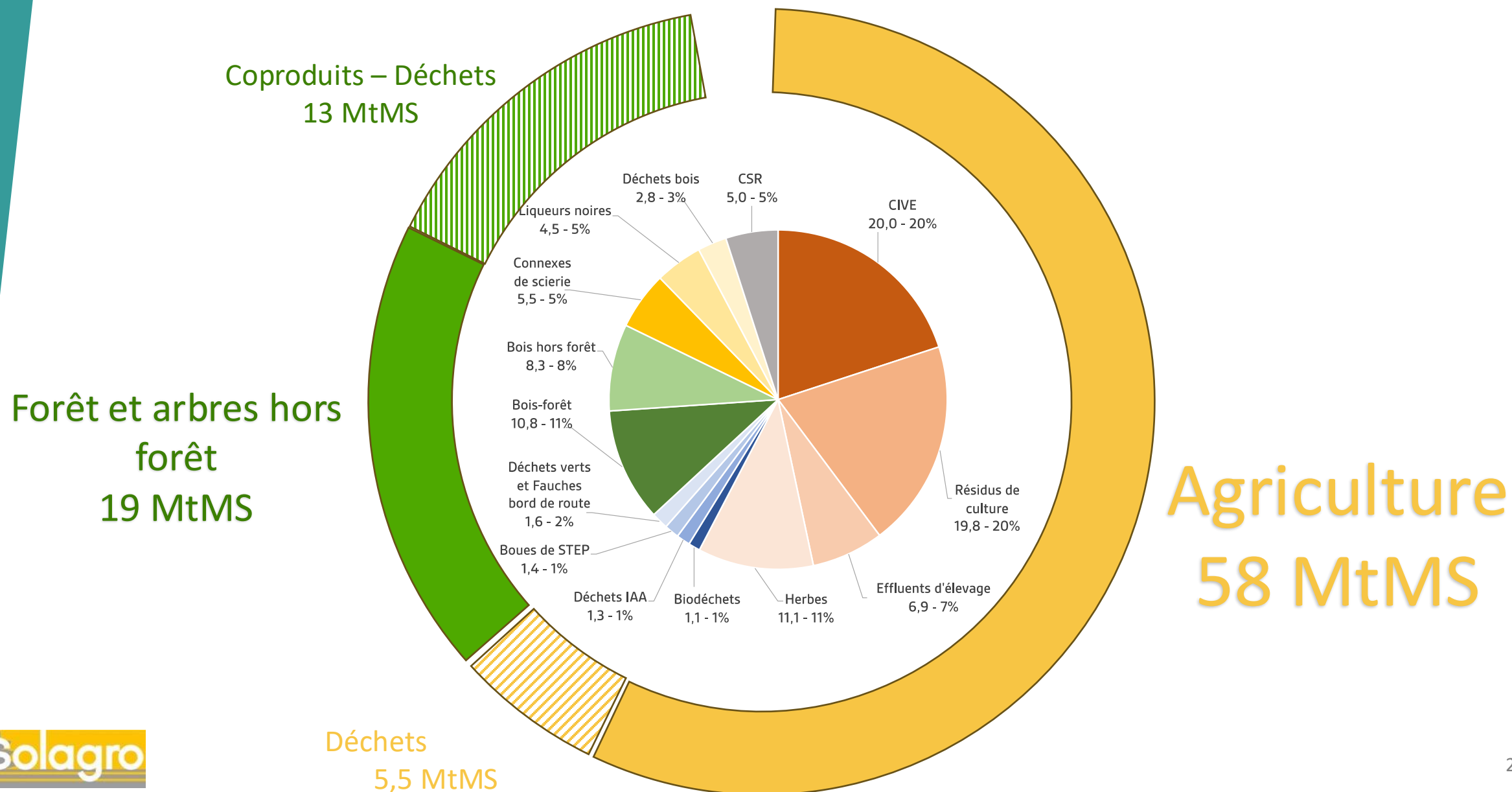
Implantation seulement dans des zones à enjeux (co-bénéfices), sur env. 300 000 ha :

- Préservation qualité de l'eau
- Limitation de l'érosion

2,2 MtMS

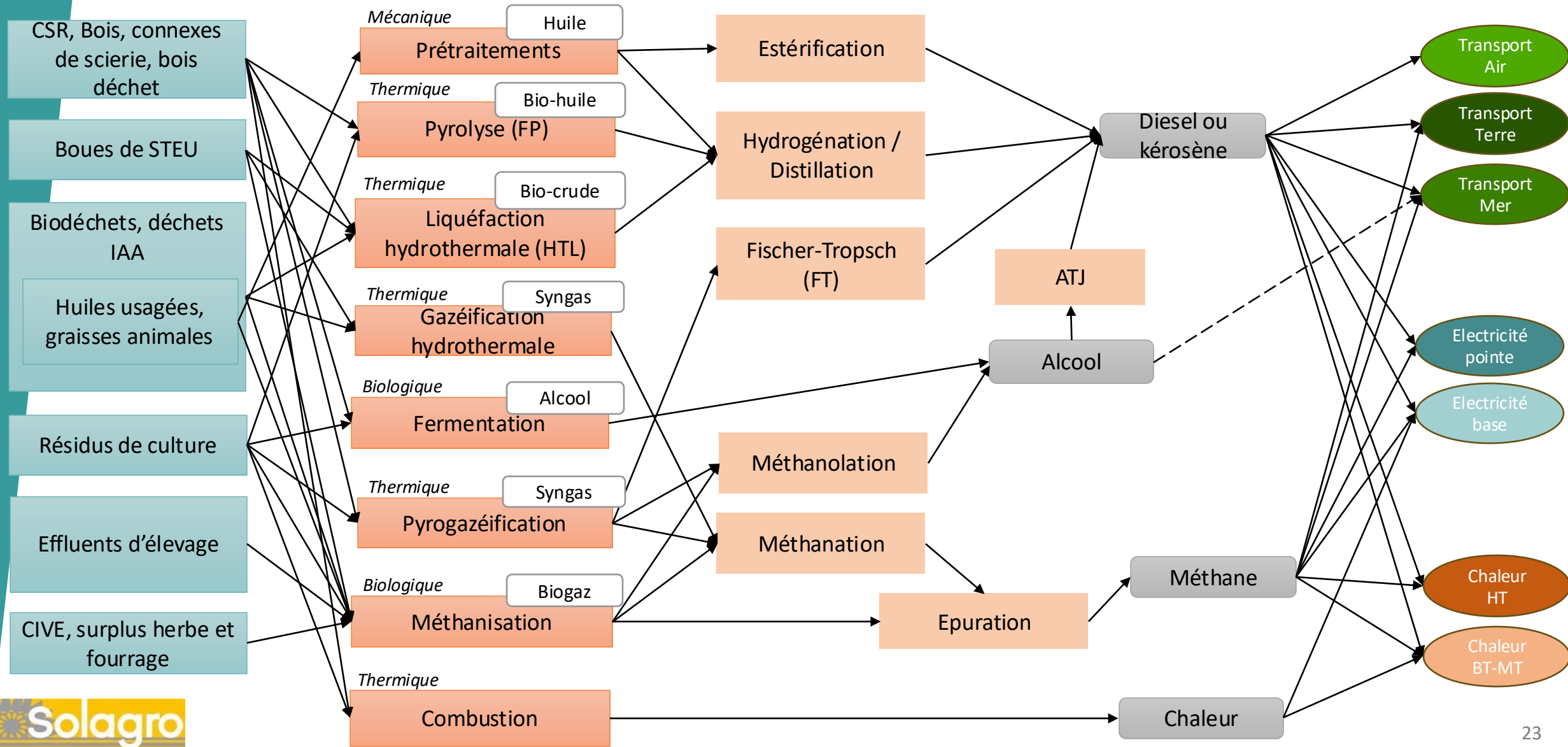
TOTAL = 8,6 MtMS

100 Mt_{MS} de biomasse pour l'énergie en 2050



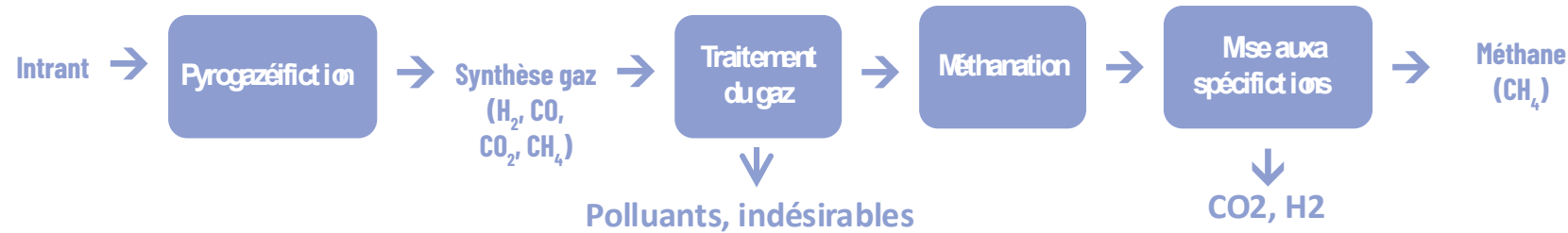
► Filières de valorisation

Les différentes filières étudiées





Gazéification + méthanation



Projet Gobigas

Suède - Démonstrateur commercial



30 MWth

divers types de bois (granulés, plaquettes, écorces, déchets bois A)



12 000 h

de fonctionnement sur la période 2013-2018

Après plus de 70 GWh_{PCS} produits et injectés dans le réseau, l'unité a été mise sous cocon faute de modèle économique : les coûts de production (138 €/MWh_{PCS}) étaient supérieurs au prix d'achat du biométhane (63 €/MWh_{PCS}) en Suède à cette époque.

Démonstrateur GAYA

France - Démonstrateur industriel



0,6 MWth

(0,4 MW_{CH₄}). Ce démonstrateur a été mis en service en 2018

Le projet a été mis en service en 2018 et visait à :

- démontrer une technologie améliorée inspirée de celle du démonstrateur Gobigas (Suède)
- tester différents types d'intrants dont des CSR.

Le démonstrateur réalise la méthanation du syngas, mais n'intègre cependant pas la mise aux spécifications et l'injection dans le réseau.

ABSL Swindon

Angleterre - Démonstrateur commercial



10 ktMS/an

mise en service fin 2023

Outre le biométhane injecté dans les réseaux, il commercialise du bioCO₂ liquéfié. Les porteurs de projets comptent ensuite répliquer le projet avec une installation plus importante, de 150 kt/an.

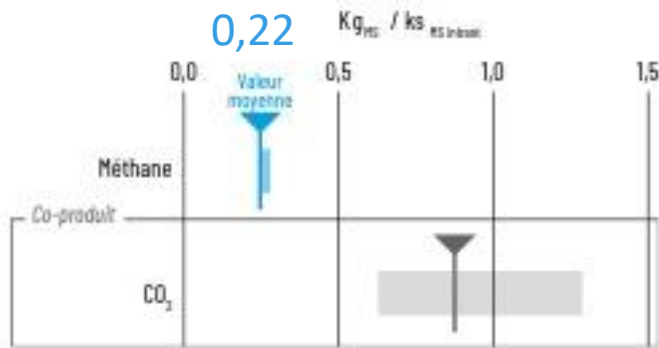
Phase	TRL	Description
Recherche	1	Principes basiques
	2	Formulation du concept et de ses applications
	3	Validation du concept
Développement	4	Pilote expérimental
	5	Démonstrateur
	6	Pilote industriel
Déploiement	7	Première mise en œuvre
	8	Mise en œuvre à plusieurs reprises
	9	Mise en œuvre à grande échelle



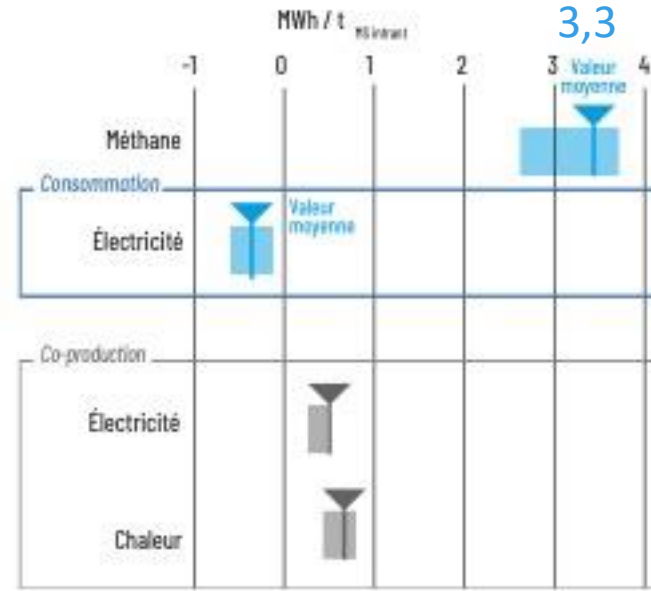
Gazéification + méthanation

Critères techniques

RENDEMENT MATIÈRE



BILAN ÉNERGÉTIQUE



TAUX DE RETOUR ÉNERGÉTIQUE



Critères environnementaux

RETOUR AU SOL DU CARBONE

Matière organique (carbone) ●

RETOUR AU SOL DES NUTRIMENTS

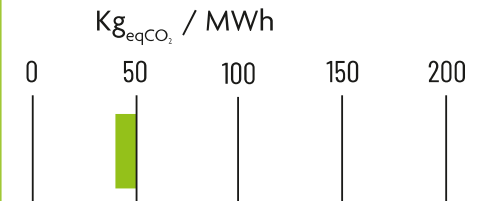
L'azote est volatilisé. Le phosphore et le potassium peuvent être plus ou moins récupérés et valorisés (dépend des intrants et des procédés).

Azote (N) ● Phosphore (P) ●
Potassium (K) ●

POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES



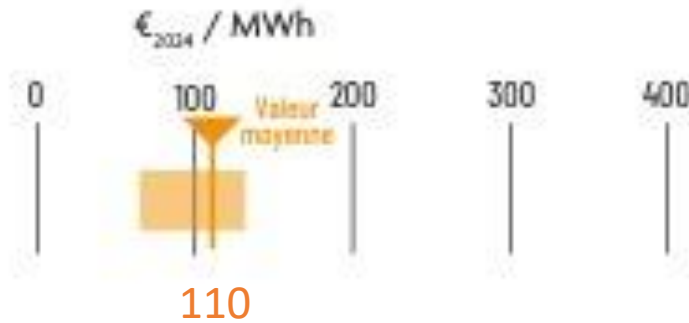
FACTEUR D'ÉMISSION GES



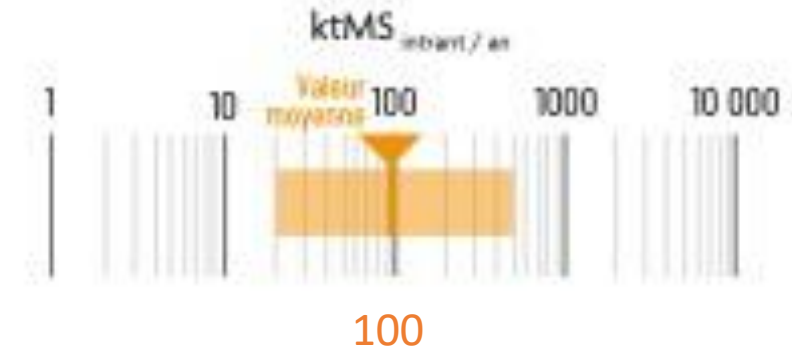


Gazéification + méthanation

COÛT DE PRODUCTION



TAILLE DES UNITÉS



USAGE DU VECTEUR ÉNERGÉTIQUE

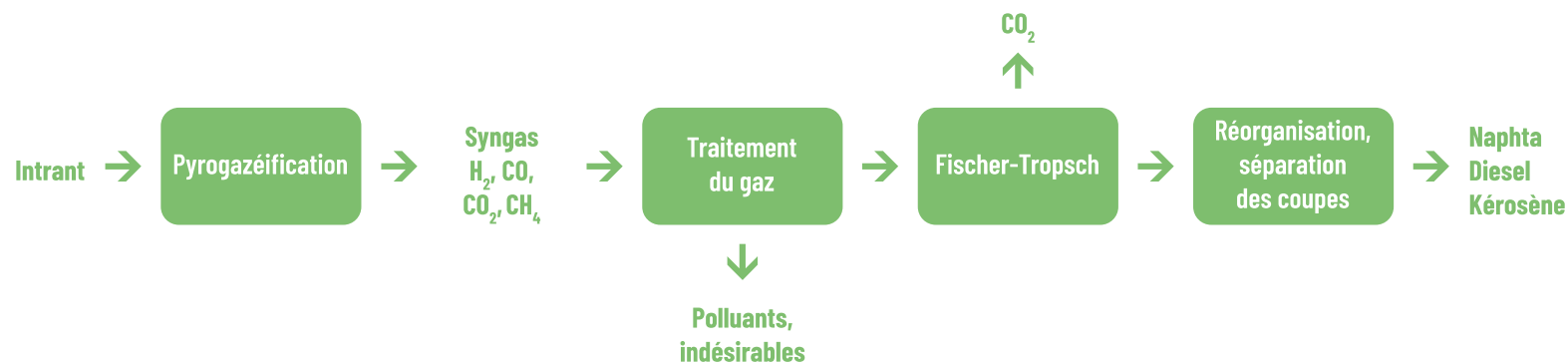
Local à territorial

Le méthane produit est injecté dans le réseau gazier auquel 1/3 des communes sont raccordées, couvrant plus des 3/4 de la population française métropolitaine. Il bénéficie à l'ensemble des consommateurs connectés au réseau. Le développement actuel du bioGNV élargit son usage en particulier au transport de marchandise (camion) et aux transports en commun (bus, car).



Pyrogazéification + Fischer Tropsch

Les étapes du procédé



Démonstrateur BioTFuel

France (Dunkerque)
Démonstrateur semi-industriel

 **8 kt/an**

de carburant liquide.

Le démonstrateur a fonctionné entre 2020 et 2021 à partir de biomasse ligneuse torréfiée.

Démonstrateur Red Rock Biofuel

USA (Lakeview, Oregon)

 **144 000 t/an**

de bois.

Cette unité a été construite, mais jamais opérée. Rachetée en 2023, l'installation est en cours de conversion pour produire du méthane et de l'hydrogène.

Démonstrateur BioTJet

France (Pardies)
Démonstrateur commercial

 **300 000 t/an**

de biomasse.

Projet en cours d'étude de faisabilité (fin prévue fin 2024). Elle serait associée à un électrolyseur pour produire de l'hydrogène et compléter la production de carburant, pour atteindre 75 000 t/an au total.

Phase	TRL	Description
Recherche	1	Principes basiques
	2	Formulation du concept et de ses applications
	3	Validation du concept
Développement	4	Pilote expérimental
	5	Démonstrateur
	6	Pilote industriel
Déploiement	7	Première mise en œuvre
	8	Mise en œuvre à plusieurs reprises
	9	Mise en œuvre à grande échelle

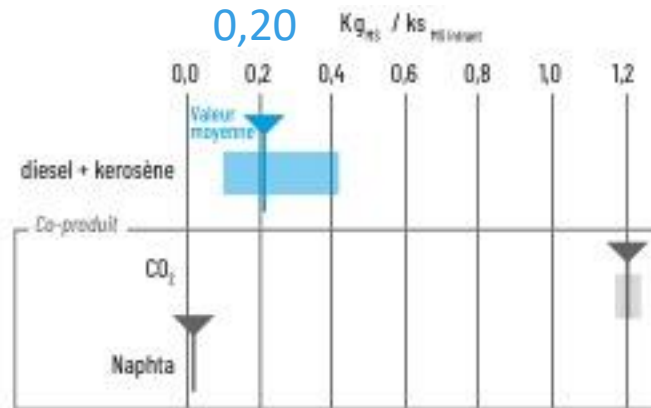




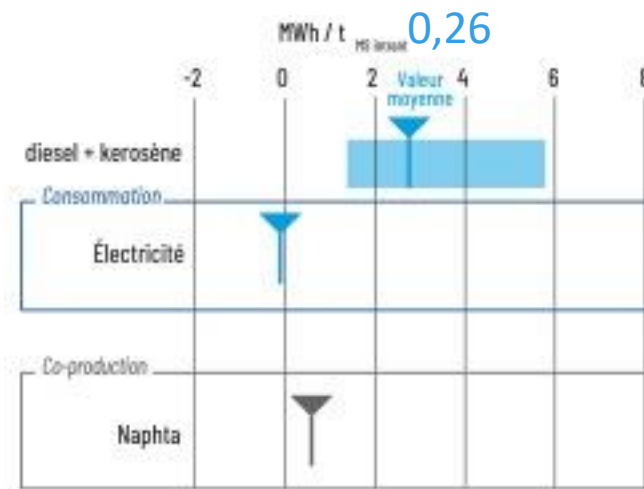
Pyrogazéification + Fischer Tropsch

Critères techniques

RENDEMENT MATIÈRE



BILAN ÉNERGÉTIQUE



TAUX DE RETOUR ÉNERGÉTIQUE



Critères environnementaux

RETOUR AU SOL DU CARBONE

Pas de retour au sol de la matière organique.

Matière organique (carbone) ●

RETOUR AU SOL DES NUTRIMENTS

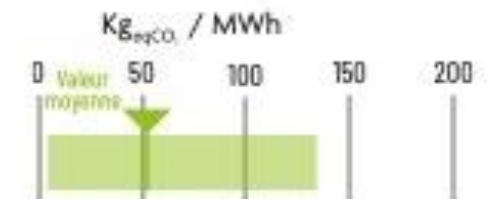
L'azote est volatilisé. Le phosphore et le potassium peuvent être plus ou moins récupérés et valorisés (dépend des intrants et des procédés).

Azote (N) ● Phosphore (P) ●
Potassium (K) ●

POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES



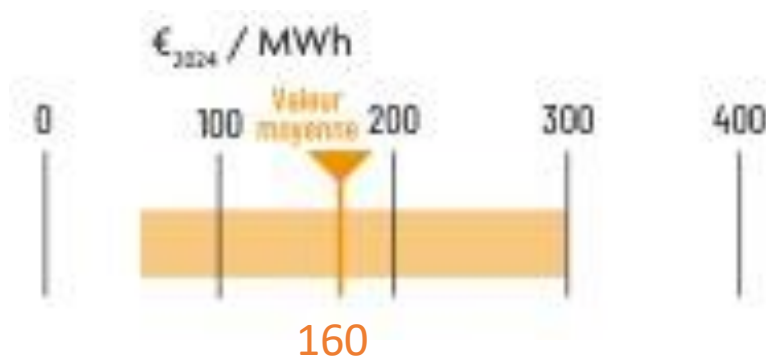
FACTEUR D'ÉMISSION GES



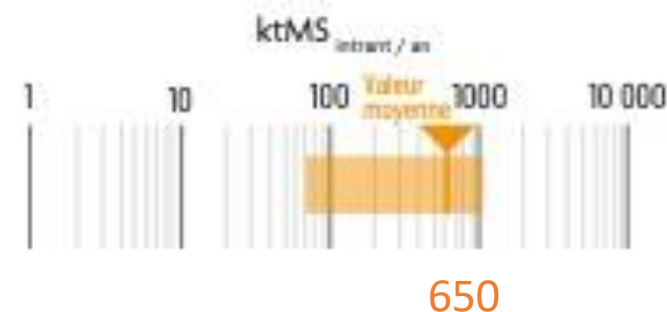


Pyrogazéification + Fischer Tropsch

COUT DE PRODUCTION



TAILLE DES UNITÉS



USAGE DU VECTEUR ÉNERGÉTIQUE

L'usage est principalement extraterritorial.

Le carburant produit sera à visée soit de l'aviation, mode de transport accessible à une faible part de la population, ou le secteur du transport maritime qui est déconnecté des usages locaux de l'énergie.

N° Fiche	Filières	Vecteur principal produit	Critères techniques			Critères environnementaux				Critères économiques et intégration territoriale		
			Maturité	Co-produits chimique / énergétique	Taux retour énergétique vecteur principal	Retour au sol carbone	Retour au sol Nutriment	Émissions de GES (geq CO ₂ /MWh)	Polluants atmosph.	Coût de production	Taille des unités (ktMS/an)	Usage du vecteur énergétique
#1	Estérification de déchets gras			Glycérine	> 10			50 - 50		€	10 - 800	Princ. extra- territorial
#2	Hydrogénation de déchets gras			-	5 à 10			50 - 80		€	100 - 2000	Princ. extra- territorial
#3	Pyrolyse rapide			Naphta	< 5			-20 - 100		€€	100 - 3000	Princ. extra- territorial
#4	Liquéfaction Hydrothermale			Naphta	< 5			50 - 50		€€€	90 - 300	Princ. extra- territorial
#5	Gazéification Hydrothermale			CO ₂ biogénique	> 10			-		€€€	4 - 50	Local à territorial
#6	Pyrogazéification (Fisher Tropsh)			CO ₂ biogénique, Naphta	5 à 10			10 - 130		€€	70 - 1000	Princ. extra- territorial
#7	Pyrogazéification (méthanation)			CO ₂ biogénique	> 10			50 - 50		€€	20 - 500	Local à territorial
#8	Pyrogazéification (méthanolation)			CO ₂ biogénique	5 à 10			-		-	80 - 600	Princ. extra- territorial
#9	Fermentation			CO ₂ biogénique	> 10			80 - 240		€€€	30 - 5000	Princ. extra- territorial
#10	Méthanisation (méthanolation)			CO ₂ biogénique	< 5			-		-	3 - 100	Princ. extra- territorial
#11	Méthanisation (épuration)			CO ₂ biogénique	> 10			40 - 40		€€	3 - 100	Local à territorial
#12	Combustion			-	> 10			10 - 20		€	0 - 100	Princ. local

Rendement	Ressource compatible
TWh/MtMS	MtMS
10,7	0,4
11,6	0,4
2,5	37,2
3,0	39,6
3,3	39,6
2,6	37,2
3,3	37,2
2,2	37,2
1,5	32,2
2,3	63,2
2,5	63,2
4,9	41,7

Compatibilité Ressources / filières de valorisation

Agricole +
déchets

Arbres forêt et
hors forêt +
déchets/co-
produits

CSR



MtMS		Estérification de déchets gras	Hydrogénation de déchets gras	Pyrolyse rapide	Liquéfaction hydrothermale	Gazéification hydrothermale	Pyrogazéification (Fisher Tropsch)	Pyrogazéification (méthanation)	Pyrogazéification (méthanolation)	Fermentation	Méthanisation (méthanolation)	Méthanisation (Épuration)	Combustion
Fiche ressource	Vecteur final												
#1	CIVE (Culture intermédiaire à vocation énergétique)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,0	20,0	-
#2	Résidus culture	-	-	4,8	-	-	4,8	4,8	4,8	4,8	19,8	19,8	4,8
#3	Effluents élevage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	6,9	-
#4	Herbes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,1	11,1	-
#5	Biodéchets (ménage, GMS, Resto)	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	1,1	1,1	-
#6	Déchets IAA	0,4	0,4	-	1,3	1,3	-	-	-	-	1,3	1,3	-
#7	Boues de STEP	-	-	-	1,4	1,4	-	-	-	-	1,4	1,4	-
#8	Déchets verts non ligneux + Tontes bord de route	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	1,6	-
#9	Bois énergie issu de forêt	-	-	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	-	-	10,8
#10	Bois énergie hors forêt	-	-	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	-	-	8,3
#11	Connexes scieries	-	-	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	-	-	5,5
#12	Liqueurs noires	-	-	-	4,5	4,5	-	-	-	-	-	-	4,5
#13	Bois déchet	-	-	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	-	-	2,8
#14	CSR	-	-	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	-	-	-	5,0
Total		0,4	0,4	37,2	39,6	39,6	37,2	37,2	37,2	32,2	63,2	63,2	41,7

Possibilités de production

Co-produits

Filières de valorisation		Ressources mobilisables	Energie produite (vecteur principal)		Selon usage final				
					chaleur BT-MT	chaleur HT	Electricité pointe	Carburant poids-lourd ou maritime	Carburant aérien
					TWh	TWh	TWh	TWh	TWh
Fiche Filière de valorisation n° 1	Déchets gras + Esterification	0,4		4,8	4,4	2,9	1,7	1,5	3,3
Fiche Filière de valorisation n° 2	Déchets gras + hydrogénation	0,4		5,1	4,8	3,1	1,8	1,6	3,5
Fiche Filière de valorisation n° 3	Pyrolyse rapide	37,2		98,8	87,0	56,3	32,9	29,3	64,5
Fiche Filière de valorisation n° 4	Liquefaction hydrothermale	39,6		119,1	110,5	71,5	41,8	37,2	81,9
Fiche Filière de valorisation n° 5	Gazéification hydrothermale	39,6		131,2	121,2	78,4	45,9	130,7	0,0
Fiche Filière de valorisation n° 6	Pyrogazéification +Fisher Tropsch	37,2		97,5	90,4	58,5	34,2	27,8	69,7
Fiche Filière de valorisation n° 7	Pyrogazéification + méthanation	37,2		123,8	114,4	74,0	43,3	123,4	0,0
Fiche Filière de valorisation n° 8	Pyrogazéification + méthanolation	37,2		82,2	76,3	49,3	28,9	8,7	73,5
Fiche Filière de valorisation n° 9	Fermentation	32,2		48,7	45,2	29,2	17,1	15,8	32,8
Fiche Filière de valorisation n° 10	Méthanisation + méthanolation	63,2		146,8	136,1	88,1	51,5	15,6	131,2
Fiche Filière de valorisation n° 11	Méthanisation + Epuration	63,2		156,6	144,7	93,6	54,8	156,1	0,0
Fiche Filière de valorisation n° 12	Combustion	41,7		204,6	184,6	0,0	0,0	0,0	0,0

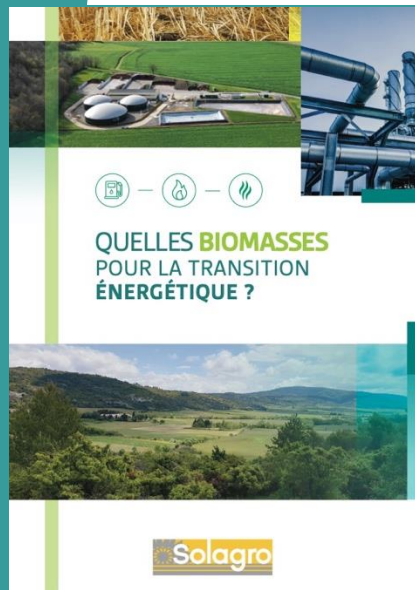
> Pas forcément cumulables entre filières (voir tableau précédent) !

► Les enseignements de l'étude

Les enseignements de l'étude

1. Le **potentiel de biomasse mobilisable pour l'énergie dépend fortement des filières de valorisation** (compatibilité technique et enjeu de retour au sol) : 100 MtMS (340 TWh max), mais chute à 45 MtMS (max 205 TWh) si non recours à la méthanisation.
2. Les **ressources issues de l'agriculture représentent 60% du potentiel**, les arbres (forêt, hors forêt) 20%, et les déchets ou coproduits 20%.
3. Il existe **3 filières matures aux potentiels et usages variés** :
 - La **combustion** reste pertinente pour un **usage de température basse et moyenne**. Mais elle doit faire face à des **enjeux de qualité de l'air et de non-retour au sol de la matière organique stable et de l'azote**. 42 MtMS (env 205 TWh)
 - La **méthanisation**, au fort potentiel, permet la production de **chaleur haute température, d'électricité de pointe et de carburants** (hors aérien). (60 MtMS/an, soit 157 TWhPCS)
 - Le **traitement des déchets d'huile et graisse**, au **potentiel extrêmement limité**, est la seule à pouvoir produire du carburant aérien. (5 MtMS, soit env 6TWhPCS)
4. Pour **produire plus de carburants aériens** à partir de biomasse, il faut passer par des **filières non encore complètement matures**, telles la **fermentation**, la **gazéification (Fisher-Tropsch)** ou encore la **pyrolyse rapide**. Et ces filières mobiliseront des ressources en concurrence avec la combustion.

Les livrables



Rapport

Contexte et enjeux

Cadrage et méthode

Synthèse des résultats

Bibliographie



14 fiches ressources

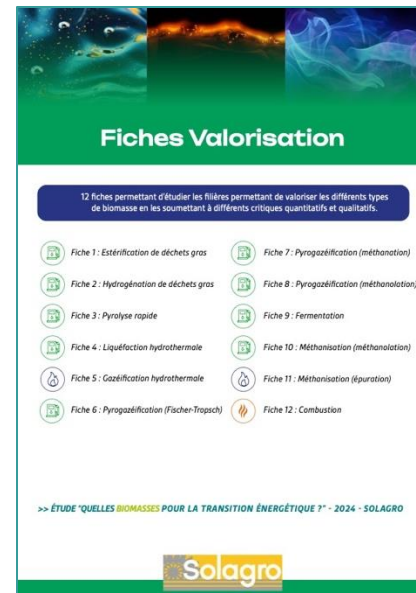
Description

Evaluation

Comparaison aux autres études

Valorisations actuelles

Valorisation énergétique possibles



12 fiches valorisation

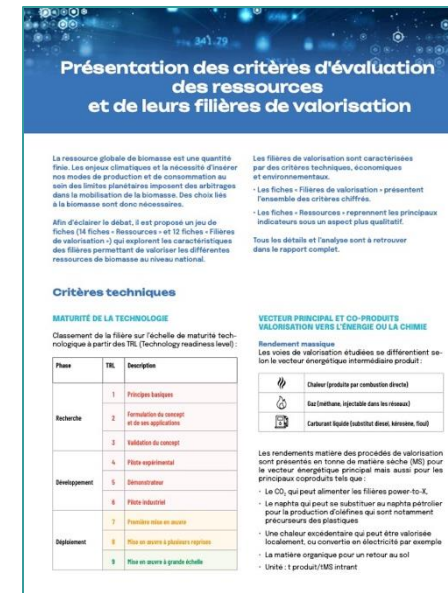
Description du procédé

Etat de développement

Indicateurs techniques

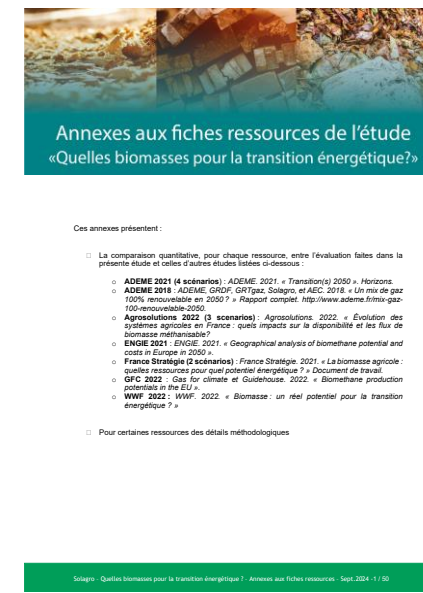
Indicateurs environnementaux

Indicateurs économiques et intégration territoriale



Fiche critère

Description détaillée des indicateurs utilisés dans les fiches valorisation



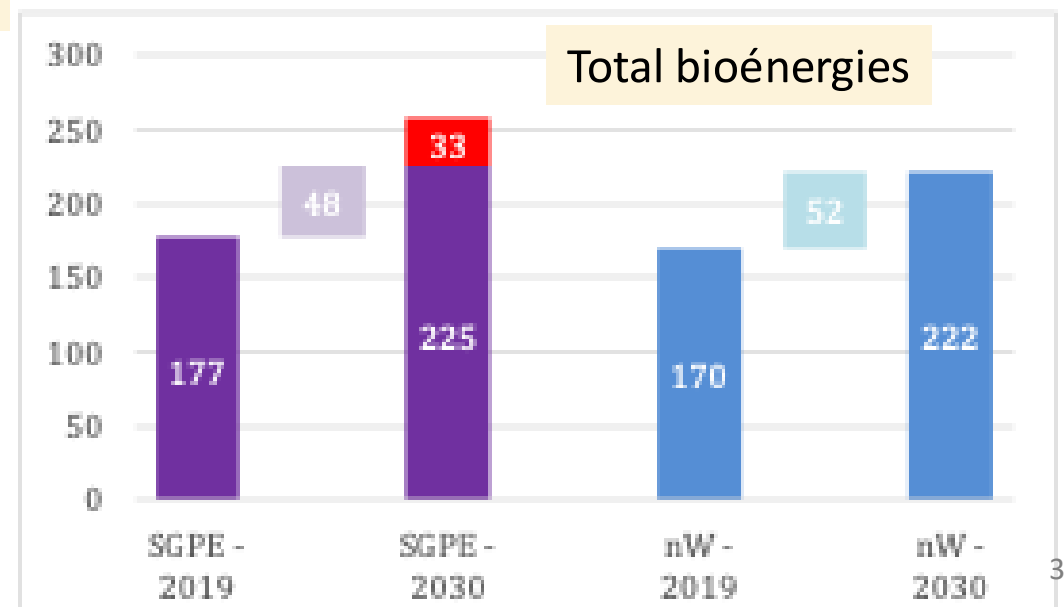
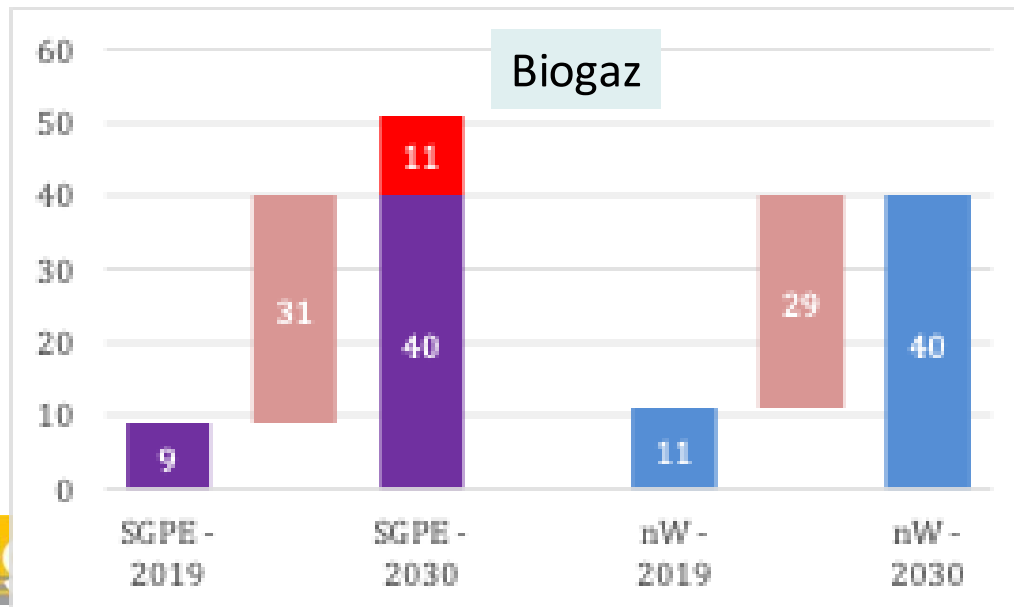
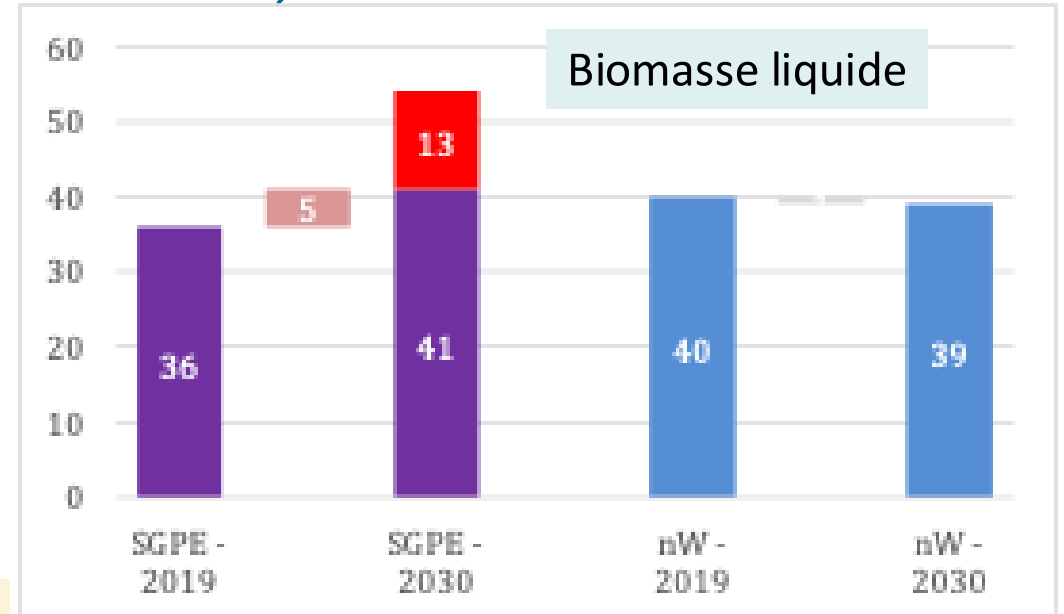
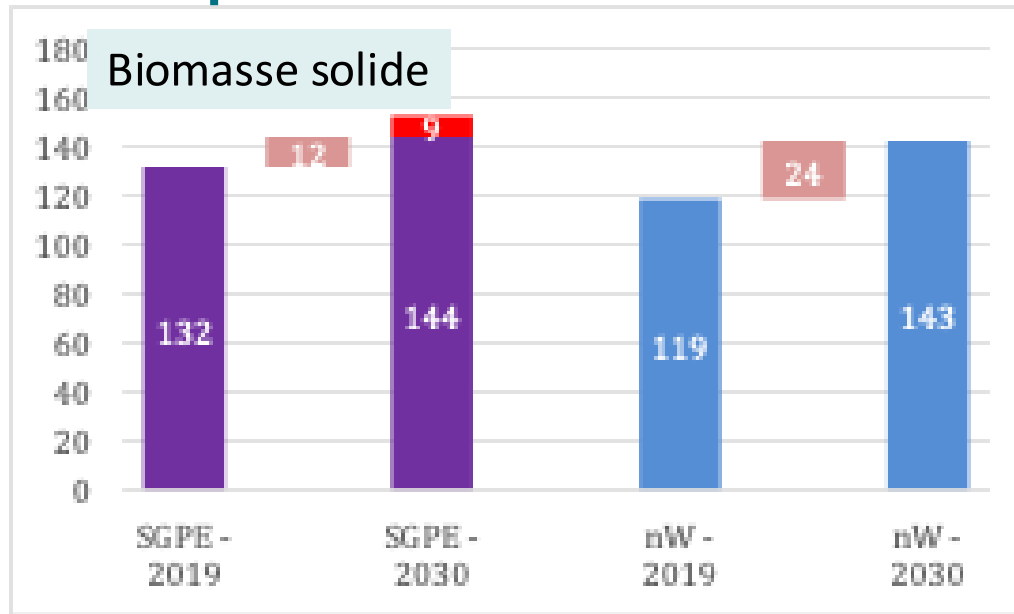
Annexes fiches ressources

Détails des comparaisons des évaluation avec d'autres études

Détails méthodologiques

- ▶ Mise en perspective et nécessité de mise en œuvre

Comparaison SNBC/SGPE (juill. 2024) / nW - Afterres



TWh

[Agriculture](#)[Consommation](#)[Énergie](#)

Les bioénergies : quelle place dans la transition énergétique ?

Publié le 13 décembre 2023

[Accueil](#) > [Publications](#) > Les bioénergies : quelle place dans la transition énergétique ?

 NOTES OUVERTES AU DÉBAT COLLABORATIF - N°51

La Note de La Fabrique Ecologique « Les bioénergies : quelle place dans la transition énergétique ? » issue du groupe de travail initié par François Demarcq est désormais disponible en ligne. Cette note a un double objectif : rappeler ce qu'est la biomasse, à quoi elle peut servir pour mettre en lumière les limites et les arbitrages nécessaires, et expliciter quelques messages simples pour une prise en compte raisonnée et partagée de la biomasse dans les politiques publiques. Alors que la révision de notre stratégie énergétique est un enjeu majeur pour atteindre la « neutralité carbone » en 2050, cette Note propose de redonner une juste place à la thématique de la biomasse, une source d'énergie majeure et « multiusages » insuffisamment prise en compte dans les débats publics.

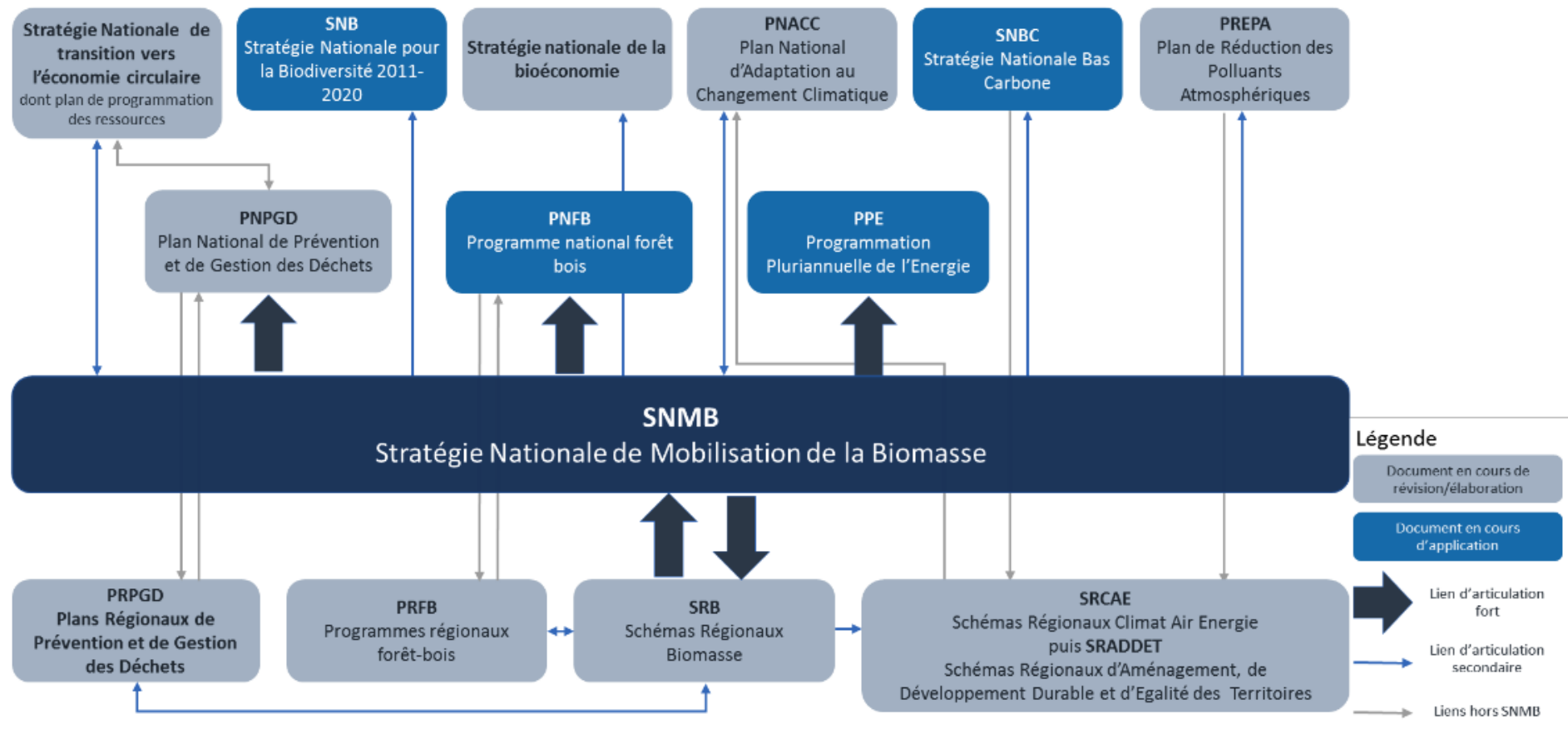
Médias

TÉLÉCHARGER LE PDF

Cette Note est actuellement ouverte à la co-construction citoyenne. Ceci signifie que chacun(e) peut contribuer à son amélioration en faisant des commentaires et surtout en proposant des amendements précis, soit ci-dessous ou par email à l'adresse contact@lafabriqueecologique.fr. À l'issue de cette période collaborative, le groupe de travail qui a rédigé le document initial se réunira une dernière fois pour retenir les amendements jugés pertinents. Leurs auteurs seront dans ce cas sollicités pour que leur nom figure, s'ils le souhaitent, dans la fiche de présentation de la note en tant que contributeur. La version définitive sera ensuite publiée.

Les bioénergies insérées dans la gouvernance territoriale

- La **Stratégie Nationale de Mobilisation de la Biomasse** (SNMB) donne le cadre général, en lien avec les autres documents d'orientation nationaux.
- Les **Schémas Régionaux Biomasse** (SRB) déclinent la SNMB, en lien avec les autres documents d'orientation régionaux.





QUELLES **BIOMASSES** POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ?

Réponses à vos questions



Merci de votre participation !

Pour soutenir nos travaux et contribuer aux transitions,
Rejoignez-nous! Adhérez à l'association - www.solagro.org

