



L'AVENIR DES FORÊTS FRANÇAISES

Une analyse prospective des effets du changement
climatique sur le devenir des forêts et de la filière forêt-
bois

ANNEXES

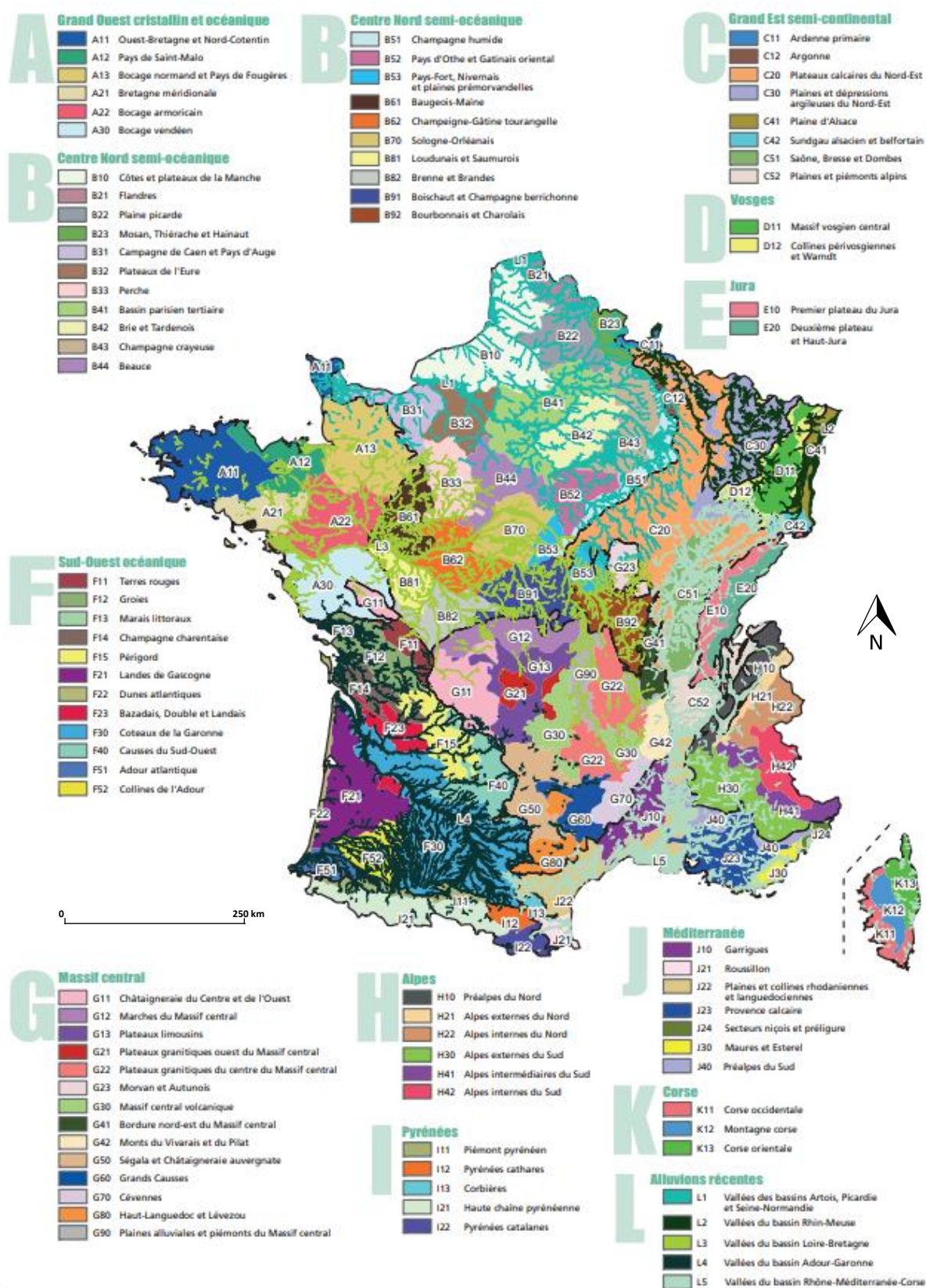
ANTONIN DUBOIS
2022-2023



Table des matière

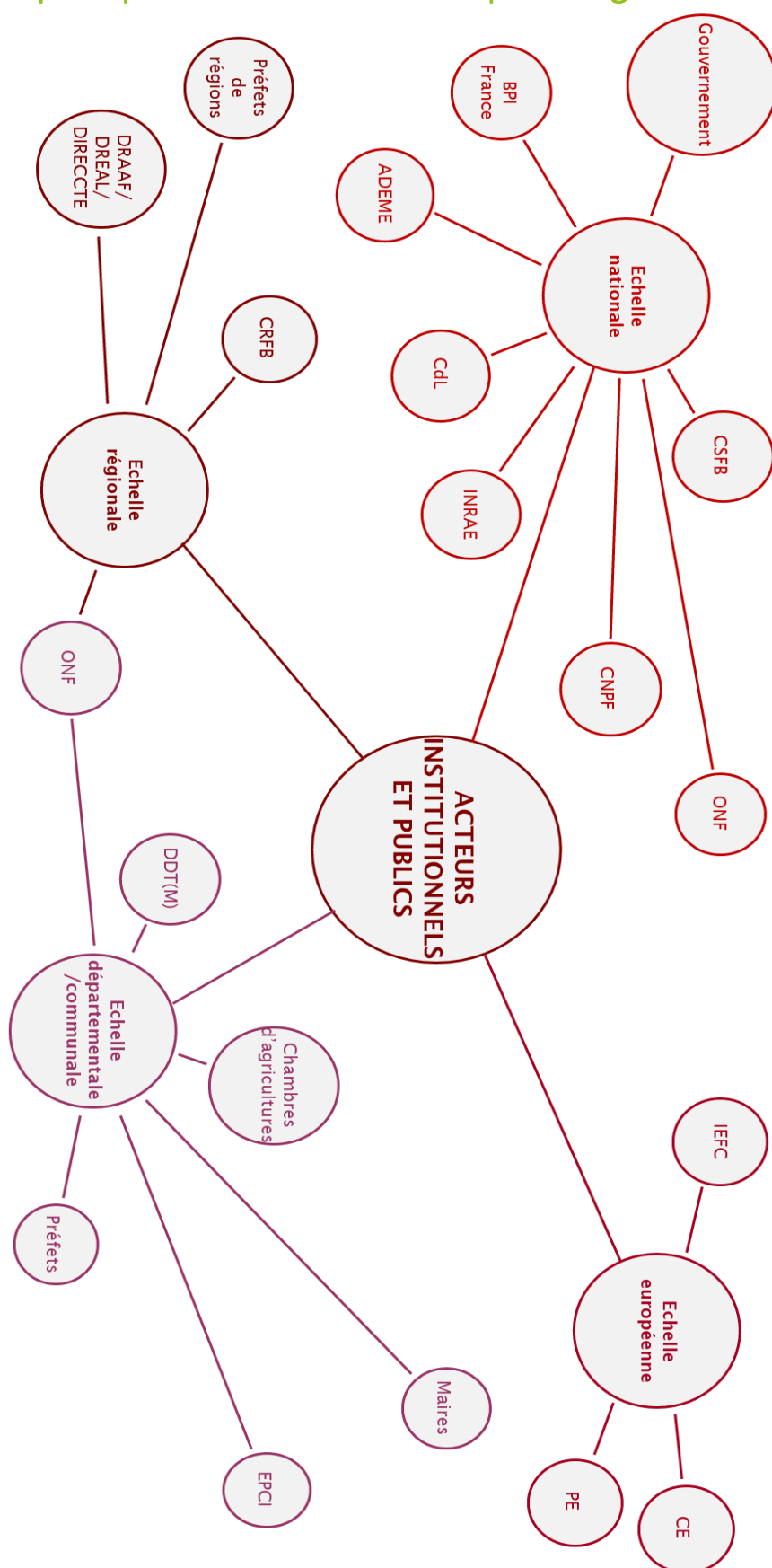
Annexe 1 : Carte détaillée des sylvoécorégions (SER)	2
Annexe 2 : Les principaux acteurs de la forêt par catégories	3
Annexe 3 : Les dix essences forestières principales en France et leur aire de répartition actuelle et future possible.....	6
Annexe 4 : Description du modèle utilisé dans le projet BiCaFF	9
Annexe 5 : Description des modèles utilisés dans l'étude IGN-INRAE	10
Annexe 6 : Les chiffres de la croissance et de l'exploitation des forêts françaises en 2022	11
Annexe 7 : Evolution du stock sur pied et des volumes de bois prélevés pour les scénarios à paramètres climatiques constants	12
a. Les résultats de l'étude IGN-FCBA	12
b. Les résultats du modèle BiCaFF	15
c. Les résultats du scénario NégaWatt	16
d. Les résultats d' Afterres2050	16
e. Les résultats de l'étude IGN-INRAE	17
Annexe 8 : Evolution du stockage du carbone pour les scénarios à paramètres climatiques constants.....	20
a. Les résultats de l'étude IGN - FCBA	20
b. Les résultats du modèle BiCaFF	20
c. Les résultats du scénario IGN – INRAE	21
d. Les résultats du scénario AMS	22
Annexe 9 : Comparaison des résultats des différentes études	24
a. Comparaison des scénarios basés sur le taux de prélèvement de l'accroissement naturel	24
b. Comparaison des scénarios basés sur des volumes prélevés.....	26
c. Comparaison des scénarios basés sur le taux de coupes.....	27
d. Comparaison des scénarios basés sur des taux de mobilisation	28
Annexe 10 : Durée de demi-vie des produits du bois	31
Annexe 11 : Indice Forêt Météo (IFM).....	32
Annexe 12 : Échelle de Beaufort	33
Annexe 13 : L'arboretum de Chantecorps	34
Annexe 14 : Compte-rendu de la première réunion IGN avec Jean-Daniel Bontemps.....	36
Annexe 15 : Compte-rendu de la seconde réunion IGN avec Jean-Daniel Bontemps	39

Annexe 1 : Carte détaillée des sylvoécorégions (SER)

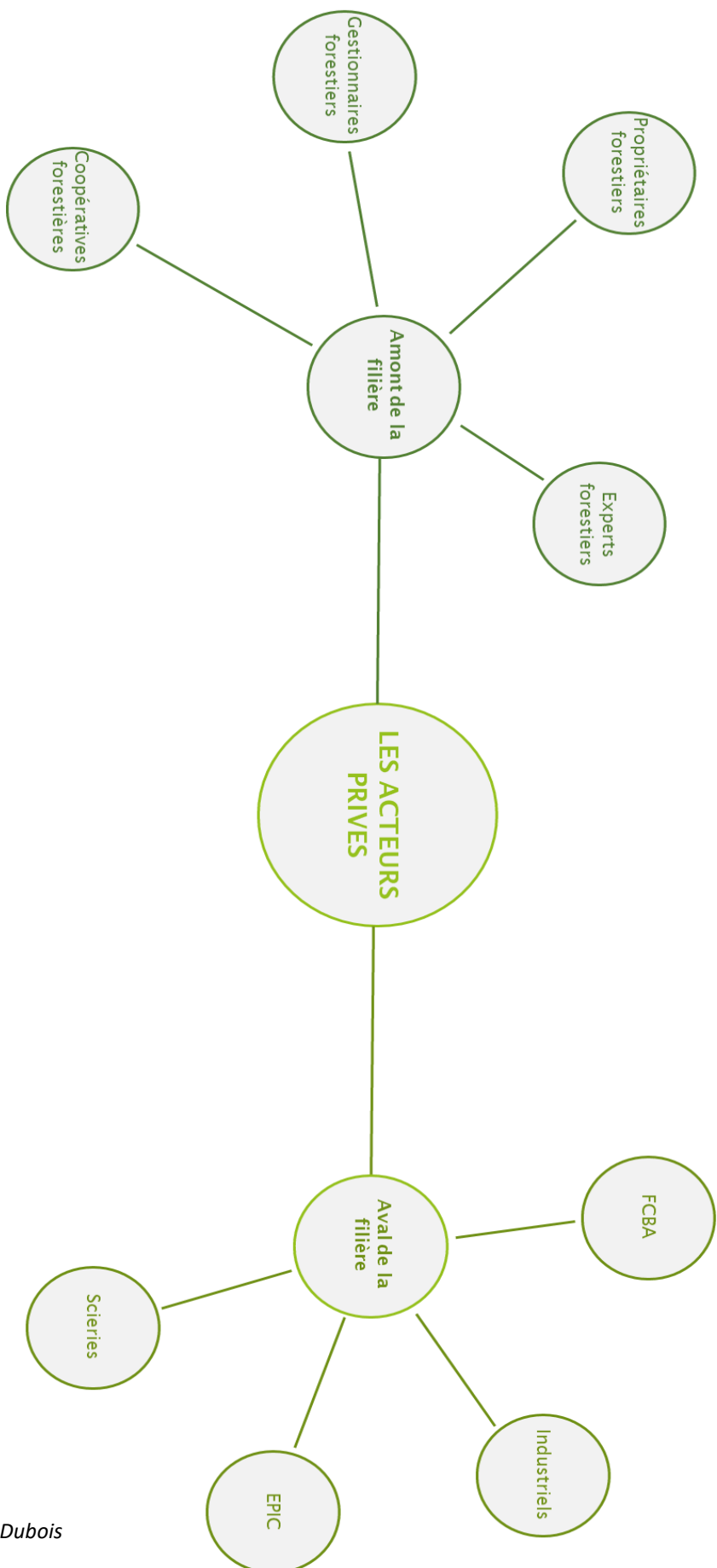


(IFN, 2011)

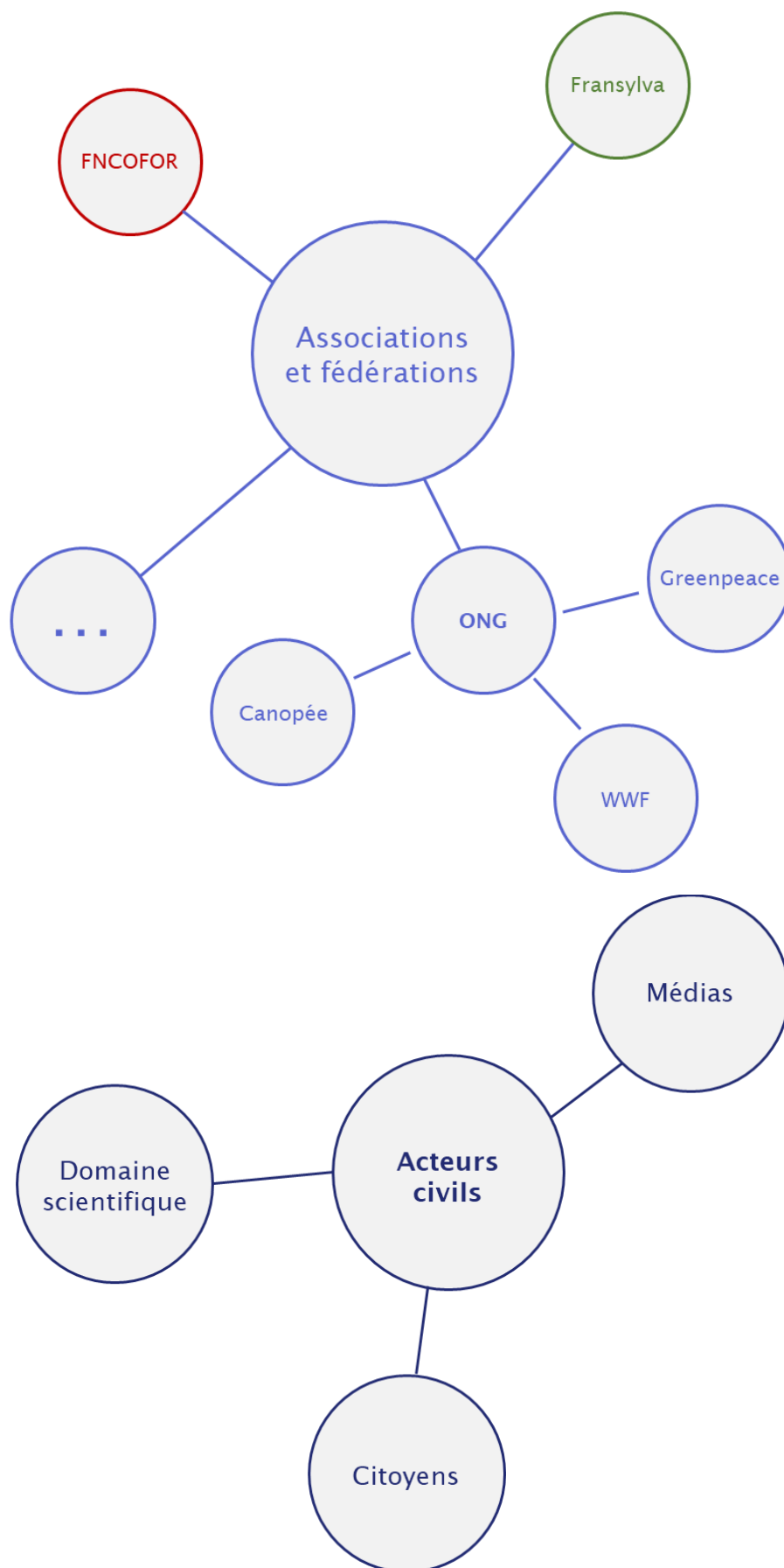
Annexe 2 : Les principaux acteurs de la forêt par catégories



Auteur : Antonin Dubois



Auteur : Antonin Dubois



Auteur : Antonin Dubois

Annexe 3 : Les dix essences forestières principales en France et leur aire de répartition actuelle et future possible

Chêne Pédonculé

(*Quercus Robur*)

- Volume sur pied : 318 ± 11 Mm³
- Surface où l'essence est principale : $2\,100\,000 \pm 66\,000$ ha
- Surface occupée par l'essence en peuplement monospécifique : $704\,000 \pm 40\,000$ ha



Hêtre

(*Fagus Sylvatica*)

- Volume sur pied : 285 ± 14 Mm³
- Surface où l'essence est principale : 1476000 ± 58000 ha
- Surface occupée par l'essence en peuplement monospécifique : 593000 ± 39000 ha



Chêne Pubescent

(*Quercus Pubescens*)

- Volume sur pied : 116 ± 7 Mm³
- Surface où l'essence est principale : 1374000 ± 61000 ha
- Surface occupée par l'essence en peuplement monospécifique : 836000 ± 49000 ha



Chêne Rouvre/Sessile

(*Quercus Petraea*)

- Volume sur pied : 318 ± 13 Mm³
- Surface où l'essence est principale : 1763000 ± 58000 ha
- Surface occupée par l'essence en peuplement monospécifique : 767000 ± 39000 ha



Chataignier

(*Castanea Sativa*)

- Volume sur pied : 131 ± 9 Mm³
- Surface où l'essence est principale : 699000 ± 43000 ha
- Surface occupée par l'essence en peuplement monospécifique : 277000 ± 28000 ha



Pin Sylvestre

(*Pinus Sylvestris*)

- Volume sur pied : 150 ± 10 Mm³
- Surface où l'essence est principale : 889000 ± 49000 ha
- Surface occupée par l'essence en peuplement monospécifique : 494000 ± 39000 ha



Douglas

(*Pseudotsuga Menziesii*)

- Volume sur pied : 135 ± 17 Mm³
- Surface où l'essence est principale : 424000 ± 31000 ha
- Surface occupée par l'essence en peuplement monospécifique : 290000 ± 26000 ha



Sapin pectiné

(*Abies Alba*)

- Volume sur pied : 222 ± 19 Mm³
- Surface où l'essence est principale : 575000 ± 37000 ha
- Surface occupée par l'essence en peuplement monospécifique : 233000 ± 24000 ha



Épicéa Commun

(*Picea Abies*)

- Volume sur pied : 198 ± 16 Mm³
- Surface où l'essence est principale : 550000 ± 36000 ha
- Surface occupée par l'essence en peuplement monospécifique : 277000 ± 26000 ha



Pin Maritime

(*Pinus Pinaster*)

- Volume sur pied : 142 ± 11 Mm³
- Surface où l'essence est principale : 1017000 ± 45000 ha
- Surface occupée par l'essence en peuplement monospécifique : 750000 ± 41000 ha



Distribution de
l'essence (IGN)

Compatibilité
climatique actuelle

Compatibilité 2050
optimiste

Compatibilité 2050
Intermédiaire

Compatibilité 2050
pessimiste

Chêne Pédonculé
(*Quercus Robur*)



Chêne Pubescent
(*Quercus Pubescens*)



Chataignier
(*Castanea Sativa*)



Chêne Rouvre/Sessile
(*Quercus Petraea*)



Hêtre
(*Fagus Sylvatica*)



Epicea Commun
(*Picea Abies*)



Pin Maritime
(*Pinus Pinaster*)



Pin Sylvestre
(*Pinus Sylvestris*)



Douglas
(*Pseudotsuga Menziesii*)



Sapin pectiné
(*Abies Alba*)



© CNPF/ONF

Cartes de compatibilité issues de l'outil
Climessences, mis en service le 1^{er} juillet 2021



Annexe 4 : Description du modèle utilisé dans le projet BiCaFF

Description du modèle

Source : A. Valade & al, 2017

Modèle qui permet d'obtenir :

- Des simulations sur des périodes de temps définies
- L'évolution des stocks d'arbres répartis en 3 modes de gestion
- Evolution de la biomasse récoltée et simulation de la production de BO, BI et BE
- Calcul de l'évolution du stock de carbone

Principe de fonctionnement :

- Simulateur empirique qui reproduit les conditions de croissance basées sur l'inventaire forestier
- 16 essences majeures + 2 catégories qui regroupent les autres essences
- Homogénéisation des peuplements : hypothèse que le peuplement est uniquement constitué de l'essence dominante
- Calcul du volume et du diamètre quadratique d'un arbre moyen
- Arbre moyen répliqué sur tout le peuplement
- Calcul de l'accroissement radial moyen à partir de l'accroissement moyen sur 5 ans des arbres du peuplement
- Calcul de l'accroissement en volume
- Utilisation de coefficients pour estimer le stockage du C dans la biomasse
- Récolte des arbres à partir d'un certain diamètre et répartition selon les catégories de production
- Estimation du stock de C dans les produits du bois en partant d'un stock nul
- Modélisation à l'échelle de la placette puis agrégation spatiale à l'échelle des GRECO, et enfin somme à l'échelle nationale

Paramètres du modèle :

- 3 types de structure : futaie, taillis, taillis sous futaie
- 2 modes de gestion : récoltes et éclaircies (récoltes lorsque le diamètre atteint une certaine valeur ; éclaircie par prélèvements constants à chaque pas de temps)
- Classes de fertilité
- Indices de densité calculé à partir du nb d'arbres et du diamètre quadratique moyen du peuplement simplifié
- Indices d'exploitabilité : dépendent de la praticabilité, pente du terrain, distance à une piste de débardage + 4 modes de gestion (non exploitable, exploitable, ...)
- Mortalité : ratio constant à chaque pas de temps

Annexe 5 : Description des modèles utilisés dans l'étude IGN-INRAE

MARGOT

(Audinot T., 2021)

Matrix model of forest Resource Growth and dynamics on the Territory scale

Modèle qui permet d'obtenir :

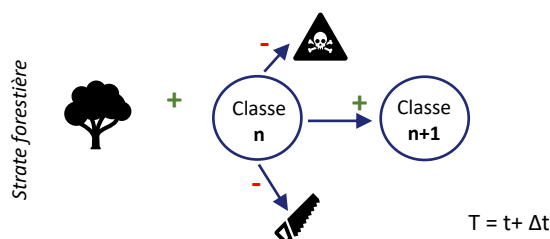
- Des simulations sur des périodes de temps définies
- L'évolution des stocks d'arbres sur pied
- Les volumes annuels de bois morts
- Les volumes récoltés selon leurs usages

Principe de fonctionnement :

- Des strates sont créées en fonction des GRECO, de la composition des forêts et de leur organisation verticale
- Dans chaque strate, les arbres issus de l'IFN, sont répartis dans des classes de diamètre
- Un pas de temps Δt est définie
- A chaque pas de temps, l'effectif de chacune des classes est mis à jour
- A chaque mise à jour, les effectifs d'arbres simulés sont convertis en volume de bois (m3) au temps $t+n \Delta t$

Paramètres du modèle :

- Effectif de recrutement : arbres issus du recensement de l'IFN passant la barre des 7,5cm de diamètre à 1,30m de hauteur, entre deux pas de temps
- Taux de passage d'une classe de diamètre à une autre : Arbres ayant connu une augmentation suffisante de leur diamètre entre 2 pas de temps, pour qu'ils soient déplacés vers la classe de diamètre supérieure
- Taux de mortalité : Indique la mortalité des individus dans chaque classe de diamètre pour 1 pas de temps donné
- Taux de prélèvement : Indique la quantité d'arbres prélevés pour chaque classe de diamètre

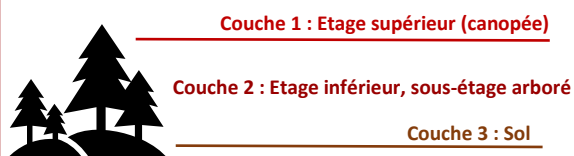


GO+

Modèle qui permet :

- D'intégrer les processus biophysiques qui influent sur la croissance des peuplements
- D'intégrer d'avantage le changement climatique dans les études prospectives

Principe de fonctionnement :



Pour chaque couche, ou une partie, les paramètres et processus suivant sont calculés et estimés par le modèle

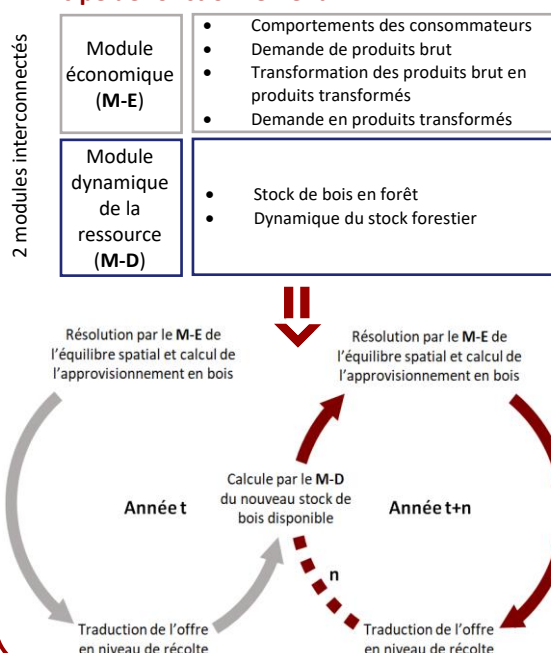
- Transfert radiatif
- Echanges de chaleur/convection
- Température
- Pluviométrie
- Pression atmosphérique
- Concentration en O2 et en CO2
- Evapotranspiration
- Photosynthèse
- Respiration
- Croissance/mortalité
- Nutriments contenus dans la biomasse du sol
- Dynamique du carbone dans le sol

FFSM French Forest Sector Model

Modèle qui permet d'obtenir :

- Les gains attendus dans la filière forêt-bois en fonction de différents scénarios
- Une étude économique (modification, transformation de la filière, évolution de la consommation, ...)

Principe de fonctionnement :



Annexe 6 : Les chiffres de la croissance et de l'exploitation des forêts françaises en 2022

Indicateur	Valeur	Source
Production biologique	87,8 Mm ³ /an	IGN, 2022
Taux de prélèvement de l'accroissement naturel	Environ 50 %	IGN, 2022
Prélèvements de bois sur la période 2012-2020	51 Mm ³ /an +/- 2,6 Mm ³	IGN, 2022
Prélèvements de feuillus sur la période 2012-2020	24,4 Mm ³ /an	IGN, 2022
Prélèvements de résineux sur la période 2012-2020	26,7 Mm ³ /an	IGN, 2022
Stock de bois sur pied	2800 Mm ³	IGN, 2022
Couverture forestière	17,1 millions d'ha	IGN, 2022
Accroissement en surface	80 000 ha/an	IGN, 2022

Annexe 7 : Evolution du stock sur pied et des volumes de bois prélevés pour les scénarios à paramètres climatiques constants

Dans les parties qui vont suivre, les résultats des études et scénarios seront donnés de façon synthétique au travers de données chiffrées et de graphiques. Pour chaque scénario étudié, les données de références seront présentées lorsqu'elles sont disponibles. De plus, la présentation des données conservera la nomenclature, les unités et les appellations utilisées pour les scénarios dont elles sont issues. Une dernière partie sera consacrée à la comparaison de ces résultats où les unités et appellations seront homogénéisées pour avoir des données comparables. Enfin, le changement climatique n'est pas pris en compte dans les résultats qui vont suivre, qui sont basés sur des conditions climatiques stables.

a. Les résultats de l'étude **IGN-FCBA**

Les données de référence (2015) du stock de bois sur pied

- Volume de bois sur pied pour l'ensemble de la forêt française métropolitaine : **2537 Mm³**
- Les forêts privées représentent **72%** de la forêt française, et près de la moitié d'entre elles ne sont pas pourvues d'un PSG
- Les feuillus représentent **64%** des peuplements soit **1623,7 Mm³**
- Taux de prélèvement en forêt : **~50%**

Evaluation du stock de bois sur pied à l'horizon 2035

- Scénario sylviculture constante : **3400 Mm³**
- Scénario gestion dynamique progressif : **3260 Mm³**
- Les forêts privées représentent **75 à 76%** de la forêt française en 2035, selon le scénario, dont **54 à 55%** sans PSG.
- Taux de prélèvement¹ : **58%** et **70%** en fonction du scénario

Evaluation du stock des essences de feuillus

- Les feuillus représentent **67%** du stock total en 2035
- Augmentation du volume de feuillus de **636 Mm³** pour le scénario sylviculture constante, par rapport au volume de référence
- Le volume de résineux n'augmente que de **190 Mm³**

Evaluation de la disponibilité brut² à l'horizon 2035

Tableau 1 : Disponibilité brut par type de produit bois potentiel à l'horizon 2050

	Scénario Sylviculture Constante*		Scénario de gestion dynamique progressif*	
	Total	Résineux	Total	Résineux
BO-P	31,1	16,7	38,4	19,4

¹ Rapport entre les prélèvements et la production biologique nette de la mortalité correspondant à un taux de prélèvement de l'accroissement naturel

² Disponibilité brute : Quantité de bois qui pourrait être prélevée au cours d'une période (pertes incluses)

BIBE-P	31,9	7,5	41,4	9,2
Menus bois ³	13,4	7,8	17,2	9,3
Total	76,4	32	97	37,9

*Résultats en Mm³/an

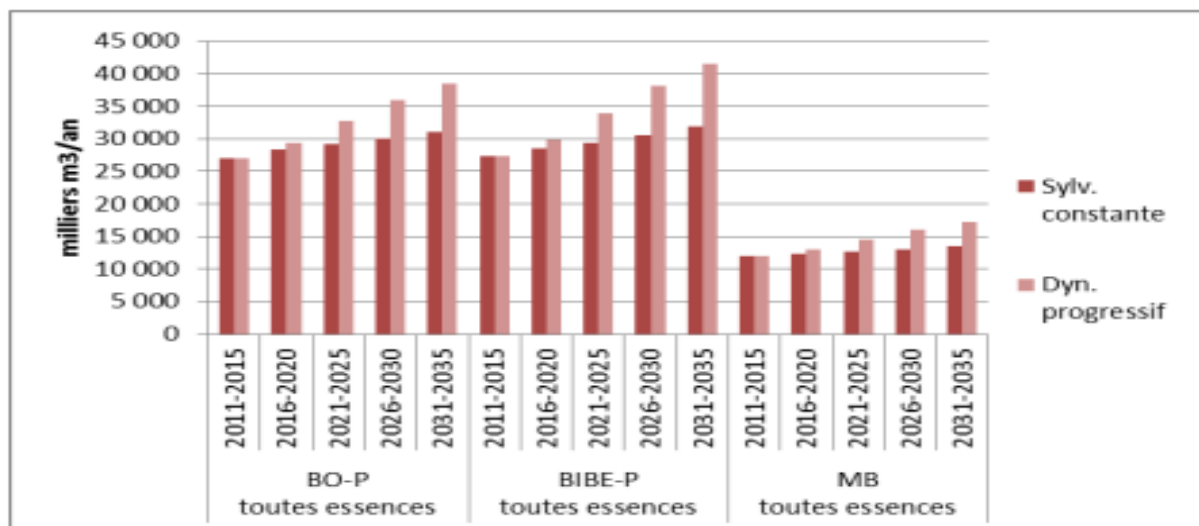


Figure X : Disponibilité brut par périodes

Evaluation de la disponibilité technico-économique⁴ à l'horizon 2035

Tableau 2 : Disponibilité brut par type de produit bois potentiel à l'horizon 2050

	Scénario Sylviculture Constante*		Scénario de gestion dynamique progressif*	
	Total	Résineux	Total	Résineux
BO-P	28,6	15,4	34,4	17,1
BIBE-P	27,1	9,2	33,6	7,2
Total	55,7	24,6	68	24,3

* Résultats en Mm³/an

Evaluation de la disponibilité supplémentaire⁵ à l'horizon 2035

Tableau 3 : Disponibilité supplémentaire par type d'essence

La disponibilité supplémentaire concerne principalement les feuillus qui représentent 80% de cette disponibilité. Tandis que les résineux ont une disponibilité de faible croissance qui ne concerne que 20% de la disponibilité supplémentaire en 2035 (tableau 3)

	Scénario Sylviculture Constante*	Scénario de gestion dynamique progressif*
Feuillus	+6,1	+15,8
Total	+7,6	+19,8

³ Menus bois : branches et brindilles de diamètre < 7 cm

⁴ Disponibilité technico-économique : part de la disponibilité brut qui est techniquement et économiquement exploitable, de façon à être rentable pour l'exploitant et l'industriel

⁵ Disponibilité supplémentaire par rapport aux prélèvements actuels

Il apparaît que les ressources supplémentaires proviennent principalement des propriétés privées. Dans l'étude, il est même précisé que cette disponibilité provient surtout des parcelles de faible superficie et sans PSG, qui montre que ces petites parcelles, peu exploitées aujourd'hui, sont un des leviers pour accroître les prélèvements.

Tableau 4 : Disponibilité supplémentaire par propriété

	Scénario Sylviculture Constante*	Scénario de gestion dynamique progressif*
Forêts privées	+5,2	+11,8
Forêts publiques	+2,4	+8

*Résultats en Mm³/an

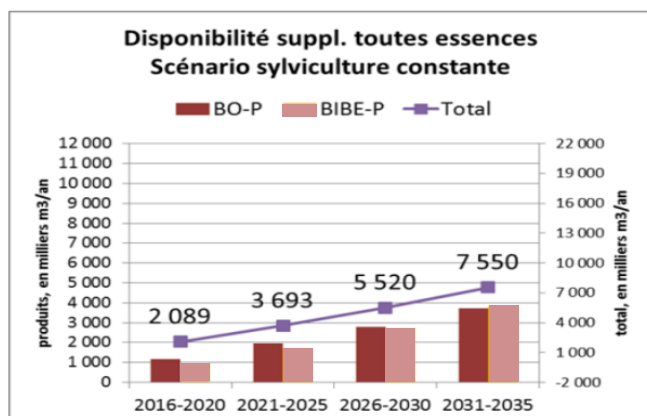


Figure 1 : Disponibilité brut scénario sylviculture constante



Figure 2 : Disponibilité brut scénario gestion dynamique progressif

En comparant les résultats de l'étude, Il apparaît que la disponibilité supplémentaire du premier scénario est environ 60% plus faible sur toute la période 2016-2035 par rapport au scénario de gestion dynamique. Ce résultat était attendu compte tenu des hypothèses de départs concernant les scénarios. Cependant l'écart entre le BO-P et le BIBE-P s'inverse et se creuse en faveur du BIBE-P pour le scénario dynamique, tandis que cette tendance, bien que visible aussi pour le scénario de sylviculture constante, est plus faible, de l'ordre de quelques pourcents (Figures 1 et 2).

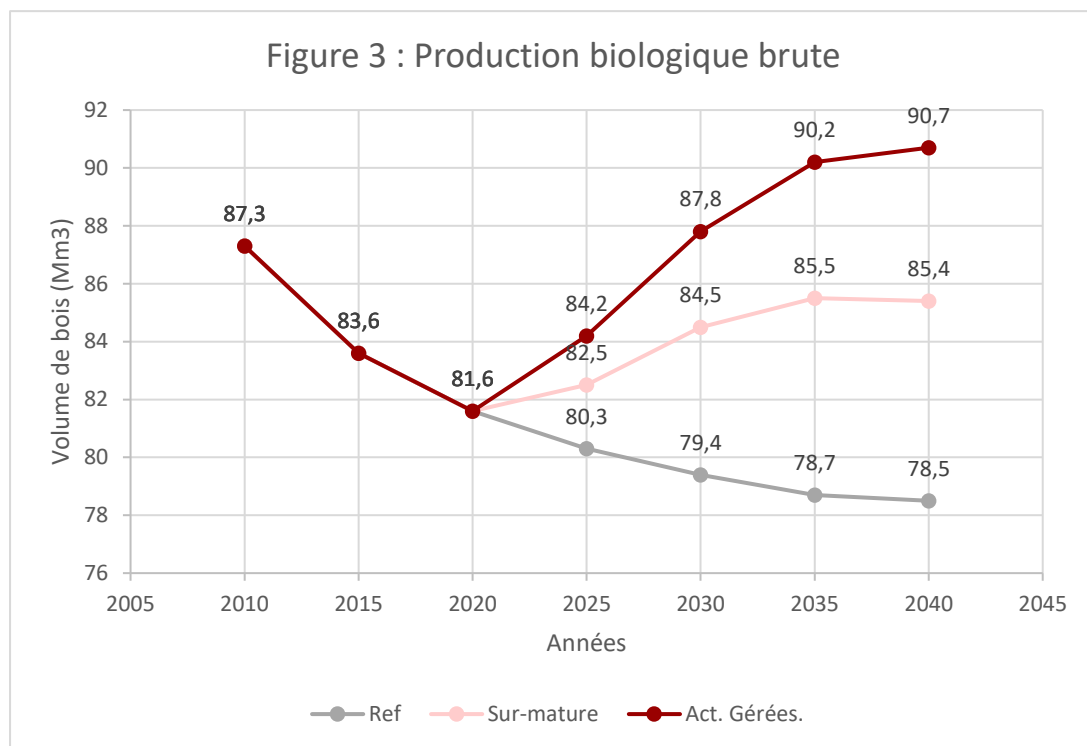
Estimation et comparaison de la demande par rapport à l'offre à l'horizon 2035

- La demande en BO feuillu est estimée entre **5 et 7 Mm³/an**. Or, la disponibilité "technique économique" en BO de feuillu est estimée entre **13,2 et 17,3 Mm³/an**, ce qui suffit largement à satisfaire la demande, peu importe le scénario.
- La demande en BO résineux est estimée entre **21 et 30 Mm³/an**. Or la disponibilité "technique économique" est pour chaque scénario, respectivement de **15,4 et 17,1 Mm³**. Ainsi la demande n'est jamais satisfaite par l'offre. Par conséquent, les deux scénarios se retrouvent dans la même situation qu'actuellement, c'est-à-dire avec un décalage entre l'offre et la demande. Ces perspectives induisent donc une pérennisation des importations de bois si aucune alternative n'est trouvée.
- La demande en BIBE est estimée entre **54 et 64 Mm³/an**. La disponibilité "technique économique" étant comprise entre **55,7 et 68 Mm³/an**, la demande est satisfaite.
- Le surplus de BO de feuillu, qui ne sera pas utilisé par le secteur de la construction pourrait être réorienté vers du BIBE

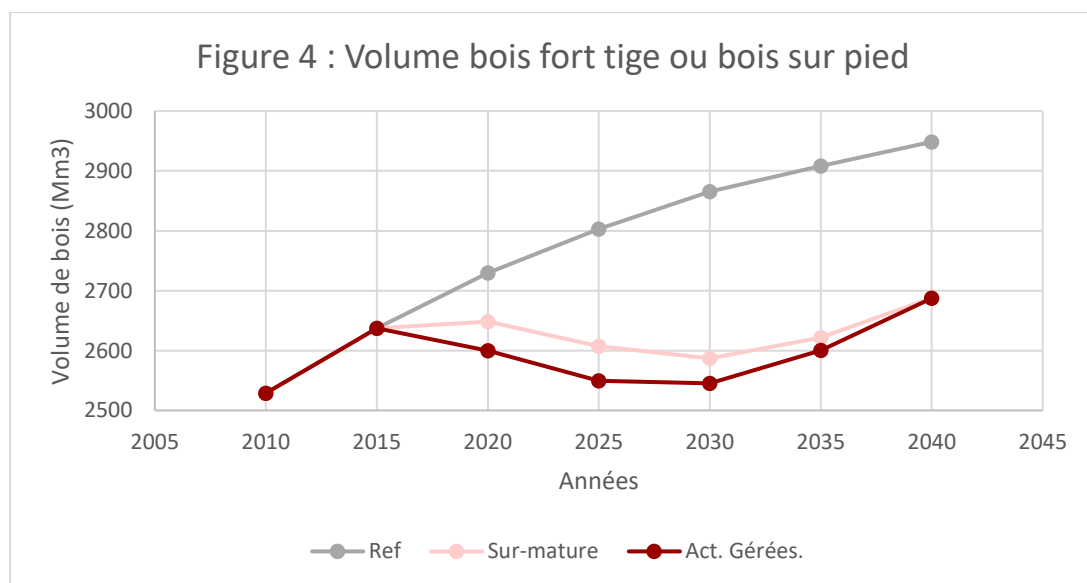
b. Les résultats du modèle **BiCaFF**

Il ressort du modèle BiCaFF une quarantaine de simulation représentant les différents degrés d'intensités des différents scénarios. Pour simplifier la présentation des résultats, seuls les volumes concernant la simulation haute des scénarios "sur-mature" et "activement gérées" ainsi que les résultats du scénario de référence seront présentés⁶.

Evolution de la production biologique brute

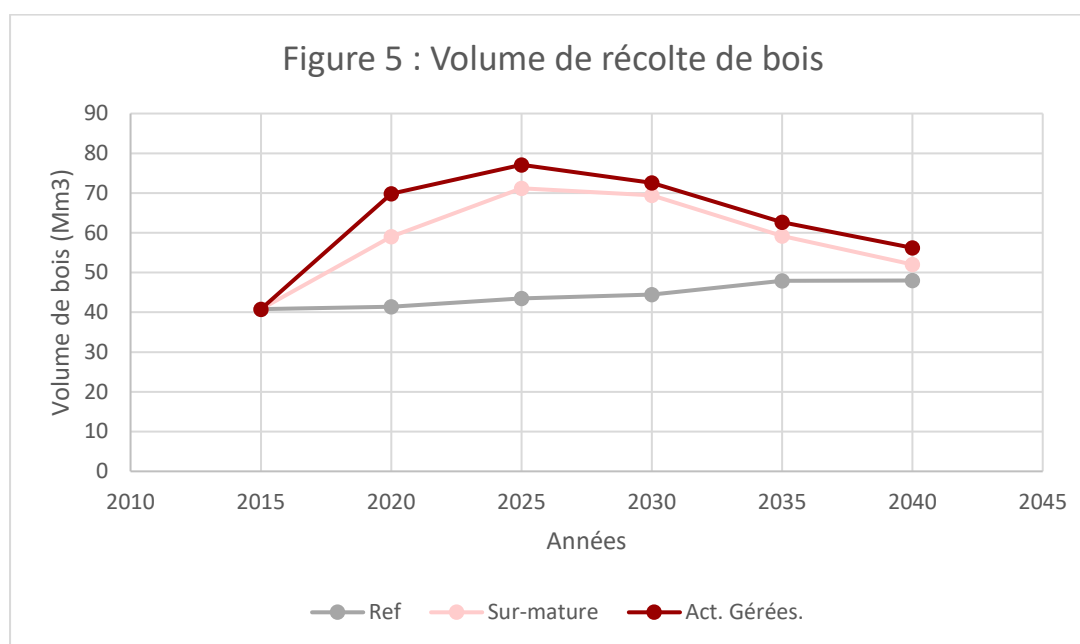


Evolution du volumes de bois fort tige



⁶ En plus d'un souci de simplification, ces scénarios ont été sélectionnés car leurs résultats sont clairement identifiables dans l'étude

Evolution des volumes de récoltes



c. Les résultats du scénario **NégaWatt**

Le scénario prévoit une poursuite de l'expansion forestière, avec une augmentation de **17,6%** de la surface couverte par rapport à 2020, soit un passage d'une superficie de **17 Mha** à **20 Mha** en 2050. Cette expansion va se poursuivre, suivant le même schéma que depuis le XIXe siècle, c'est-à-dire sur les terres agricoles et les plaines. Ensuite, il préconise une augmentation modérée des prélèvements de bois qui ne devra pas dépasser **10 Mm³/an**, pour limiter la pression sur les écosystèmes forestiers. Le scénario prévoit un équilibre de la filière forêt-bois avec le développement de nouveaux moyens de productions et de recyclage.

Répartition des volumes dans la filière forêt-bois à l'horizon 2050

Tableau 5 : Volume de bois par usage dans la filière forêt-bois en 2050

	BO	BI	BE
Volume (Mm³/an)	18	13	26 à 32

Le scénario, anticipe une hausse de la part du BO dans les constructions neuves. Cependant la consommation annuelle suivrait une tendance décroissante avec une baisse globale du nombre de construction. La demande passerait alors de **4,36 Mt** en 2020 à **4,07 Mt** en 2050. La production de BO, estimée à **18 Mm³/an** est alors nettement supérieure à la demande (Tableau 5). La densité minimale du bois de construction étant d'environ **420 kg/m³** (bois de résineux), la masse de BO dans la filière serait de **7,56 Mt**. Quant au BE, sa fourniture serait essentiellement assurée par des co-produits et déchets de l'industrie du bois, dont la collecte et la valorisation aurait été optimisée.

d. Les résultats d'**Afterres2050**

Situation initiale et valeurs de références (2015)

Tableau 6 : Synthèse des données de référence du scénario

Couverture totale	Couverture en forêts de production	Production biologique annuelle	Prélèvements totaux	Taux de prélèvement ⁷	Volume de bois commercialisé
17 Mha	15,4 Mha	91 Mm ³ /an	58 Mm ³ /an	43%	38 Mm ³ /an

Situation et résultats à l'horizon 2050

- Légère augmentation de la superficie des forêts pour les différents scénarios en passant de **17 à 17,2 Mha** en 2050, sauf pour le scénario tendanciel qui affiche une légère diminution en passant à **16,8 Mha**.
- Hypothèse : Taux de prélèvement de **65%** en 2050

Tableau 7 : Synthèse des résultats concernant les forêts en 2050

Production Biologique	Quantité de bois mobilisable	Prélèvements totaux (en 2035)	Taux de prélèvement
140 Mm ³	91 Mm ³	84 Mm ³	65%

Tableau 8 : Volume de bois par usage en 2050

	BO Feuillus	BO Résineux	BI	BE
Volume (Mm ³ /an)	13	16	27	35

e. Les résultats de l'étude **IGN-INRAE**

Le stock sur pied par scénarios à l'horizon 2050

Tableau 9 : Stock sur pied (bois fort tige) pour les deux scénarios extrêmes

	Référence (2015-2016)*	Scénario extensification*	Scénario intensification*
Stock sur pied	2,8	4,5	3,6

*Résultats en Gm³/an

Dans les deux scénarios extrêmes, le stock de bois sur pied est plus conséquent que le stock entre 2015 et 2016. Le stock connaît une augmentation de **60,7%** pour le scénario extensification, et de **28,6%** pour le scénario intensification, sur une période de 35 ans. Le résultat du second scénario peut paraître étonnant, sachant qu'il a pour vocation d'intensifier

⁷ Ici il est question du taux de prélèvement de l'accroissement naturel

l'exploitation des forêts. Mais la gestion durable et la dynamique de reboisement, impulsée par un plan de reboisement prévu dans ce scénario, permet d'accroître les stocks forestiers. Le plan de reboisement permettrait une marge de manœuvre suffisamment importante pour intensifier les prélèvements tout en laissant un degré de pression acceptable sur la biodiversité.

Les augmentations du stock de bois prévues, concerne en particulier les peuplements feuillus, qui vont connaître une croissance plus importante que les résineux, peu importe le scénario envisagé. La production biologique de feuillus est estimée à **90 Mm³/an** et jusqu'à **110 à 130 Mm³/an** pour le scénario d'extensification. Par contre, au regard de la disponibilité brute, l'écart entre feuillus et résineux est considérablement réduit, passant d'environ **46%** à **22%** pour le scénario intensification (Figure 9).

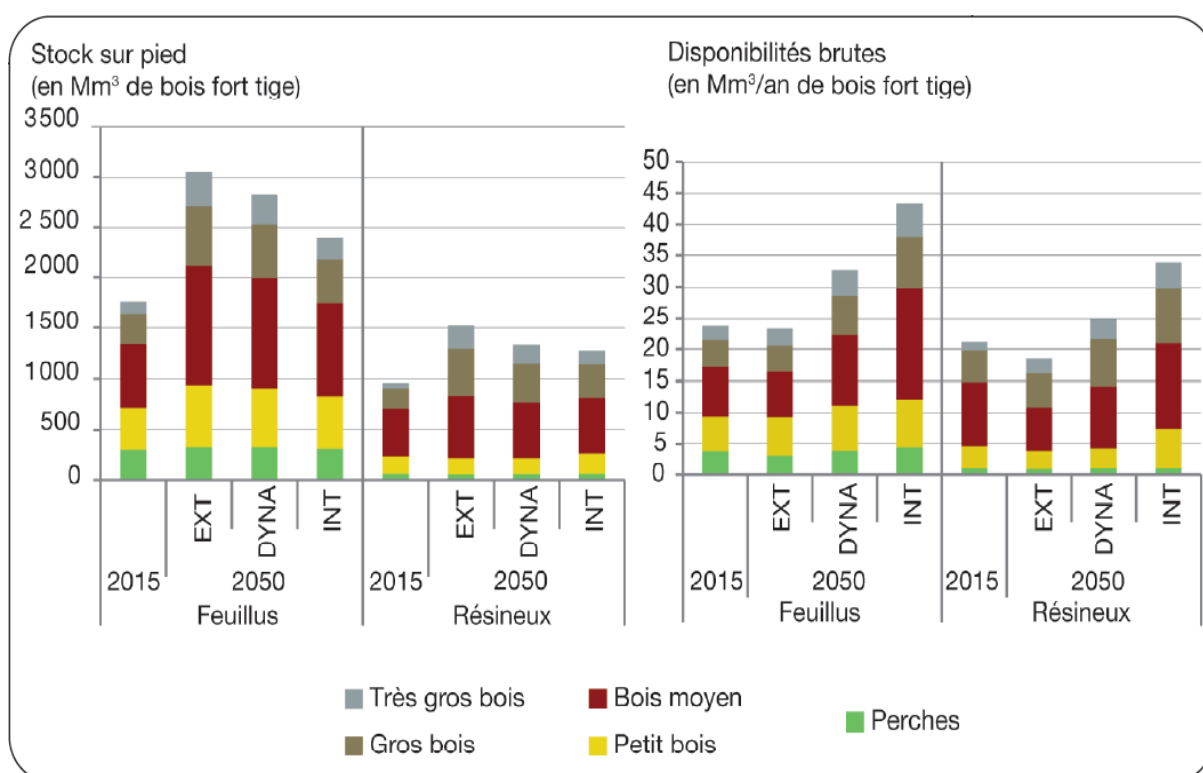


Figure 6 : Stock sur pied et disponibilités brutes par scénario et par type d'essence

La proportion des différents types de bois (très gros bois, gros bois, ...) est donnée pour les différents scénarios. De façon général, bien que les stocks totaux varient d'un scénario à l'autre, les proportions par type de bois sont similaires (Figure 6).

Les volumes de bois dans la filière forêt-bois à l'horizon 2050

Le volume de bois total dans la filière est défini comme correspondant au volume total prélevé moins les résidus d'exploitation (menus bois, souches, écorces, ...).

Tableau 10 : Volume de bois la filière forêt-bois par scénario

	Scénario extensification*	Scénario dynamique territoriale*	Scénario intensification*
Volume à l'entrée de la filière	40	58	75

*Résultats en Mm³/an

Pour chaque scénario, le volume total est réparti selon les différents usages du bois. La part des différents usages dépendant en partie de la demande, qui est difficilement prévisible, le choix a été fait d'assigner la même proportion de BO, BI et BE pour chaque scénario, à savoir respectivement **34%**, **28%** et **38%** (Figure 7). Ces valeurs proviennent principalement de la répartition actuelle des usages du bois.

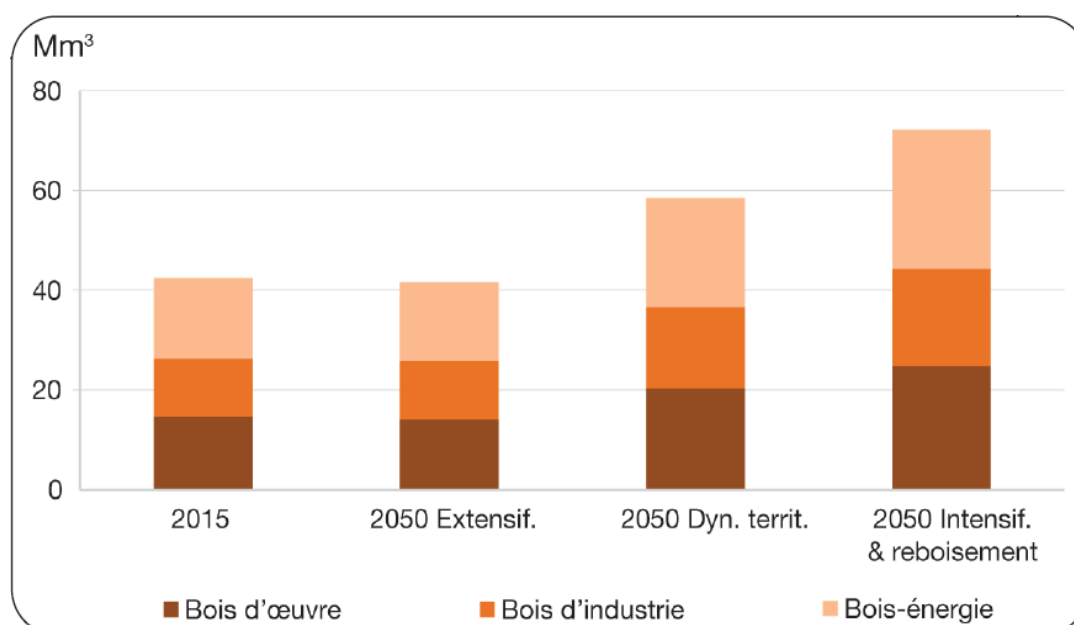


Figure 7 : Volume de bois dans la filière forêt-bois par type d'usages du bois

Annexe 8 : Evolution du stockage du carbone pour les scénarios à paramètres climatiques constants

a. Les résultats de l'étude **IGN - FCBA**

Evaluation de l'évolution du puits de carbone dans la biomasse forestière

- Scénario “sylviculture constante” : Accroissement du puits de carbone de 19,86% entre 2015 et 2035, qui passe de **72 MtCO₂/an** à **86,3 MtCO₂/an** (Figure 8).
- Scénario “gestion dynamique progressif” : Régression du puits de carbone de 13,75% entre 2015 et 2035, qui passe de **72 MtCO₂/an** à **62,1 MtCO₂/an** (Figure 8).

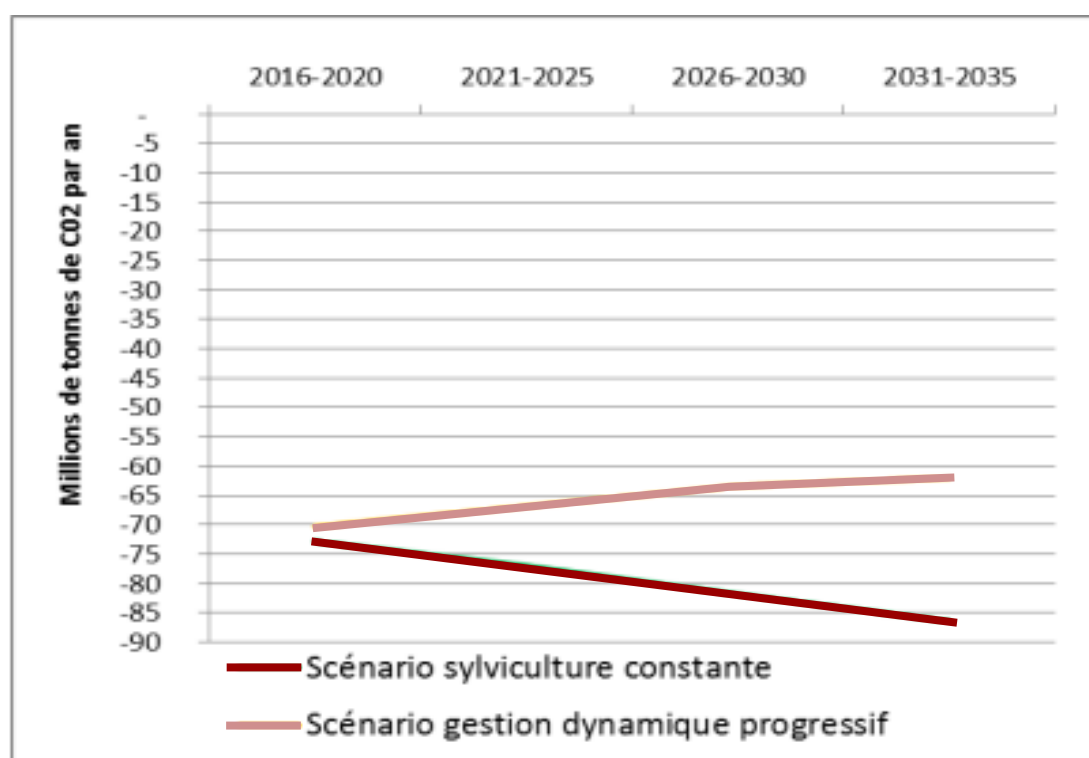


Figure 8 : Evolution du puits de carbone forestier par période quinquennale

Le puits dans la biomasse forestière du scénario “gestion dynamique progressif” est inférieur de 28% par rapport à celui estimé pour le scénario “sylviculture constante”. Cependant, il faut prendre en compte le stockage de carbone dans les produits du bois (BO, BI, BE) et les de substitutions, plus important dans le cas d’une intensification de l’exploitation. Il y a donc une compensation possible de la baisse du puits forestier.

b. Les résultats du modèle **BiCaFF⁸**

Tableau 11 : Stockage du carbone dans les différents compartiments de la filière forêt-bois

	Scénario de référence	Mobilisation des forêts		Mobilisation accrue des forêts	Mobilisation totale
--	-----------------------	-------------------------	--	--------------------------------	---------------------

⁸ Les résultats du modèle BiCaFF sont en tC mais ont été convertis en tCO₂eq dans ce rapport pour avoir une seule unité pour tous les résultats. tCO₂eq = tC/27,29% (27,29%= proportion massique de carbone dans une molécule de CO₂)

		en sur- densité	Mobilisation des forêts sur-matures	activement gérées	
Stockage dans la biomasse forestière	952,7	696,2	238,2	439,7	-586,3
Stockage dans les produits bois	439,5	513,1	604,6	403,1	842,8
Effets de substitution	0	109,9	403,1	586,3	879,4
TOTAL	1392,5	1319,2	1245,9	1429,1	1135,9

*Résultats en MtCO₂eq (sur l'ensemble de la période de simulation)

Pour tous les scénarii, le stockage total de carbone dans la filière forêt-bois est positif (Tableau 11) et en augmentation (Figure 9) sur la période 2010 – 2040. Cependant, tous les scénarios ont un résultat inférieur au scénario de référence, hormis le scénario de mobilisation accrue qui le dépasse légèrement de **2,6%**.

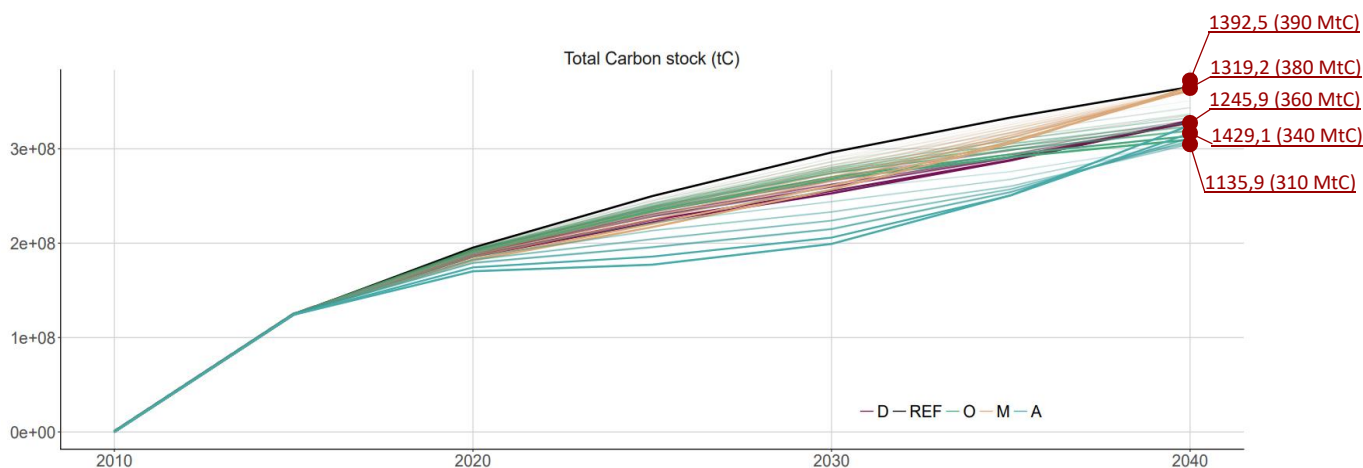


Figure 9 : Evolution totale du puits de carbone de la filière forêt-bois

c. Les résultats du scénario **IGN – INRAE**

Evaluation du stockage de carbone en 2020

Tableau 12 : Stockage du carbone dans la biomasse forestière

	Feuillus	Résineux	Bois mort	Sol	Total
Stockage du carbone dans les écosystèmes forestiers (MtCO ₂ eq/an)	56	14,4	10,3	7,3	88

Tableau 13 : Stockage du carbone dans les produits bois et induits par des effets de substitutions

	Dans les produits bois*	Substitution-matériaux	Substitution-énergie
Stockage (MtCO ₂ eq/an)	0	33	9

*Hypothèse de l'étude : La production de l'année est compensée par la fin de vie et la destruction des produits des années antérieures

En sommant les valeurs de stockage obtenues dans les différents compartiments de la filière forêt-bois, le stockage annuel total s'élève à **130 MtCO₂eq/an**.

Evaluation du stockage de carbone à l'horizon 2050

	Feuillus	Résineux	Bois mort	Total
Stockage scénario extensification	90	30	5	125
Stockage scénario Dynam. Terr.	65	19	6	90
Stockage scénario intensification	40	10	5	55

Tableau 14 : Stockage du carbone dans la filière forêt-bois à l'horizon 2050

	Biomasse forestière	Sols	Produits bois	Substitution-matériaux	Substitution-énergie	Total
Stockage scénario extensification	125	5	0	25	15	170
Stockage scénario Dynam. Terr.	90	6	4	31	19	150
Stockage scénario intensification	55	6	8	45	20	135

*Résultats en MtCO₂eq/an

d. Les résultats du scénario **AMS**

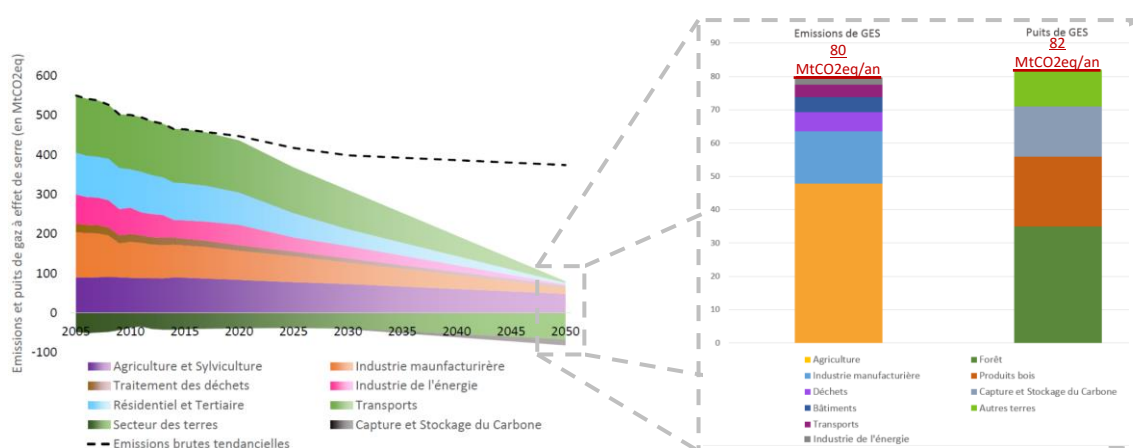
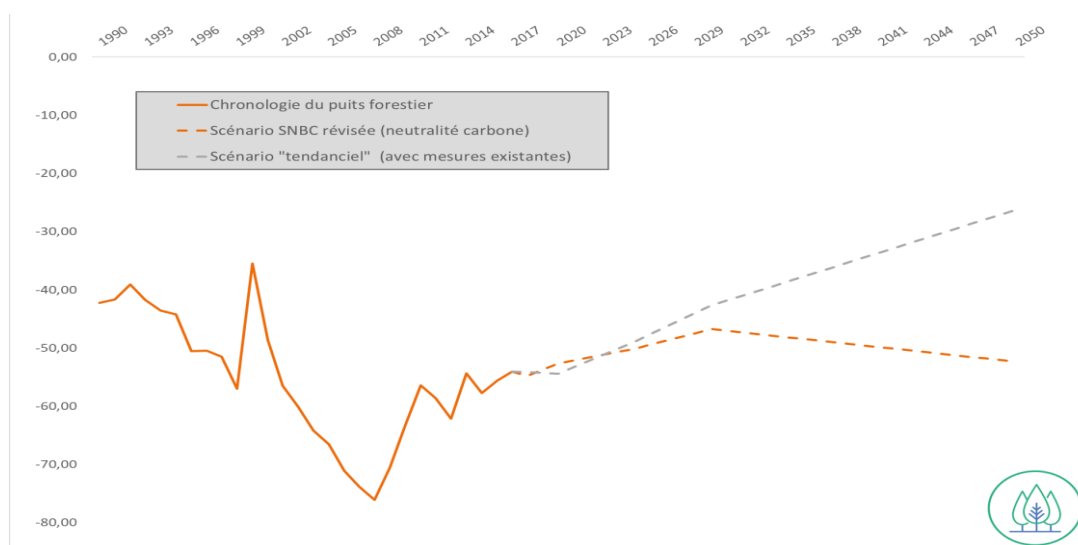


Figure 10 : Bilan carbone de la France à l'horizon 2050 selon le scénario AMS



Sources : inventaire CITEPA de mars 2019 au format CCNUCC et au périmètre Plan Climat Kyoto ; Scénario AME et AMS 2018

Figure 11 : Évolution du puits de carbone forestier

Annexe 9 : Comparaison des résultats des différentes études

Les scénarios présentés, ainsi que leurs résultats peuvent se montrer assez hétérogènes selon la période de projection, la méthode et les hypothèses prises. Pour simplifier la comparaison des résultats, les différents scénarios vont être regroupés en fonction de leur variable de commande en guise de première approche. Ensuite une nouvelle comparaison entre scénarios se fera mais cette fois-ci sur la base du degré d'intensité de l'exploitation de la ressource en bois. Par exemple, les scénarios qui ont pris le parti-pris d'adopter une gestion extensive seront regroupés et comparés. On peut déjà constater qu'il ressort des différents scénarii, trois variables de commandes principales à savoir : le taux de prélèvement de l'accroissement naturel, le volume prélevé et le taux de coupe. Seule l'étude BiCaFF se trouve à la marge en se basant sur des taux de mobilisation en surface et en fonction du diamètre des arbres.

a. Comparaison des scénarios basés sur le taux de prélèvement de l'accroissement naturel

Volume de bois en forêt et dans la filière forêt-bois

Tableau 15 : Récapitulatif des volumes de bois pour la variable de commande taux de prélèvement de l'accroissement naturel

	Afterres2050	IGN-INRAE	
Date de l'étude	2016	2020	
Horizon de l'étude	2050	2050	
Scénarios	Afterres2050	Scénario dynamiques territoriales	Scénario d'intensification
Stock de bois sur pied	3475⁹	4100	3600
Production biologique	140	140	120-128,6
Taux de prélèvement	65%	50%	70-75%
Prélèvement	91,0	70	90
Volume dans la filière forêt-bois	81,0	58	75,0
Volume BO	29,0	19,8	25,5
Volume BI	17,0	16,2	21,0
Volume BE	35,0	22	28,5

⁹ Le scénario estime un stock de bois sur pied de 2,4 Mrds de m³ en 2007 avec une croissance d'environ 25 millions de m³ tous les ans

*Résultats en Mm³/an

Les trois scénarios comparés ici correspondent à des stratégies de gestion intermédiaire (scénarios Afterres2050 et dynamiques territoriales) et intensive (scénario d'intensification) et se sont vu attribuer un taux de prélèvement de l'accroissement naturel comme point de départ des simulations. Entre les deux scénarios issus de l'étude IGN-INRAE, les différences sont assez nettes. L'un c'est vu attribué un taux de prélèvement de 50%, soit environ égal au taux actuel, tandis que l'autre s'est vu attribuer un taux de prélèvement oscillant entre 70% et 75%, ce qui implique des prélèvements au moins 29% plus important. Cette différence s'observe sur les volumes de bois prélevés et le stock de bois sur pied qui sont respectivement influencés positivement et négativement par le taux de prélèvement. Le scénario Afterres2050 se place entre les deux scénarios IGN-INRAE, du moins concernant son taux de prélèvement fixé à 65% (Tableau 15). En effet, malgré un taux de prélèvement intermédiaire, ce scénario se montre plus optimiste sur la production biologique que le scénario d'intensification, ce qui conduit à des volumes prélevés sensiblement identique. Le même constat est fait concernant les volumes de bois directement exploités par la filière forêt-bois où les pertes ont été minimisées par rapport aux deux autres scénarios, dans lesquels l'écart entre la quantité prélevée et le volume qui est réellement utilisé est compris entre 16,7% et 17,4%. La répartition des volumes diffère aussi selon les scénarii avec des proportions différentes. Là où l'étude IGN-INRAE a fait le choix de répartir les volumes comme suit : 34% pour le BO, 28% pour le BI et 38% pour le BE, le scénario Afterres2050 a préféré réduire la part du BI à 21% pour augmenter celles du BO et du BE. Ce choix est motivé par l'hypothèse que l'usage du BE va augmenter jusqu'en 2040 avant de se stabiliser (Association Solagro, 2016).

Bilan carbone de la filière forêt-bois

Tableau 16 : Récapitulatif des bilans carbones pour la variable de commande taux de prélèvement de l'accroissement naturel

	IGN - INRAE	
Date de l'étude	2020	
Horizon de l'étude	2050	
Scénarios	Scénario dynamiques territoriales	Scénario d'intensification
Stockage dans la biomasse forestière	90	55
Stockage dans les sols	6	6
Stockage dans les produits bois	4	9
Effets de substitution	50	65
Bilan total	150	135

*Résultats en MtCO₂eq/an

La différence d'hypothèse de départ entre les scénarios de l'étude IGN-INRAE traduit un écart de 38,9% entre le stockage du carbone dans la biomasse forestière du scénario dynamiques territoriales et celui du scénario d'intensification. Cela montre que nécessairement, un renforcement de l'exploitation forestière va affaiblir le stock de carbone forestier. Cependant, le scénario d'intensification réduit son retard avec les effets de substitution qui sont plus importants de 23,1%, liés à des volumes de bois plus élevés qui permettent de remplacer d'avantages des matériaux qui ont une plus forte empreinte carbone. Malgré les effets de substitution, le bilan global reste plus intéressant du côté du scénario dynamiques territoriales, du moins à l'horizon 2050 (Tableau 16).

b. Comparaison des scénarios basés sur des volumes prélevés

Volume de bois en forêt et dans la filière forêt-bois

Tableau 17 : Récapitulatif des volumes de bois pour la variable de commande volumes prélevés

	NégaWatt	IGN-INRAE
Date de l'étude	2022	2020
Horizon de l'étude	2050	2050
Scénarios	NégaWatt	Scénario d'extensification
Stock de bois sur pied	n.c	4500
Production biologique	n.c	128,2
Taux de prélèvement	n.c	39%
Prélèvement	n.c	50
Volume dans la filière forêt-bois	57	42
Volume BO	18,0	14,3
Volume BI	13,0	11,7
Volume BE	26	16,0

*Résultats en Mm³/an

Les deux scénarii comparés dans cette partie se basent sur des volumes pour construire leurs estimations. Cependant, le scénario NégaWatt, qui est davantage orienté vers la consommation de bois, n'aborde que très peu l'amont de la filière forêt-bois contrairement au scénario IGN-INRAE qui apporte des résultats sur l'ensemble de la filière. Premier constat, un volume à l'entrée de la filière pour le scénario NégaWatt, est 26,3% supérieure au scénario d'extensification. Par conséquent, le scénario NégaWatt peut être

considéré comme un scénario intermédiaire si l'on prend comme référence le scénario "dynamiques territoriales" de l'étude IGN-INRAE. Une autre différence notable est la proportion attribuée aux différents usages du bois. Le scénario Négawatt estime à 45,6% la part du BE contre 38% pour le scénario d'extensification. L'interprétation du résultat de Négawatt n'est pas aisée puisque sa présentation dans le scénario est assez confuse. Il fournit une estimation actuelle aux environs de 16 Mm³, avec une tendance à la baisse, mais à l'horizon 2050, il propose un chiffre plus élevé de 38,5%. Le scénario justifie ce chiffre par un apport supplémentaire issu de bois non-forestiers à partir de 2040 (agroforesterie ou haies), dans l'objectif de réduire la pression sur les forêts. Le problème est que ce chiffre semble mélanger plusieurs provenances de bois, or c'est uniquement le bois issu des forêts qui nous intéresse. Il faut donc prendre ce résultat avec le recul qui s'impose.

c. Comparaison des scénarios basés sur le taux de coupes

Tableau 18 : Récapitulatif des volumes de bois pour la variable de commande taux de coupes

	IGN - FCBA	
Date de l'étude	2016	
Horizon de l'étude	2035	
Scénarios	Sylviculture constante	Gestion dynamique progressive
Volume de bois sur pied	3400	3260
Production biologique	131,7	138,5
Taux de prélèvement	58,0%	70,0%
Prélèvement	76,4	97,0
Volume dans la filière forêt-bois	55,7	68,0
Volume BO	28,6	34,4
Volume BI	27,1	33,6
Volume BE		

*Résultats en Mm³/an

Les scénarii de l'étude IGN-FCBA, sont les seuls à reposer sur un taux de coupes sur l'ensemble de la forêt française. Le scénario "sylviculture constante" correspond à un scénario intermédiaire tandis que le scénario "gestion dynamique progressive" s'apparente à un scénario d'intensification. Par conséquent, ils partent avec deux hypothèses de départ différentes ce qui influe directement sur les résultats, avec des écarts de 17,1% et 21,2% entre, respectivement, les taux de prélèvements et les volumes prélevés (Tableau 18). Ces scénarii étant issus de la même étude, il serait plus pertinent de les comparer avec d'autres scénarii issus d'autres études, et c'est ce qui sera fait dans la partie où la comparaison se fera par catégorie de scénario (extensif, intermédiaire et intensif). Cependant, il est intéressant de constater que les volumes de BO représentent entre 48 et 50% du volume de bois dans la filière, ce qui est conséquent par rapport aux autres scénarios étudiés. Ces chiffres s'expliquent par une forte production de bois de feuillus qui est préférentiellement destinée au BO dans l'étude IGN-FCBA.

Bilan carbone de la filière forêt-bois

Tableau 19 : Récapitulatif des bilans carbonés pour la variable de commande taux de coupes

	IGN - FCBA	
Date de l'étude	2016	
Horizon de l'étude	2035	
Scénarios	Sylviculture constante	Gestion dynamique progressive
Stockage dans la biomasse forestière	86,3	62,1

*Résultats en MtCO₂eq/an

Les scénarii de l'étude ne proposent qu'une projection du stockage de carbone dans les écosystèmes forestiers. Cependant, on peut faire le même constat que pour l'étude IGN-INRAE concernant ces scénarios intermédiaires et intensifs, même si l'écart n'est que de 28% entre le scénario de "sylviculture constante" et le scénario de "gestion dynamique progressive". En conservant des niveaux de prélèvements à la hauteur de ceux pratiqués actuellement, la capitalisation du carbone dans les forêts resterait plus importante que si l'exploitation des forêts s'intensifie (Tableau 19).

d. Comparaison des scénarios basés sur des taux de mobilisation

Volume de bois en forêt et dans la filière forêt-bois

Tableau 20 : Récapitulatif des volumes de bois pour les variables de commandes taux de mobilisation

	BiCaFF
Date de l'étude	2017
Horizon de l'étude	2040

Scénarios	Ref	sur-mature	act. Gérées
Volume de bois sur pied	2948,6	2688	2687,3
Production biologique	78,5	85,4	90,7
Taux de prélèvement	61,0%	60,9%	62,0%
Prélèvement	48	52	56,2
Volume dans la filière forêt-bois	48,0	52,0	56,2
Volume BO	n.c	n.c	n.c
Volume BI	n.c	n.c	n.c
Volume BE	n.c	n.c	n.c

*Résultats en Mm³/an

Le modèle BiCaFF se démarque des autres études en ne définissant pas un taux de prélèvement ou un volume comme variable de commande, mais des taux de mobilisations en superficie couverte ou en diamètre des arbres. Ainsi plutôt que de définir la proportion ou la quantité d'arbres à prélever, le modèle BiCaFF, au travers de ses scénarii, va définir une proportion de surface à exploiter (scénario d'intensification de l'exploitation des parcelles sur-matures) ou un diamètre de coupe (scénario d'intensification des forêts activement gérées). Chaque scénario de BiCaFF se compose d'une dizaine de simulations correspondant à différents degrés d'intensité des variables de commandes. Pour la comparaison, seule les simulations hautes pour les scénarios de référence, sur-mature et activement gérées sont présentées. Les scénarios de BiCaFF se placent dans une logique d'intensification de l'exploitation de la ressource en bois, mais uniquement sur des catégories spécifiques de forêts. Par conséquent, ces scénarios s'apparentent plus à des scénarios intermédiaires, compte tenu des chiffres obtenus. Il est intéressant de remarquer que tous les scénarios ont approximativement le même taux de prélèvement de l'accroissement naturel à 1% près, mais différent selon leur production biologique et leur volume de bois sur pied. Ces différences ont une incidence directe sur les volumes de bois prélevés qui varient de 48 Mm³ pour le scénario de référence, à 56,2 Mm³ pour le scénario d'intensification des forêts activement gérées, soit une différence maximale de 14,6%. Il y a tout de même un point de vigilance à apporter : les volumes à l'entrée de la filière ne sont pas clairement définis, ni même la distinction entre volume prélevé et volume utilisé.

Bilan carbone de la filière forêt-bois

Tableau 21 : Récapitulatif des bilans carbones pour les variables de commandes taux de mobilisation

	BiCaFF		
Date de l'étude	2017		
Horizon de l'étude	2040		
Scénarios	Ref	Sur-mature	act. Gérées
Stockage dans la biomasse forestière	38,3	9,5	17,6
Stockage dans les sols	n.c	n.c	n.c
Stockage dans les produits bois	17,6	24,2	16,1
Effets de substitution	0	16,1	23,5
Bilan total	55,9	49,8	57,2

* Résultats en MtCO₂eq/an

Les trois scénarii de BiCaFF montrent des résultats assez contrastés notamment avec le scénario de référence avec un stockage dans la biomasse forestière au moins deux fois supérieur à celui des scénarii sur-mature et activement gérées. Cependant, les bilans carbones ne sont pas aussi contrastés notamment grâce au stockage dans les produits du bois et aux effets de substitution qui permettent de compenser partiellement ou totalement un stockage dans la biomasse forestière réduit.

Annexe 10 : Durée de demi-vie des produits du bois

Durées de demi-vie issu du Citepa (citepa, 2021) :

Catégorie	Demi-vie	Source
Panneaux	25 ans	Décision (UE) n°529/2013 du 21/05/2013
Contreplaqués	30 ans	IPCC, 2013
Papier journal et ramette	7 ans	Calcul Carbone 4 prenant en compte le recyclage, d'après IPCC, 2006 et COPACEL
Emballages	3 ans	IPCC, 2003
Ameublement	10 ans	Carbone 4 d'après la durée de vie moyenne (FCBA, 2008)
Agencement et menuiseries	15 ans	
Couverture/charpente	50 ans	
Parquets/lambris	30 ans	

* https://cdr.eionet.europa.eu/fr/eu/mmr/art07_inventory/ghg_inventory/envyemsw/CCNUCC_france_2021.pdf

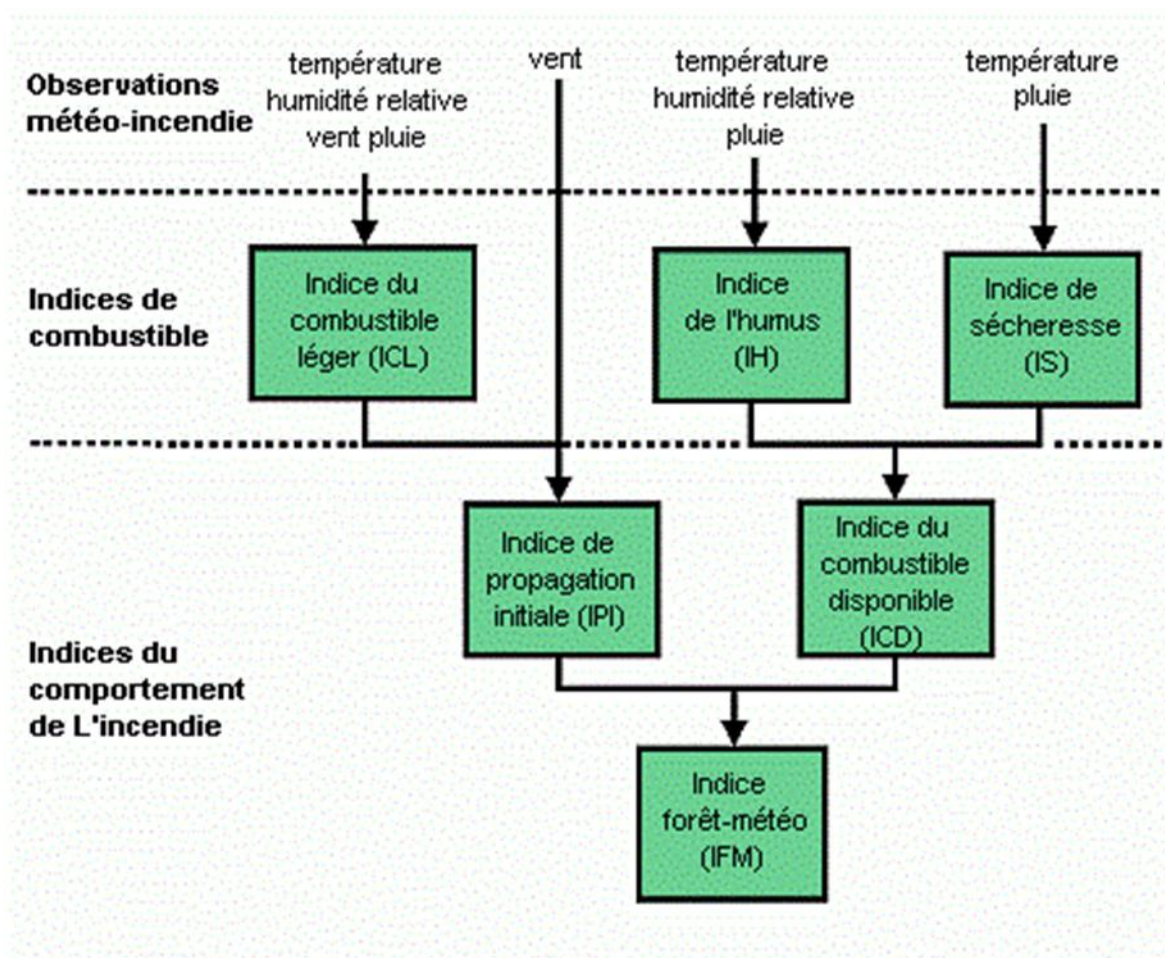
Durées de demi-vie issues de l'étude IGN-INRAE (Roux A. et al. 2020) :

Catégorie	Demi-vie	Source
Bois de feuillus	30 ans	Zell et al., 2009
Bois de résineux	10 ans	Zell et al., 2009
Pertes d'exploitation	5 ans	Zell et al., 2009
Bois d'œuvre	20 ans	Madignier et al., 2014 – Dires d'experts
Bois d'industrie	5 ans	Madignier et al., 2014 – Dires d'experts

Annexe 11 : Indice Forêt Météo (IFM)

- Indice mis au point au Canada permettant de définir le risque d'incendie à un instant t
- L'IFM se base sur 6 indices (3 indices de combustibles et 3 indices de comportement du feu) qui prennent en compte la teneur en eau dans la matière organique (végétaux, litière, ...) et les conditions météorologiques

Structure de la méthode de calcul



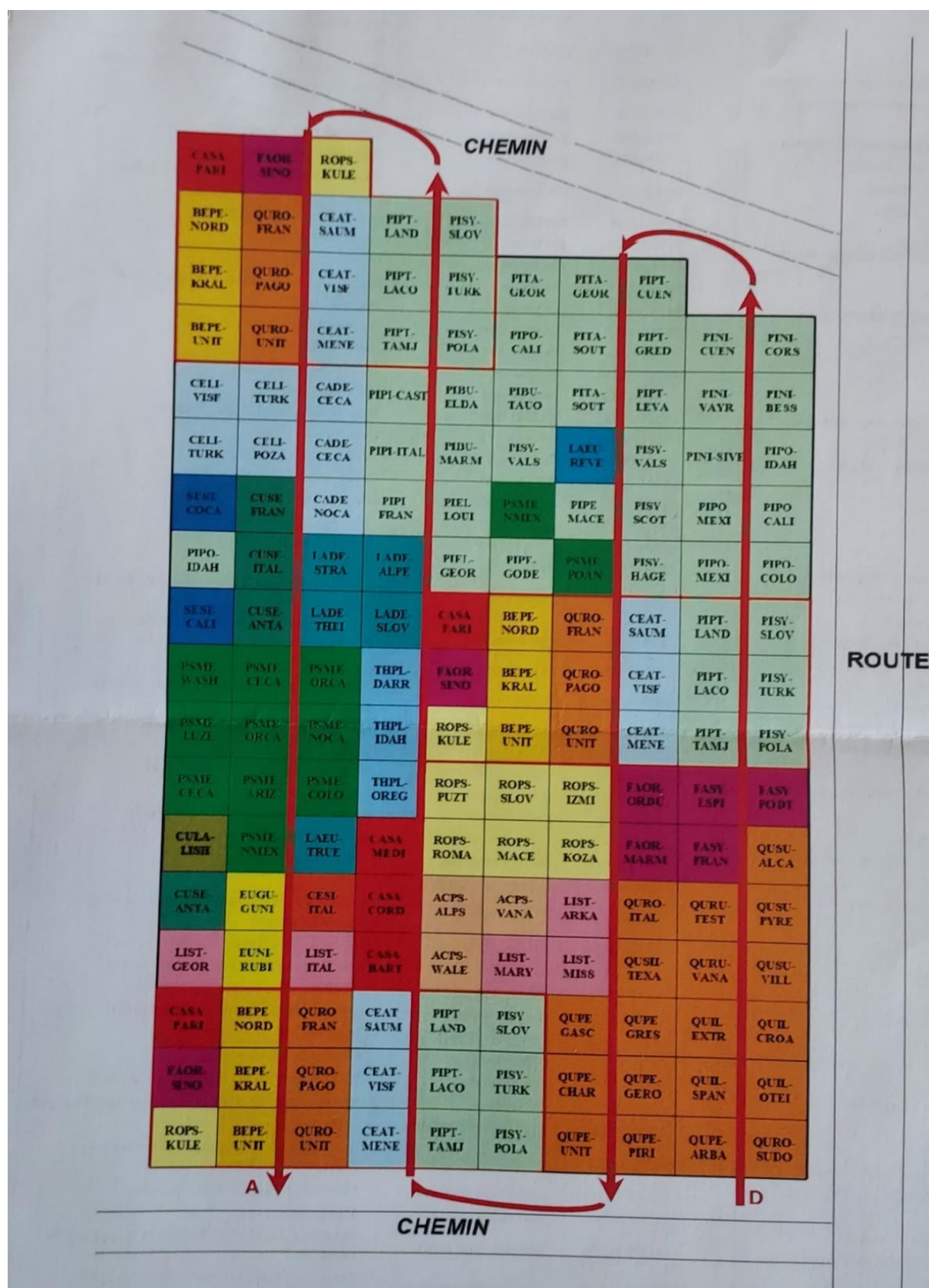
<https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/renseignements/sommaire/fwi>

Annexe 12 : Échelle de Beaufort

Force	Qualification	Vitesse du vent (km/h)	Effets à la surface du sol
0	Calme	<1	Les fumées montent verticalement et les feuilles des arbres ne bougent pas
1	Très légère brise	1 à 5	Les fumées se dissipent selon la direction du vent
2	Légère brise	6 à 11	Les feuilles se mettent à bouger et on ressent le vent sur le visage
3	Petite brise	12 à 19	Les drapeaux se mettent à flotter et les feuilles bougent
4	Jolie brise	20 à 28	La végétation et les branches de faible diamètre se courbent
5	Bonne brise	29 à 38	Cimes des arbres agitées
6	Vent frais	39 à 49	Le sifflement du vent se fait entendre et les branches de plus large diamètre commencent à s'agiter
7	Grand frais	50 à 61	Les arbres se balances et résistance ressentie lorsque l'on marche
8	Coup de vent	62 à 74	Les branches sont susceptibles de se casser et la progression face au vent est difficile
9	Fort coup de vent	75 à 88	Dégâts légers possible sur les infrastructures et habitations (ex : tuiles qui se détachent du toit)
10	Tempête	89 à 102	Dégâts importants sur les structures les moins résistantes, toits susceptibles de s'envoler, certains arbres déracinés
11	Violente tempête	103 à 117	Dégâts importants sur une vaste zone
12	Ouragan	>118	Catastrophe naturelle

Annexe 13 : L'arboretum de Chantecorps

Plan de l'arboretum de Chantecorps avec l'identifiant de chaque espèce en fonction de sa provenance



Liste des essences et des provenances présentes dans l'arboretum de Chantecorps

code	essence	provenance		
ACPS-ALPS	érable sycomore	AP5500 - Alpes Jura - France	PIPO-MEXI	pin à bois lourd
ACPS-VANA	érable sycomore	RIU, Montagne Navarre Pays Basque - Espagne	PIPO-OREG	pin à bois lourd
ACPS-WALE	érable sycomore	zone 30 - Pays de Galles - Royaume-Uni	PIPT-CUEN	pin maritime
BEPE-KRAL	bouleau verruqueux	Slovaquie	PIPT-GRED	pin maritime
BEPE-NORD	bouleau verruqueux	Nord - France	PIPT-LACO	pin maritime
BEPE-UNIT	bouleau verruqueux	zone 30 - Pays de Galles - Royaume-Uni	PIPT-LAND	pin maritime
CADE-CECA	calocèdre	centre Californie - USA	PIPT-LEVA	pin maritime
CADE-NOCA	calocèdre	nord Californie - USA	PIPT-TAMJ	pin maritime
CASA-BART	châtaignier	Bartin - Turquie	PISY-HAGE	pin sylvestre
CASA-CORD	châtaignier	cordillère centrale - Sierra de gredos - Espagne	PISY-POLA	pin sylvestre
CASA-GALI	châtaignier	Montañas y Mesetas Interiores de Galicia, Espagne	PISY-SCOT	pin sylvestre
CASA-MEDI	châtaignier	CSA741 - Région méditerranéenne - France	PISY-SLOV	pin sylvestre
CASA-PARI	châtaignier	CSA102 - Bassin Parisien - France	PISY-TURK	pin sylvestre
CEAT-MENE	cèdre de l'Atlas	CAT-PP-01 Menerbes - France	PISY-VALS	pin sylvestre
CEAT-SAUM	cèdre de l'Atlas	CAT-PP-003 Saumon - France	PITA-GEOR	pin taeda
CEAT-VISF	cèdre de l'Atlas	VIS - France	PITA-LOUS	pin taeda
CEU-ADAN	cèdre du Liban	Seed stand 1.2.249 Adana / Pozanti - Monts Taurus - Turquie	PITA-MISS	pin taeda
CEU-LEBH	cèdre du Liban	Haute altitude - Liban	PITA-SOUT	pin taeda
CEU-POZA	cèdre du Liban	seed stand N° 249 Pozanti, Monts Taurus, Turquie	PITA-VIRG	pin taeda
CEU-TURK	cèdre du Liban	Turquie	PSME-ARIZ	douglas vert
CESI-HVAR	caroubier	Ile HVAR - Croatie	PSME-CALI	douglas vert
CESI-ITAL	caroubier	Italie	PSME-CECA	douglas vert
CESI-SPAI	caroubier	Murcia - Littoral Méditerranée - Espagne	PSME-COLO	douglas vert
CEU-USH	cunninghamia	Lishu - Chine	PSME-LUZE	douglas vert
CEU-ANTA	cypres toujours vert	Koprulu canyon - Antalya - Turquie	PSME-NMEX	douglas vert
CEU-FRAN	cypres toujours vert	France	PSME-NOCA	douglas vert
CEU-ITAL	cypres toujours vert	var Pyramidalis - Italie	PSME-ORCA	douglas vert
EUGO-WIEL	eucalyptus globulus	Tasmanie - Australie	PSME-ORSI	douglas vert
EUGU-GUN1	eucalyptus gundal	France	PSME-POAN	douglas vert
EUNI-RUBI	eucalyptus nitens	Centre Rubicon - Victoria - Australie	PSME-WASH	douglas vert
FAOR-MARM	hêtre d'orient	région Marmara - Turquie	QUIL-CROA	chêne vert
FAOR-ORDU	hêtre d'orient	mer Noire - Ordu - Turquie	QUIL-EXTR	chêne vert
FAOR-SINO	hêtre d'orient	mer Noire - Sinop Ayancik - Turquie	QUIL-OTEI	chêne vert
FASY-ESPI	hêtre	Espinal, Navarra - Espagne	QUIL-SPAN	chêne vert
FASY-FRAN	hêtre	FSY102 Nord - France	QUPE-ARBA	chêne sessile
FASY-PODT	hêtre	Podtatranska - Slovaquie	QUPE-CHAR	chêne sessile
LA-ALPE	mélèze d'Europe	LDE 504-Alpes internes sud - France	QUPE-GASC	chêne sessile
LADE-SLOV	mélèze d'Europe	13152PT-032 Skalnica - Slovaquie	QUPE-GERO	chêne sessile
LADE-STRA	mélèze d'Europe	Straza - Slovénie	QUPE-GRES	chêne sessile
LADE-THEI	mélèze d'Europe	LDE-VG-001 Sudètes Le Theil - France	QUPE-PIRI	chêne sessile
LAEU-REVE	mélèze hybride	REVE-VERT	QUPE-UNIT	chêne sessile
LAEU-TRUU	mélèze hybride	Truust Danish seed orchard	QURO-FRAN	chêne pédonculé
LIST-ARKA	liquidambar	Central strip Pinnacle Mountains Arkansas, USA	QURO-ITAL	chêne pédonculé
LIST-GEOR	liquidambar	Géorgie - USA	QURO-PAGO	chêne pédonculé
LIST-ITAL	liquidambar	Castelleone, Lombardie - Italie	QURO-SUDO	chêne pédonculé
LIST-MARY	liquidambar	Maryland - USA	QURO-UNIT	chêne pédonculé
LIST-MISS	liquidambar	Mississippi - USA	QURU-FEST	chêne rouge d'Amérique
PIBU-CRIM	pin de Turquie	variété Eldarica Crimée	QURU-VANA	chêne rouge d'Amérique
PIBU-CYPR	pin de Turquie	Chypre	QUSH-TEXA	chêne de Shumard
PIBU-ELDA	pin de Turquie	variété eldarica - Turquie	QUSU-ALCA	chêne liège
PIBU-MARM	pin de Turquie	Côtes Marmara - Turquie	QUSU-PYRE	chêne liège
PIBU-TAUO	pin de Turquie	stand 1.2.26 Mersin - Gülnar - Pembecek - Monts Taurus - Turquie	QUSU-VILL	chêne liège
PICA-HOND	pin des Caraïbes	variété honduriensis - Colombie	ROPS-IZMI	robinier faux-acacia
PIEL-GEOR	pin d'Elliott	Géorgie - USA	ROPS-KOZA	robinier faux-acacia
PIEL-LOUI	pin d'Elliott	Louisiane - USA	ROPS-KULE	robinier faux-acacia
PINI-BESS	pin de Salzmann	Saint Guilhem Bessèges - Gard - France	ROPS-MACE	robinier faux-acacia
PINI-CORS	pin laricio	variété Corse PLO-VG-02 Corse Haute Serre VG - France	ROPS-PUZT	robinier faux-acacia
PINI-CUEN	pin de Salzmann	région 7b sud Cuenca - Espagne	ROPS-ROMA	robinier faux-acacia
PINI-SIVE	pin laricio	variété Calabre PLO-VG-02 Les Barres Sivers VG - France	ROPS-SLOV	robinier faux-acacia
PINI-VAYR	pin laricio	variété Corse PLO-VG-01 Sologne Vayrieres VG - France	SESE-CALI	séquoia toujours vert
PIPE-GODE	pin de Macédoine	Gotse Delchev - Bulgarie	SESE-COCA	séquoia toujours vert
PIPE-MACE	pin de Macédoine	Pelister National park - Macédoine	SESE-NOCA	séquoia toujours vert
PIPI-CAST	pin parasol	région 2 Valle del Tietar y del Alberche - Espagne	THPL-DARR	thuya géant
PIPI-FRAN	pin parasol	PPE-700-012 - Sainte Marie - France	THPL-IDAH	thuya géant
PIPI-ITAL	pin parasol	LNBS 17 Livorno - Toscane - Italie	THPL-OLYM	thuya géant
PIPO-CALI	pin à bois lourd	centre Californie - USA	THPL-OREG	thuya géant
PIPO-COLO	pin à bois lourd	plaines du Colorado - USA		
PIPO-IDAH	pin à bois lourd	Idaho - USA		
				southern rockies - Nouveau Mexique - USA
				Oregon - USA
				région 12 Serrania de Cuenca - Espagne
				région 6 Sierra de Gredos - Espagne
				Landes x Corse - France
				PPA-VG-006-Mimizan VF2 - France
				région 16 Levante - Espagne
				PPA VG-009-Tamjout - Collobrières VG (orig Atlas Maroc) - France
				PSY-VG-003 Haguenau Vayrieres VG - France
				PSY-VG-002 Taborz - Haute Serre VG (origine Pologne) - France
				Ecosse
				05554NO-003 - Slovaquie
				Erzurum-Ispir - Turquie
				région 10 Sierra de Guadarrama - Valsain - Espagne
				ga-5-2 coastal - Géorgie - USA
				Louisiane - USA
				Mississippi - USA
				SC-2-1 - zone Ba - Caroline du Sud - USA
				Virginie - USA
				variété Glauca - Arizona - USA
				PME-VG-06 Californie - USA
				centre Californie - USA
				Colorado - USA
				PME-VG-002 Luzette-VG - France
				New Mexico - USA
				Nord Californie - USA
				Oregon Cascade - USA
				Oregon Siskyou - USA
				Port Angeles Washington - USA
				Washington Cascade - USA
				Croatie
				subsp rotundifolia, Extremadure ES-45-11a Tietar - Espagne
				Oteiza, région 3 Alto Ebro - Pays Basque - Espagne
				Espagne
				E 05 Littoral Vasco-Navarro, Arbalan - Pays Basque - Espagne
				QPE311 Charentes Poitou - France
				QPE362 Gascogne - France
				Gironde - Poitou Charentes - France
				Gresigné - Gascogne - France
				région 7 Pirinero Navarro - Espagne
				Bristol - Royaume-Uni
				Sud-Ouest - France
				Italie
				E 05 Littoral Vasco-Navarro, Pagotea - Pays Basque - Espagne
				QRO361 - Sud Ouest - France
				New Forest Hampshire - Royaume-Uni
				QRU902 - Est - France
				région 3 Vasco-Navarra - Pays basque - Espagne
				Texas - USA
				Alcazar do sal - Portugal
				QSU761 Pyrénées Orientales - France
				région 3 Montes de Toledo-Villuercas - Espagne
				Izmir - Turquie
				Gorna Oryahovitsa, Bulgray - Kozarevets - Bulgarie
				Novi Pazar - Kyulevcha - Bulgarie
				Macédoine
				HU/RPOS-22-511057 Pustavacs (parcelle 2B) - Hongrie
				Carei Si Somesului - pplt : SC-0390-2/62A - Roumanie
				40511LV-21 - Slovaquie
				Coast California ZONE95 9193 095-10 - USA
				Coast California ZONE95 9312 095-10 - USA
				Northern Coast California ZONE92 4740 092-10 - USA
				Darrington, Washington - USA
				Idaho - USA
				Olympic Peninsula seed zone 221 - Washington - USA
				South of Oregon seed zone 262 - Oregon - USA

Annexe 14 : Compte-rendu de la première réunion IGN avec Jean-Daniel Bontemps

Participants : Bontemps Jean-Daniel (IGN), Dubois Antonin (EIFER), Rolland Charlotte (EIFER), Roy Lorraine (EIFER), Rabot-Querci Marie-Laure (EIFER)

Date de la réunion : 5 juin 2023

1. Débat clivé sur les pratiques de gestion à adopter
2. Aller plus loin sur la qualification des scénarii, c'est-à-dire commencer par analyser plus finement les scénarios et essayer de les regrouper en fonction de leur variable de commande (taux de prélèvement de l'accroissement naturel, taux de prélèvement du stock ou volume prélevé, ...)
3. 3 objectifs qui se dessinent et qui pourraient être intéressants :
 - 1 – Être sûr de ce dont on parle
 - 2 – Préciser et regrouper les variables
 - 3 – Mesurer l'incertitude des résultats ou leur pertinence
4. Le changement climatique n'est pas au centre des changements
5. BiCaFF est un projet un peu en marge des autres puisque ne se base que sur des peuplements purs
6. Point de vigilance sur le scénario de la SNBC car vite dépassé. Il serait bien de voir si la version étudiée est la plus récente. Demander des renseignements à Antoine Colin sur les dernières mises à jour (SNBC3)
7. L'impact du changement climatique va dépendre beaucoup de l'horizon. Sur quelques décennies par exemple, il ne va pas y avoir de modification significative du climat et des forêts. Par conséquent, il n'y a pas beaucoup d'impact sur les flux et le stock de bois. La seule exception correspond aux catastrophes naturelles de grande ampleur, qui pourraient causer d'un coup, de lourdes pertes, mais l'occurrence de tels événements est incertaine.
8. Il ne faut pas oublier la dynamique actuelle des forêts françaises qui induit un phénomène d'inertie qui va se prolonger malgré le changement des paramètres climatiques
9. Ce qu'il faut retenir, c'est que le changement climatique n'est pas ce qui va représenter la plus grosse menace pour les peuplements forestiers. En réalité le choix de la méthode de gestion impact beaucoup plus le développement et l'évolution des forêts, que le changement climatique
10. Malgré ce que l'on peut entendre sur la maximisation des puits de carbone, cela ne semble pas être une bonne option. Il faudrait mieux ne pas laisser un puits se densifier. En effet, une forêt mature est plus vulnérable à des événements extrêmes, tandis que renouveler les peuplements de sortes à conserver des forêts jeunes permet de mieux contrôler le stock de bois sur pied, donc le stock de carbone et donc mieux contrôler le risque (exposition aux risques quasi-proportionnelle au stock)
11. Maximiser un puits de carbone est suicidaire en forêt, car ce puit a plus de probabilités d'être détruit et donc libérer ce qu'il a emmagasiné

12. Cette problématique de maximisation des puits est corrélée au concept de densité-dépendance et de saturation des peuplements

13. L'évolution de la forêt française est rapide. Il y a encore aujourd'hui beaucoup de régénération naturelle au cours de laquelle le taux de sélection est violent, qui entraîne une adaptation génétique via la sélection naturelle. Par conséquent, la gestion est utile pour maintenir le renouvellement de la forêt et assurer sa régénération

14. La forêt française est la plus diversifiée d'Europe, elle constitue donc un réservoir génétique qui sous-entend une bonne capacité d'adaptation aux changements

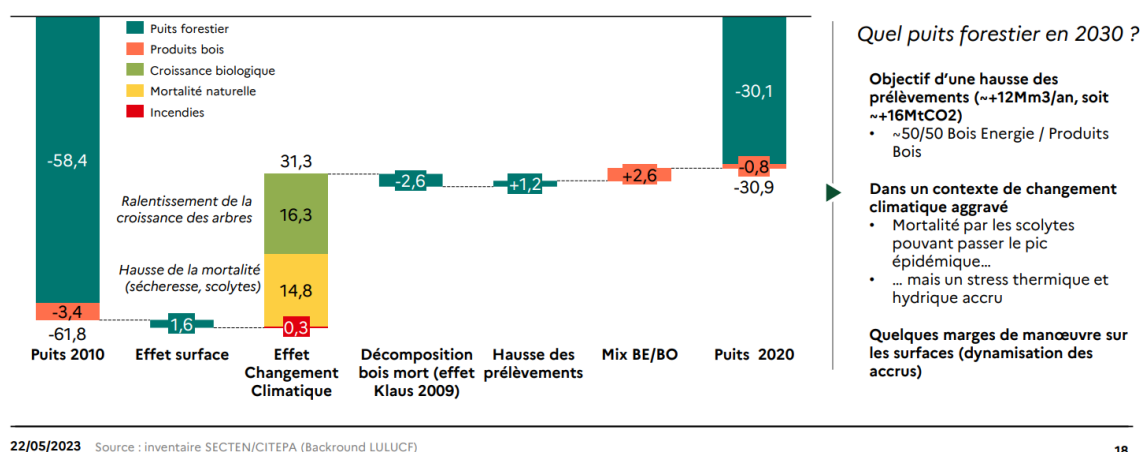
15. Une solution envisagée et testée est d'introduire et de cultiver des espèces exotiques. C'est une solution contestée par des mouvements écologistes. Sauf qu'il semblerait que le problème ne soit pas lié aux espèces exotiques, mais la façon dont on les gère. Le constat qui est fait est qu'à l'heure actuelle, nous ne savons pas introduire correctement des espèces parce que la gestion en peuplements réguliers souvent utilisée implique une trop grande compétitivité entre les plans d'arbres et donc un développement altéré

16. Eventuellement recenser les scénarios basés sur la naturalité

17. Attention au Citepa, les chiffres qu'ils présentent ne sont pas toujours correctes ou alors cachent des volontés politiques/écologistes. Pour éclaircir les doutes, notamment sur les articles publiés récemment sur Libération, poser la question à Antoine Colin. Certains chiffres paraissent peu crédibles comme la mortalité qui est surévaluée (10 fois moins élevée dans la réalité). La croissance semble elle aussi sur-estimée d'un facteur 2 (cf figure ci-dessous).

Le puits forestier a été divisé par deux depuis 2010

Décomposition du puits de carbone Forêt et Produit Bois, depuis 2010 (France Métropolitaine, MtCO₂e/an)



22/05/2023 Source : inventaire SECTEN/CITEPA (Background LULUCF)

18

18. De façon générale, se méfier des résultats/scénarios de la SNBC (parfois trop politiques, optimistes) et des études issues de labo du climat qui s'inscrivent souvent dans des logiques trop écologistes

19. Les sources les plus pertinentes : ADEME/IGN/INRAE -> objectivité

20. Un travail qui pourrait être intéressant serait d'évaluer le degré de neutralité des différentes études

21. Essayer de voir si un scénario type se retrouve dans les différentes études (des scénarios avec des tendances similaires)

Point échanges :

1. Mi-juin : Jean-Daniel va extraire les chiffres de l'IGN sur les différents flux en volume pour les comparer avec les résultats présentés dans les articles de Libération
2. 29 Juin de 10h à 12h : Point d'avancement /discussion
3. 13 juillet de 10h à 12h : Point d'avancement /discussion
4. Jean-Daniel est disponible la première quinzaine d'août pour un échange ou pour éventuellement relire/corriger/orienter la rédaction du rapport

Annexe 15 : Compte-rendu de la seconde réunion IGN avec Jean-Daniel Bontemps

Participants :

- Jean-Daniel Bontemps (IGN)
- Charlotte Rolland (EIFER)
- Marie-Laure Rabot-Querci (EIFER)
- Antonin Dubois (EIFER)

Date de la réunion : 29 juin 2023

I- Discussion sur la mortalité des arbres et précautions dans l'interprétation des chiffres

Cette discussion a été initiée pour avoir des éclaircissements sur la mortalité des arbres en forêt, qui est présentée comme très forte dans certains articles de presse ou des rapports (ex : le récent rapport de l'académie des sciences). Des graphiques sur le stock d'arbres mort et le taux d'arbres mort issu de l'IGN ont été présenté à Jean-Daniel pour qu'il apporte quelques éléments de compréhension pour y voir plus claire.

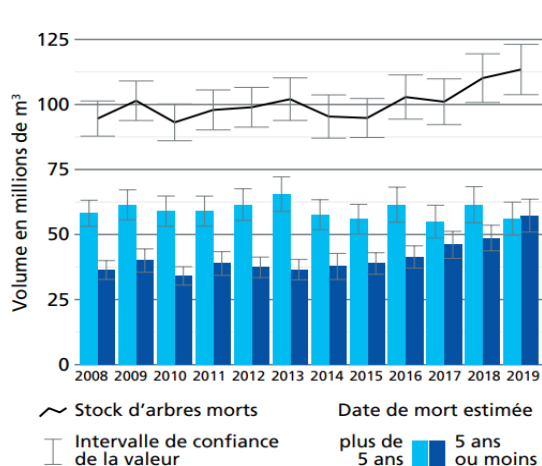


Figure 1 : Evolution annuelle du stock d'arbres morts sur pied (IGN, 2022)

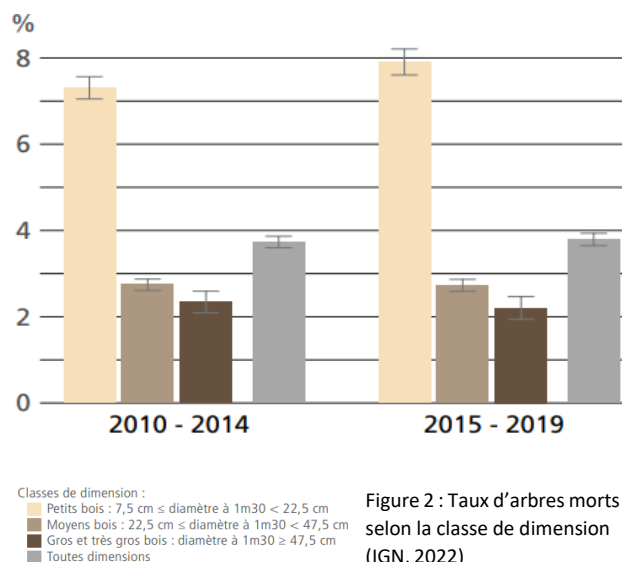


Figure 2 : Taux d'arbres morts selon la classe de dimension (IGN, 2022)

Analyse de la figure 1 :

- Les résultats en bleu foncé :
 - Les barres en bleu foncé représentent le flux de mortalité sur 5 ans (correspond à la périodicité des inventaires). Ce qui concrètement correspond aux nouveaux arbres morts sur pied qui ne l'étaient pas durant l'inventaire précédent
 - Il faut être prudent avec ces chiffres puisqu'ils ne représentent que la mortalité nette, c'est-à-dire que certains arbres morts ont probablement été prélevés par les gestionnaires forestiers avant le nouvel inventaire. Par conséquent, ces arbres ne sont pas comptabilisés
 - La mortalité observée est une mortalité „résiduelle“, donc les résultats sont probablement sous estimés. Ce n'est pas la mortalité instantanée

ou brute

- Jean-Daniel estime qu'il faudrait changer la façon dont l'évaluation de la mortalité est faite par exemple en réalisant 20% de l'inventaire par an plutôt que d'attendre tous les 5 ans pour en faire un, et aussi avoir des résultats un peu plus proches de la réalité à un instant t
- C'est un flux qu'on observe
- Les résultats en bleu clair :
 - Les barres en bleu clair représentent le stock d'arbres morts donc le volume d'arbres morts qui persiste d'un inventaire à l'autre : arbres qui étaient déjà observés morts en premier passage et encore observés morts après 5 ans (stock d'arbres morts qui restent dans les forêts)
 - La relative constance de ce stock d'arbres morts et l'augmentation du flux de mortalité montre l'augmentation des prélèvements et d'une certaine façon la réactivité des gestionnaires forestiers qui contribuent à maintenir ce stock constant. Cela montre aussi une forme de résorption rapide de la mortalité

Analyse de la figure 2 :

- L'inventaire ne prend en compte que les arbres dont le diamètre est supérieur à 7,5 cm dans des forêts „prouvées“
- Le taux de mortalité est plus élevé pour les arbres de faible diamètre principalement parce qu'il y a une sélection naturelle forte, liée à la densité-dépendance, dans les jeunes plantations
- Inventaire du bois mort au sol aussi (transects ou de façon qualitative (absence, un peu, beaucoup))

Réponse de Jean-Daniel sur les articles et les chiffres qu'ils avancent :

- Le taux de mortalité des arbres est actuellement faible et serait compris entre 0,1 et 1%. Les constats relatifs aux taux de mortalité sont très puissants (100, 500%) mais concerne un taux qui est à l'origine très faible comparé aux taux de production. C'est donc vrai qu'il y a une augmentation forte de la mortalité dans certains peuplements. Cependant, il faut garder à l'esprit que certes il y a une multiplication du taux de mortalité, mais sur des chiffres qui sont initialement très faibles. Le résultat est donc lui aussi faible pour le moment
- Il faut aussi nuancer cette hausse de la mortalité avec la dynamique de croissance des forêts qui est positive
- Le stock de bois reste la variable la plus fiable pour évaluer l'évolution des forêts

II- Echange sur les résultats du CITEPA sur le bilan carbone des forêts

La question posée portait sur des résultats qui diffèrent beaucoup entre le puits de carbone estimé par le CITEPA (Figure 3) et le stockage estimé par l'étude IGN-INRAE (Figure 4; A. Roux & al, 2020) sur la période 2016-2020, et donc sur ce qui peut expliquer les différences constatées.

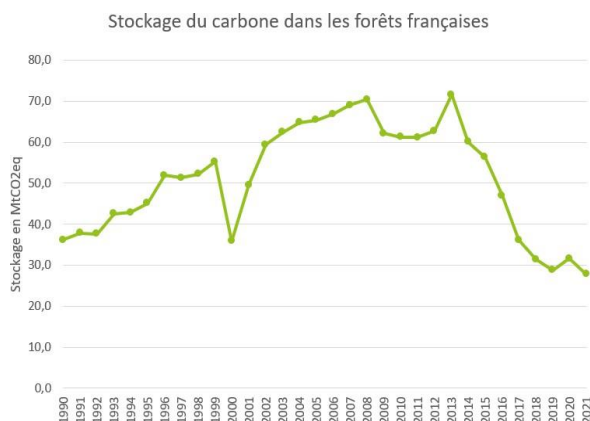


Figure 3 : Evolution du puits de carbone dans les forêts (Citepa, 2023)

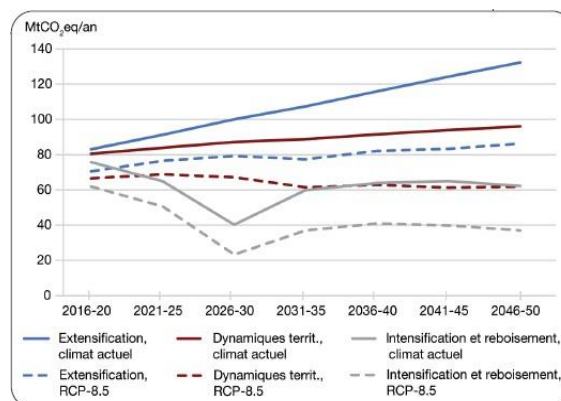


Figure 4 : Evolution du stockage dans les forêts (A.Roux et al, 2020)

1. Avec ces deux graphiques, il est déjà difficile de savoir quel type de puits il s'agit. Est-ce qu'il s'agit d'un flux net avec déduction des prélèvements ? D'un flux brut ? Ou d'un stock ?
2. Le flux net reste le plus simple à calculer et le plus fiable, car il dérive directement du stock de bois
3. Avec le CITEPA, il y a régulièrement des problèmes dans l'interprétation des chiffres puisqu'on ne sait pas réellement ce qui se cache derrière

Les résultats du CITEPA, avec une décroissance marquée, interpellent puisque le volume de bois sur pied est en croissance et n'a jamais été aussi élevé notamment en 2021 où il a atteint 2,8 Gm³. Donc il apparaît contradictoire que le puits de carbone suive une tendance inverse.

Il faut aussi être prudent avec les données de l'IGN. Une étude avec l'INRAE en 2017, a permis de réévaluer la densité du bois par essence, mais aussi en fonction du type de gestion (nouvelle base de données de la densité du bois et des volumes des forêts françaises) avec une analyse au rayon X sur des carottes de bois. La densité du bois est un élément essentiel pour l'estimation du stock de carbone forestier et il semblerait que les valeurs utilisées par le CITEPA datent du siècle dernier et ne sont pas aussi précises que celles utilisées par l'IGN. Dans une thèse de 2021, une analyse statistique a été menée pour voir l'évolution du stock et de la biomasse forestière avec les chiffres de l'IGN (Figure 5.2). Il ressort de cette analyse qu'il y a des intervalles de confiances conséquents, ce qui implique une certaine variabilité possible des résultats, d'une année à l'autre :

- De 2005 à 2013, la croissance est régulière, en marche d'escaliers ce qui est presque trop parfait/anormale (linéarisation des résultats)
- A partir des graphiques, on constate une volatilité des résultats
- 2014 et 2015 : diminution mais intervalle de confiance énorme
- Il y a un décrochage en 2017
- En 2007, la méthode d'analyse a changé
- 2019 : année statistiquement anormale, disqualifiée dans l'enquête publique, si les données sont lissées sur 5 ans : cette mauvaise année change toutes les autres enquêtes.

Sur le graphique à gauche, recherche d'une tendance du puits net de carbone mais aucun ralentissement du puits net trouvé (graphique à droite)

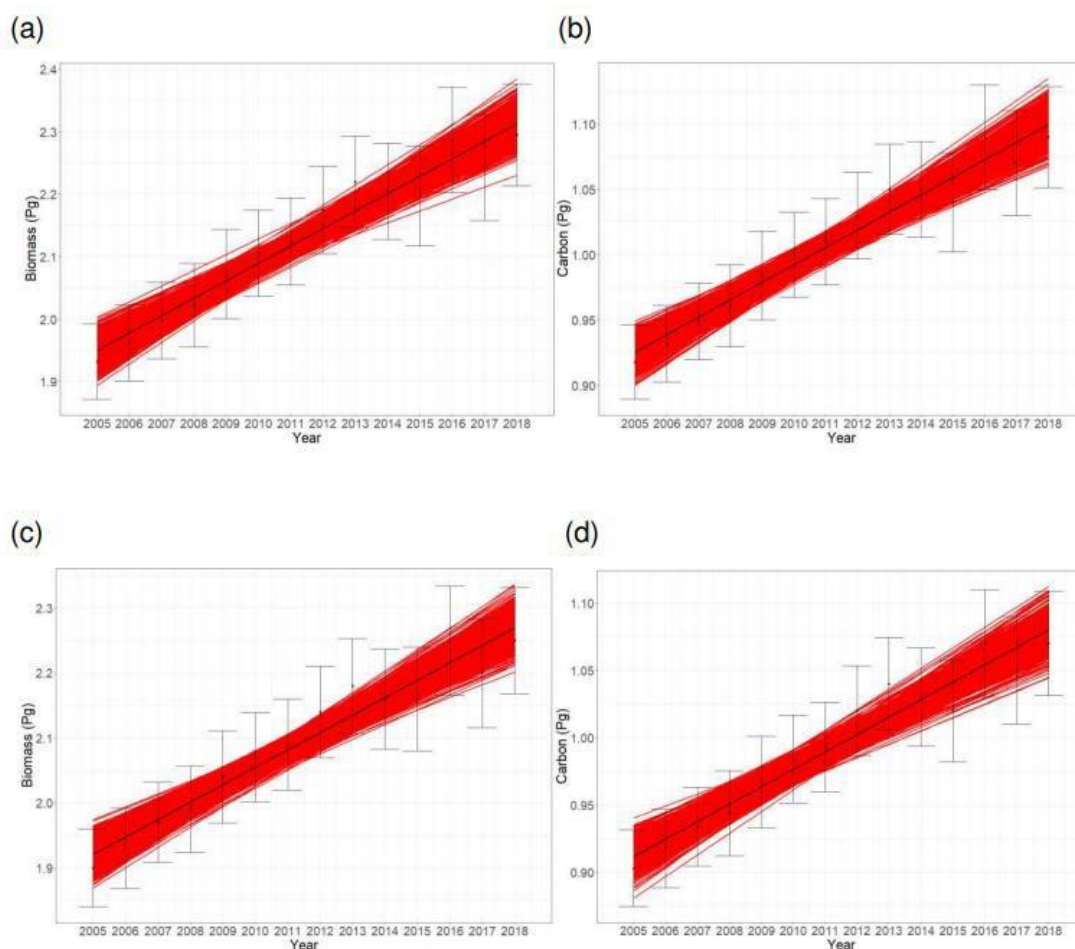


Figure 5.2: 1000 linear regressions between biomass (a and c) and carbon (b and d) stocks against time period (2005-2018) for M3 (a and b) and M4 (c and d). Each linear regression (in red) is performed for biomass or carbon stocks values randomize for each year in a normal distribution based on biomass or carbon stocks means (in black) and their respective standard deviations. M3 (wood density data: XDM, aerial volume estimation: Vallet), M4 (wood density data: XDM, aerial volume estimation: EMERGE).

Donc bien que l'IGN se base sur des données „observées“ issues de l'inventaire forestier, on constate une baisse de précision qui d'après Jean-Daniel peut être liée à plusieurs facteurs :

1. Une baisse des moyens attribués à l'IGN qui a des répercussions sur la précision des études : Baisse de l'effort d'échantillonnage à partir de 2013 dû à des coupes budgétaires.
2. La définition de la forêt très large qui joue sur la volatilité des résultats notamment du fait qu'une surface avec un taux de couverture de 10% soit considérée comme une forêt
3. Effet de seuil sur l'effort d'échantillonnage ? L'échantillon ne se fait pas toute chose égale par ailleurs : forêt privée met à jour le peuplement tous les 5 ans, pareil pour l'ONF.

Il n'empêche que la capitalisation du bois en France et en Europe est en hausse avec des niveaux historiques donc c'est surprenant de voir le stockage du carbone baisser. Les effets de substitution sont aussi à prendre en compte dans le bilan carbone de la forêt. Mais en conclusion, il faut se méfier du CITEPA, qui est une association à qui le gouvernement confie des missions d'intérêts publics alors qu'il y a des structures publiques comme l'IGN qui sont tout à fait capables de mener ce genre de travaux avec un regard plus neutre et objectif.

Attention : L'Académie des sciences commence à partir dans du buzz et plus dans le regard critique, notamment avec son dernier rapport (qui reprend des chiffres du CITEPA).

CITEPA : attention source pas très fiable. Polémique en 2010. Vrai problème en France de rapportage des données publiques sur le changement climatique.

III- Présentation de l'analyse comparative entre les différents scénarii prospectifs étudiés

Une analyse comparative des scénarii recensés (Figure 6) a été menée comme l'avait recommandé Jean-Daniel durant la précédente réunion :

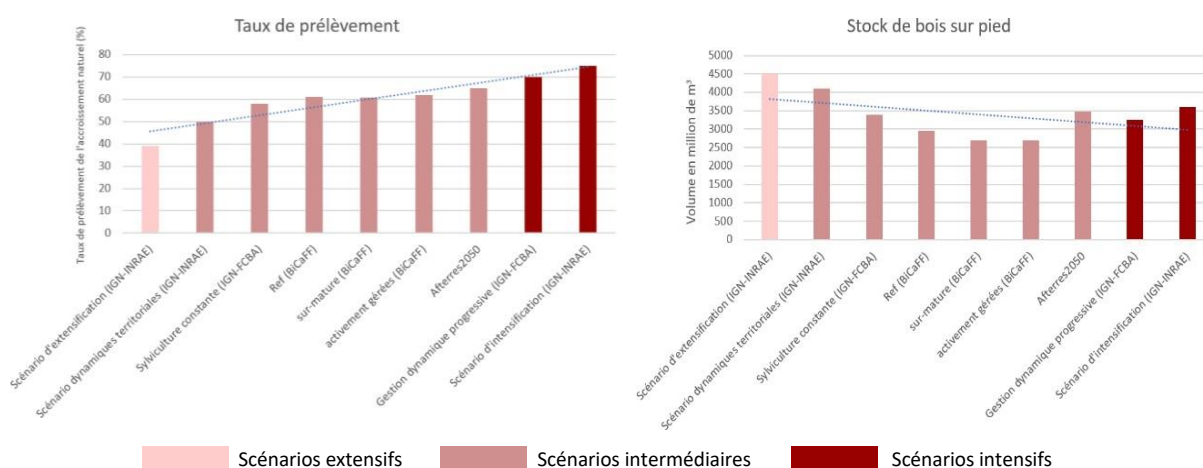


Figure 6 : Taux de prélèvement (a) et stock de bois sur pied (b) par scénario

- C'est rassurant de voir que les différents scénarios restent dans des fourchettes de 40 à 75% pour le taux de prélèvement, puisque ce sont des valeurs plausibles par rapport aux différentes hypothèses de gestion plus ou moins intensives. Les différentes études sont donc plutôt pertinentes
- Jean-Daniel s'attendait plutôt à une réponse en U concernant le stock de bois sur pied avec des stocks en hausse pour les scénarii intensifs. Il justifie cette attente par le fait que plus on prélève, plus la croissance est stimulée, car on réduit la pression liée à la densité des peuplements. Cette tendance ne s'observe pas ou peu, car pour les études de l'IGN, le modèle utilisé (modèle MARGOT) ne prenait pas encore la densité-dépendance en compte dans ses simulations.

Cette analyse entre scénarii a aussi été menée pour le bilan carbone de la filière forêt-bois, cependant, les résultats diffèrent énormément, avec des niveaux de précisions et de détails très différents. Les différences observées peuvent s'expliquer d'une part par la grosse incertitude concernant la quantification du carbone stocké ou évité au sein des différents compartiments de la filière forêt-bois. Une partie de l'incertitude provient de la durée de demi-vie des produits du bois et des effets de substitution.

- ➔ Voir le projet forest 21 (si publié) par Dennis Lousteau INRAE Bordeaux et les travaux de l'ADEME sur les durées de demi-vie
- ➔ Voir plus en détails quelles sont les hypothèses, au moins pour les scénarios de l'IGN, concernant le bilan carbone de la forêt

IV- L'effet biophysique du CO₂ sur l'accroissement du stock de bois sur pied

Dans le projet MOPROF, réalisé par l'IGN et publié en 2023, une projection de la productivité des forêts et du stock de bois a été réalisée jusqu'à l'horizon 2100. En plus d'intégrer des scénarii de gestion et climatiques, le projet prend en compte l'effet biophysique du CO₂. Cet effet se traduit par une augmentation de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère, qui induit une réduction de l'ouverture des stomates des feuilles des arbres et donc une baisse des pertes en eau pour l'arbre. Dans les simulations de MOPROF, cet effet joue un rôle significatif puisque ça prise en compte inverse certaines tendances et renforce la croissance du stock de bois (figure 35).

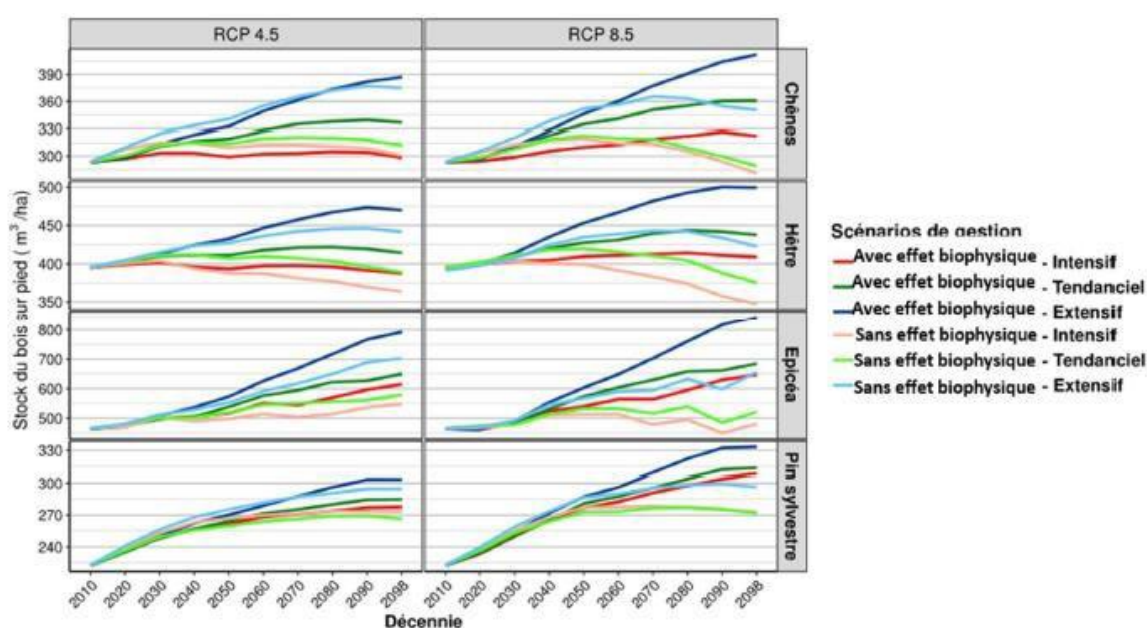


Figure 35 : Evolution du stock du bois sur pied à la fin de chaque décennie, simulé par CASTANEA selon les scénarios de gestion, les scénarios climatiques et l'effet biophysique du CO₂ et par espèces.

L'effet biophysique du CO₂ ne devrait pas être aussi significatif dans les milieux forestiers pour plusieurs raisons :

1. Cet effet a été établi sur des jeunes plants durant des expérimentations courtes, de quelques mois „seulement“ en environnement contrôlé
2. Des expérimentations in-situ sur des forêts adultes ont été menées aux Etats-Unis (FACE : free air carbone enrichment) et les résultats sont totalement différents par rapport à un environnement contrôlé. Une amélioration de la croissance est certes constatée, mais elle n'est que transitoire (3 à 4 ans avant acclimatation). Dans une autre étude, aucun effet n'a été constaté
3. Le facteur limitant pour la croissance des forêts n'est pas le carbone, mais l'azote des sols. Donc même en augmentant la concentration du CO₂ dans l'atmosphère, s'il manque d'autres éléments comme l'azote, il n'y aura pas d'effets biophysiques du CO₂ significatifs.

Remarques générales apportées par Jean-Daniel :

- Le bois mort au sol est surtout évalué de manière qualitative
 - Les forêts séquestrent entre 10 et 12% des émissions de CO₂
 - Dans le cas des forêts, le stock de bois constitue un capital de risque avec une forte vulnérabilité aux aléas climatiques
 - Naturalité des forêts = Faire des forêts des décharges de carbone à ciel ouvert qui peuvent brûler. Est-ce qu'il ne vaut pas mieux de dédier certains espaces à de l'agriculture biologique plutôt qu'à des exploitations forestières par exemple ?
 - „Les écolos sont des idiots utiles“ pour l'industrie : à force de trop mettre en avant les problèmes de la forêt (qui n'en sont pas toujours), ils en cachent d'autres pour le plus grand bonheur de certains acteurs industriels.
 - Grande incertitude sur les modèles climatiques : est-ce qu'il y a eu de réels progrès ?
 - Les modèles forestiers peuvent-ils être pertinents s'ils se basent sur des scénarios climatiques qui eux-mêmes sont incertains ?
 - Peut-être changer la façon de construire nos scénarios : plutôt chercher des plancher pessimistes/sans regrets comme le font les pays nordiques. Sinon demander plus de budget pour accélérer la recherche et le développement de nouveaux modèles
 - Les leviers de gestion restent significatifs pour l'évolution des forêts même dans des scénarios climatiques défavorables
 - Il faut des stratégies pour l'adaptation au CC. Plus vous avez de capital forestier plus vous consommez de l'eau, plus vous avez de risque. Il faut maintenir ce capital à un niveau modéré, mais puisque la forêt pousse il faut prélever.
- ⇒ La seule chose que l'on sait c'est que l'on ne sait rien.