

Observatoire forestier des montagnes de l'Ain

Réserve Naturelle Nationale de la Haute Chaîne du Jura

3^e comptage

1. Contexte

1. Le dispositif
2. Mode opératoire (*protocole, exploitation des données...*)
3. Caractères topographiques et contexte local

2. Flux de matière - Evolution des différents compartiments de bois

1. Bois vivant
 - a) *Capital*
 - b) *Composition en essences*
 - c) *Structure*
2. Bois mort
3. Indicateurs de biodiversité

3. Evolution des flux de bois

1. Comparaison de la production et des prélèvements

4. Avenir de la forêt

1. Régénération
2. Approche climatique
3. Grands enseignements et perspectives



Contexte



Contexte

Dispositif

2 vols LIDAR sur les
montagnes de l'Ain

Vol photogrammétrique

2008

2015

2024

- Installation d'un réseau de placettes permanentes de suivi des espaces forestiers (PSDRF) sur la RNNHCJ*, en forêt privée et publique (→ 279 placettes installées)
- Simultanément la Charte Forestière de Territoire du Haut-Bugey se dote d'un réseau de placettes de suivi de ses forêts (forêt publique uniquement).

- 278 placettes recomptées en RNNHCJ
- 1 placette non retrouvée
- Enrichissement du dispositif sur tout le territoire forestier des CDDRA* Haut-Bugey, Genevois Français et Pays du Bugey (forêt publique + forêt privée)
→ 738 placettes au total pour 125000 ha suivis
- Modélisation de variables dendrométriques grâce aux vols LIDAR (calibrés par les placettes).

- 277 placettes recomptées en RNNHCJ
- 1 placette non retrouvée
→ 8665 ha suivis
- Participation au financement par le Conseil départemental de l'Ain
- Participation au financement assurée par le Commissariat à l'aménagement, au développement et à la protection du massif du Jura, conformément à l'article 8 de la convention avec la RNNHCJ.
- Ajout d'un protocole pour estimer la sensibilité de la végétation à la propagation des incendies
- Modélisation de variables dendrométriques grâce aux vols photogrammétriques (calibrés par les placettes).

Positionnement des placettes:

Les points d'inventaire ont été positionnés de façon aléatoire selon une grille à maille carrée de dimension variable selon la strate, de façon à obtenir un minimum de 20 placettes par strate. Sur la Réserve, le réseau est ainsi composé de 8 strates, correspondant à 7 unités de gestion identifiées dans le plan de gestion de la Réserve, et d'une 8^e pour le reste des forêts de la réserve.

Ces placettes ont été positionnées sur le terrain à l'aide de GPS (Garmin ou Trimble). Le centre de ces placettes a été repositionné a posteriori à l'aide du LIDAR.

Opérateurs:

Les placettes ont été mesurées en 2008, 2015 et 2024 par les personnels de la RNNHCJ et de l'ONF.

Personnels 2024:

Pivots: Daphné Schloesser(RNNHCJ), Martin Daviot (RNNHCJ), Valentin Banon (Apprenti ONF)

Opérateurs: RNNHCJ: Emma Gornet, Paul Gasnier

ONF: Alésia Lafon, Antoine Bally, Etienne L'Huillier, Geoffrey Bequerel, Karine L'Huillier, Lilou Thill, Ludovic Rocchia, Médéric Tabart, Sandrine Girod, Sébastien Gardoni, Sébastien Parizel (Apprenti), Caroline Calatayut (Apprentie), Valentin Simon, Maxime Dagand, Sébastien Sinoquet

Coordination: Daphné Schloesser (RNNHCJ), Johann Rosset (RNNHCJ), Fabrice Gallet (ONF), Sébastien Sinoquet (ONF)

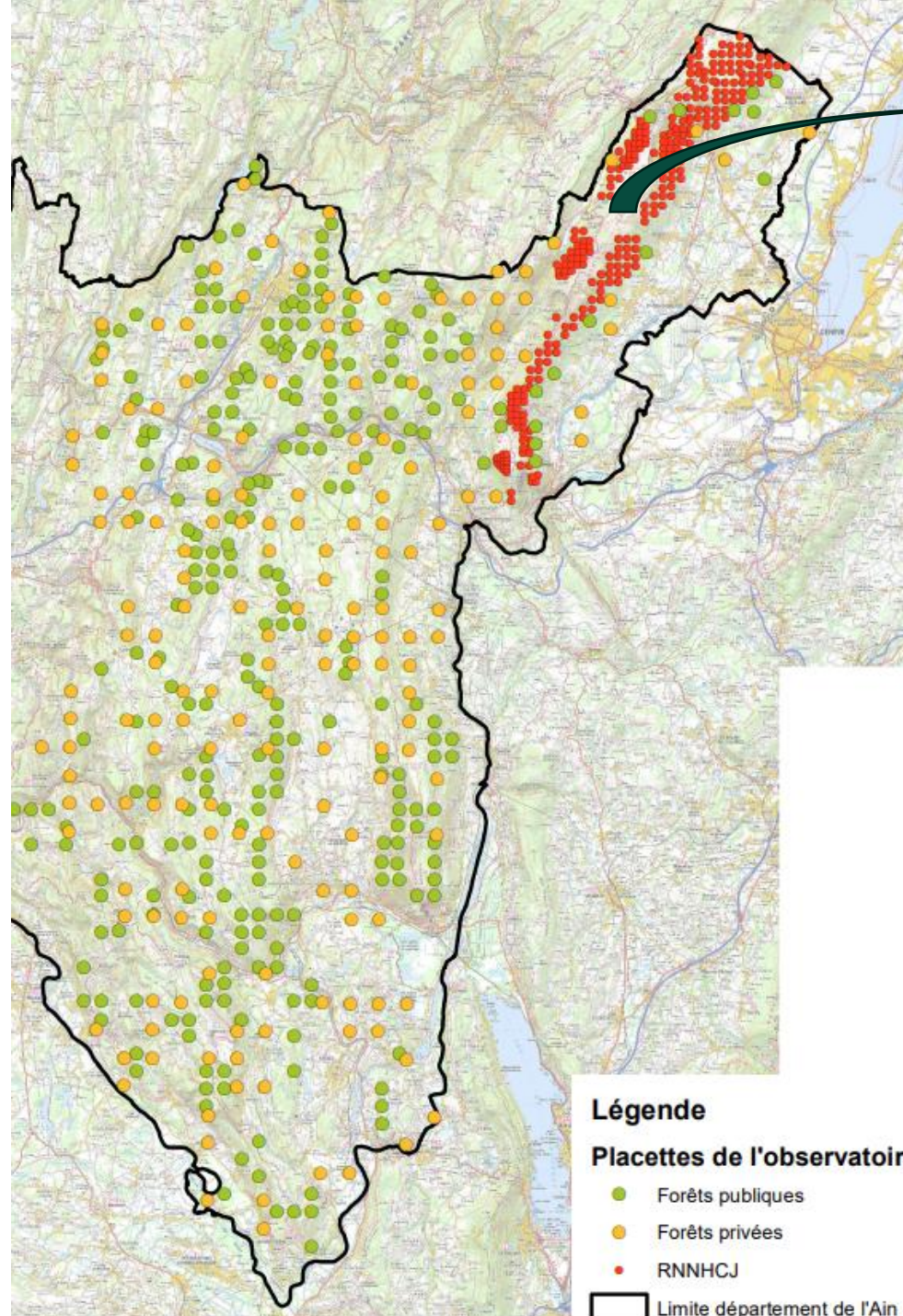
Traitement des données: Arnaud Hedel (ONF), Stéphane Dumas (ONF), Sébastien Sinoquet (ONF)

Analyse des données et rédaction du présent rapport: Sébastien Sinoquet, 28/10/2025

Contexte

Dispositif

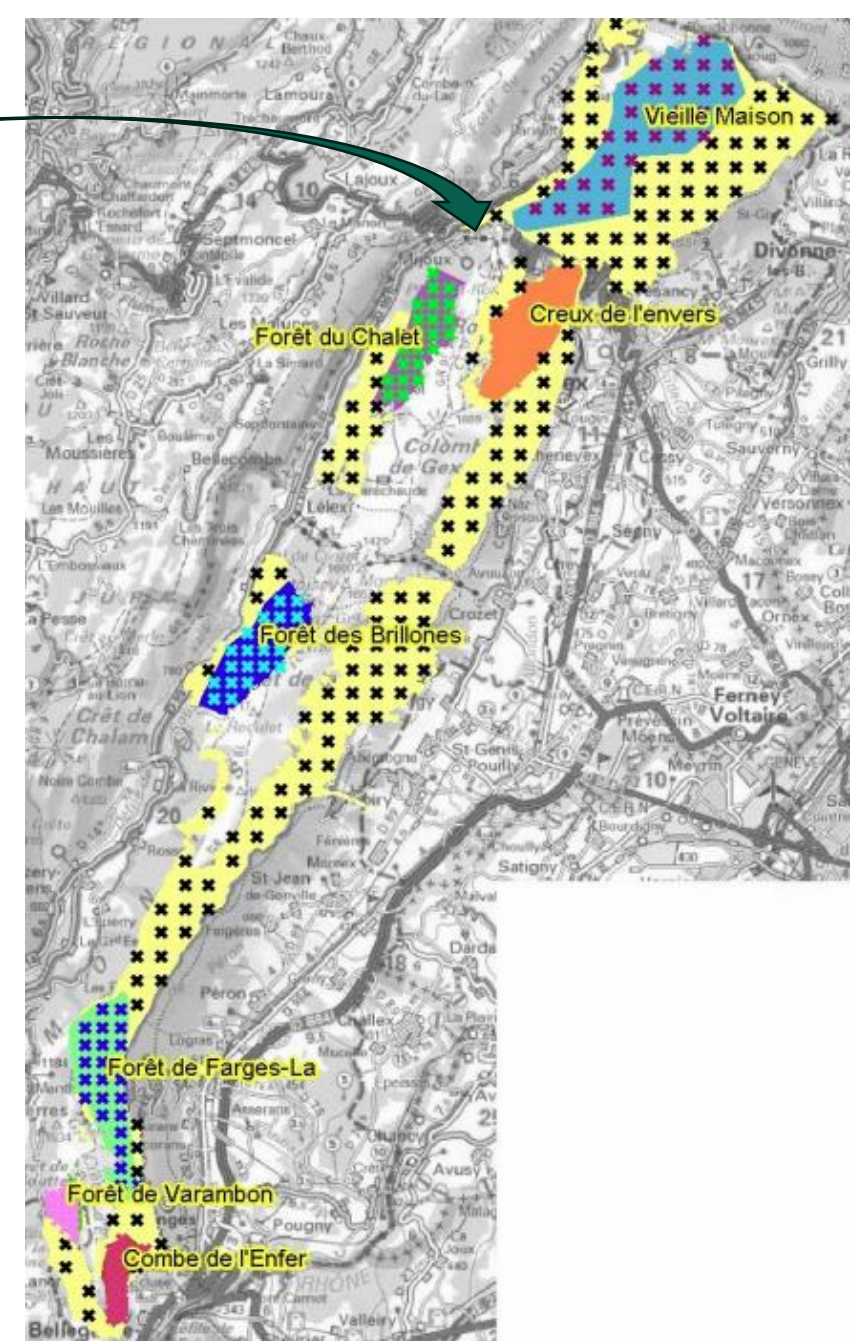
Localisation des placettes
de l'Observatoire
Forestier de l'Ain avec
ZOOM sur les placettes
situées dans la Réserve
Naturelle Nationale de la
Haute Chaîne du Jura
(RNNHCJ)



Légende

Placettes de l'observatoire

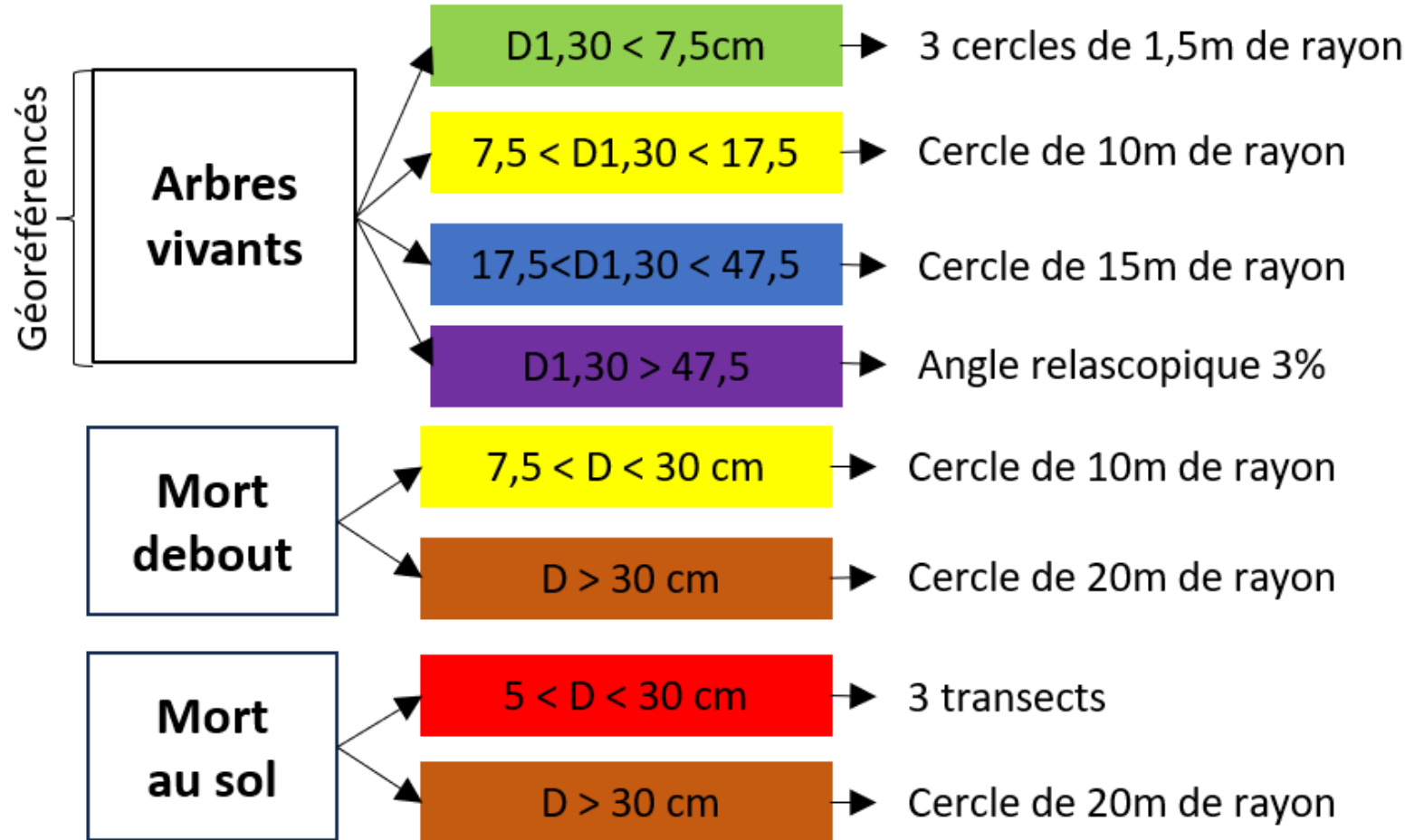
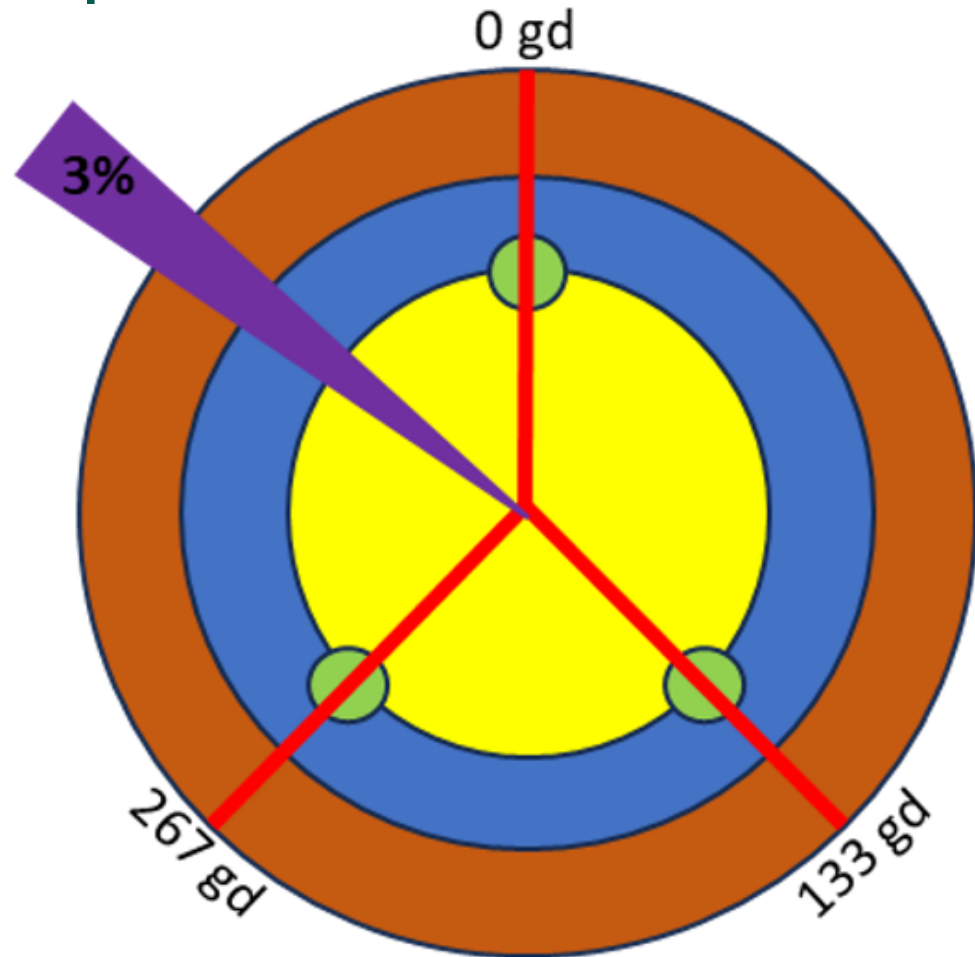
- Forêts publiques
- Forêts privées
- RNNHCJ
- Limite département de l'Ain



Contexte

Mode opératoire

Protocole



Basé sur le « protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières » (**PSDRF**)

Avec quelques adaptations aux problématiques locales (suivi de la myrtille, de l'intensité d'exploitation...)

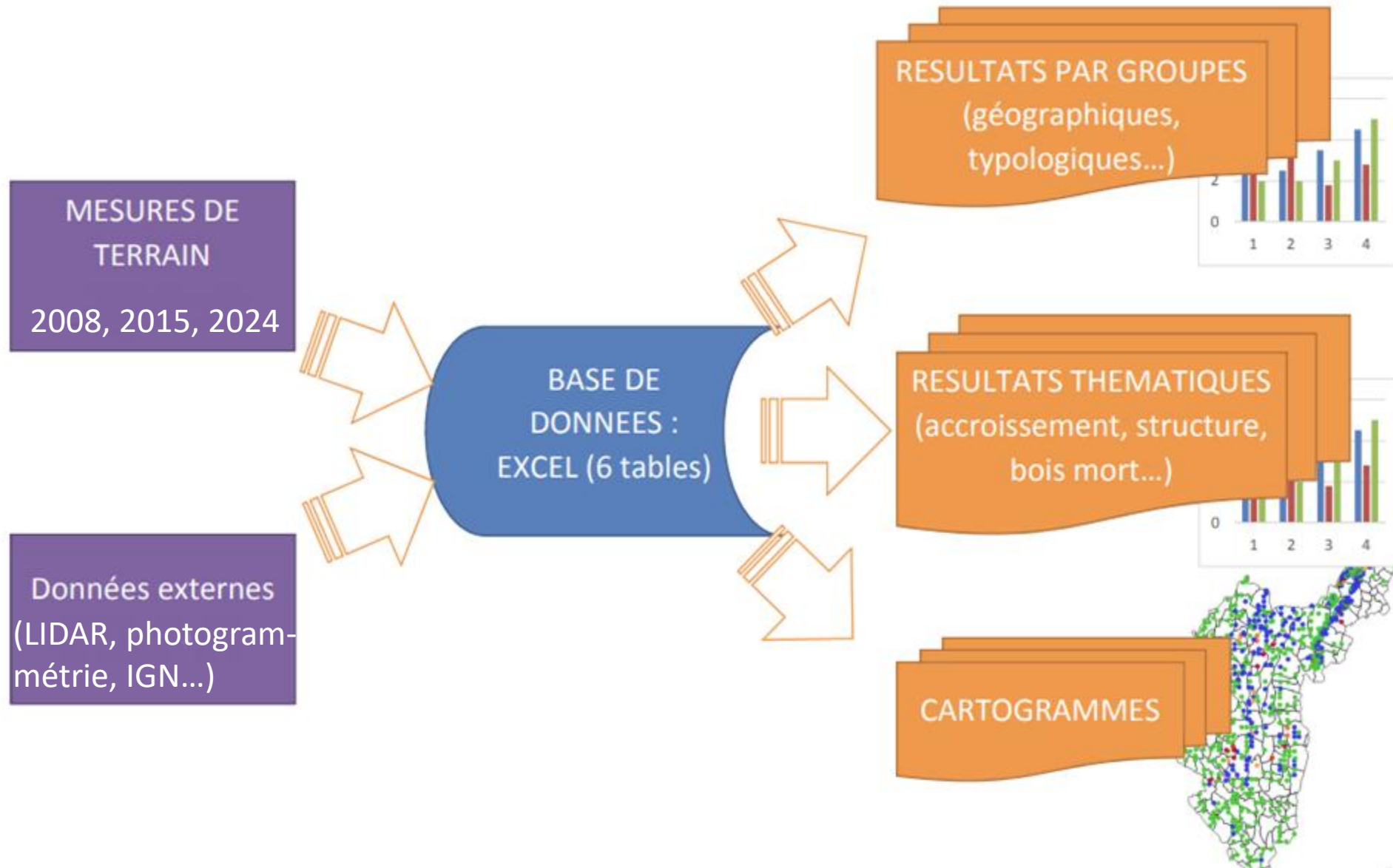
(protocole détaillé en Annexe 11)



Contexte

Mode opératoire

Exploitation des données



Contexte

Mode opératoire

Strates d'analyse:

Strates	Surface (ha)	Nb Placettes	Altitude moyenne	Définition
RNNHCJ	8665	277	1174	Ensemble de la Réserve (alti mini: 633m; alti max:1668m)
Brillonnes	424	22	1332	Découpages géographiques sur la Réserve. Les strates Brillones, Chalet, Farges, Varambon et Vieille Maison sont des "zones tétras". <i>NB: La strate "Combe de l'Enfer" n'est pas représentative car ne concerne que 3 placettes .</i>
Chalet	345	22	1414	
Combe de l'enfer	24	3	1214	
Creux de l'envers	462	21	953	
Farges	516	23	1276	
Varambon	94	20	1416	
Vieille maison	1096	28	1373	
autre	5704	138	1114	
Privé	1980	59	1209	Distinction des placettes suivant leur propriété (publique ou privée)
Publique	6685	218	1164	
Alti 750m	917	25	778	Répartition des placettes par tranches d'altitude: 125m au dessus et en dessous de chaque tranche)
Alti 1000m	2456	69	1009	
Alti 1250m	3711	113	1280	
Alti 1500m	1581	70	1403	
Pas d'exploitation	2845	86	1200	Répartition des placettes par gradient d'exploitation (défini en 2024): Pas d'exploitation: Aucune trace d'exploitation en 2024 Exploitation ancienne: Traces d'exploitation (souche, piste...) ayant plus de 10 ans. Exploitation récente: Traces d'exploitation ayant moins de 10ans
Exploitation Ancienne	3895	129	1171	
Exploitation récente	1925	62	1142	
Peuplement Feuillu	2086	58	1057	Répartition des placettes suivant leur composition en essences (défini en 2024): Peuplement feuillu: (Surface terrière résineuse) < 30% Peuplement résineux: (Surface terrière résineuse) > 70% Peuplement mixte: 30% <(Surface terrière résineuse)<70%
Peuplement Résineux	3171	118	1254	
Peuplement Mixte	3408	101	1171	
Irrégulier	5667	178	1182	Répartition des placettes suivant la distribution de la surface terrière des arbres du peuplement (moyenné sur les 3 cycles): Irrégulier: Coefficient Gini >= 0,31 Régulier: Coefficient Gini < 0,31
Régularisé	2998	99	1158	



Contexte

Définitions et abréviations

RNNHCJ: Réserve Naturelle Nationale de la Haute Chaîne du Jura

CDDRA: Contrats de Développement Durable Rhône-Alpes

PSDRF: Protocole de Suivi dendrométrique des Réserves Forestières

DendroMicroHabitat (DMH): Singularité morphologique portée par un arbre et qui est utilisée par des espèces parfois hautement spécialisées, au moins durant une partie de leur cycle de vie. Ils constituent des refuges, des lieux de reproduction, d'hibernation, et de nutrition cruciaux pour des milliers d'espèces.

Surface régénérée: Un plateau est considéré comme régénéré lorsqu'il y a plus de 2 semis (hors recouvrement) sur le plateau.

Remarque : Un plateau peut ne pas être régénéré pour une essence mais l'être sur la totalité du plateau.

Prélèvement = Mortalité + Récolte (en m²/ha/an)

Passage à la futaie: nb/ha/an de perches (<17.5cm) passant à la catégorie « petits bois » (>17.5cm). Cet indicateur donne une idée du recrutement des futurs arbres de place.

Coefficient Gini: Coefficient qui permet de mesurer la distribution de la surface terrière des arbres dans un peuplement. Si tous les arbres ont une surface terrière similaire, structure régulière, Gini < 0,31. Et inversement si les surfaces terrières sont hétérogènes (Gini > 0,31 → Structure irrégulière).

Si l'on a n arbres avec des diamètres $D_1, D_2, \dots, D_n$, triés par ordre croissant :

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |D_i - D_j|}{2n^2 \bar{D}}$$

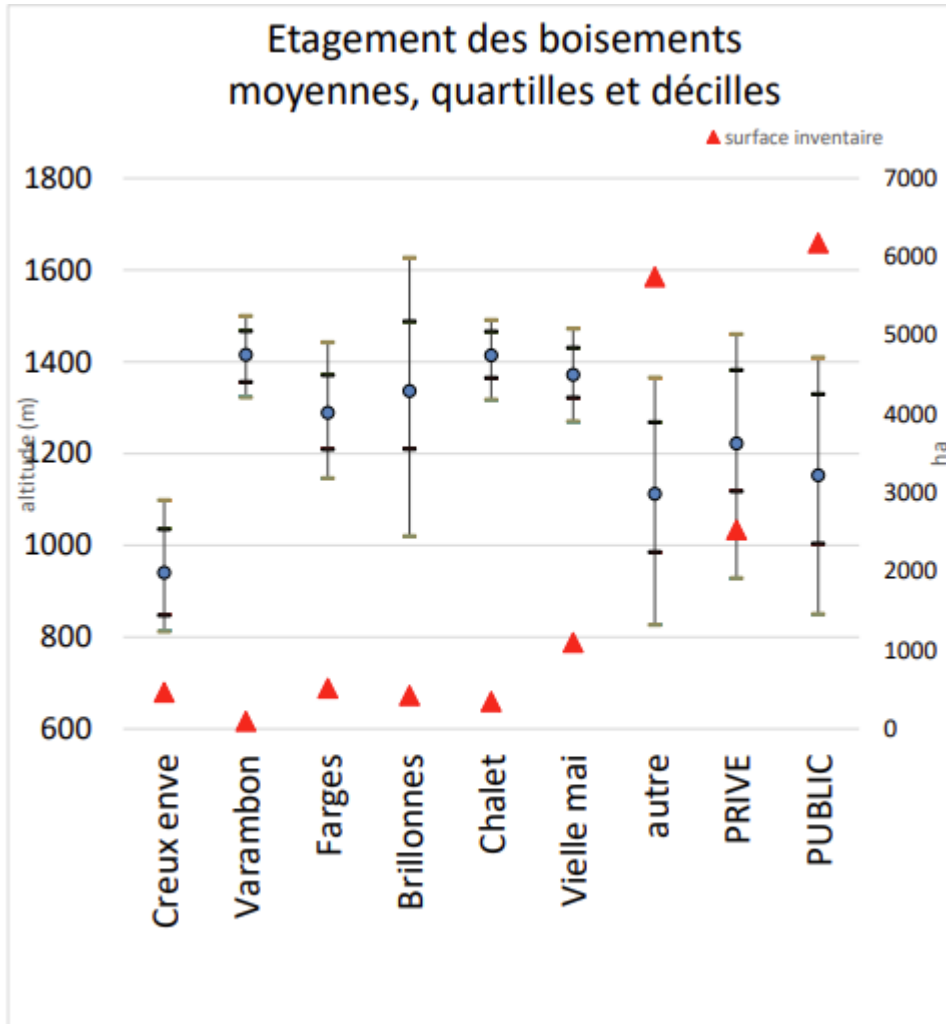
où :

- D_i = diamètre de l'arbre i
- $\bar{D}$ = diamètre moyen du peuplement



Contexte

Caractéristiques topographiques



	Altitude (m)	Pente (%)	TPI	Irrad. (w/m²/j)
Privée	1209	41	0,31	4841
Publique	1164	42	0,28	4062

👁 Un TPI (Index de Position Topographique) élevé est lié à des sols plus secs.

👁 L'irradiation (W/m²/j, ici en juillet) correspond à l'énergie lumineuse reçue, sans effet de nébulosité

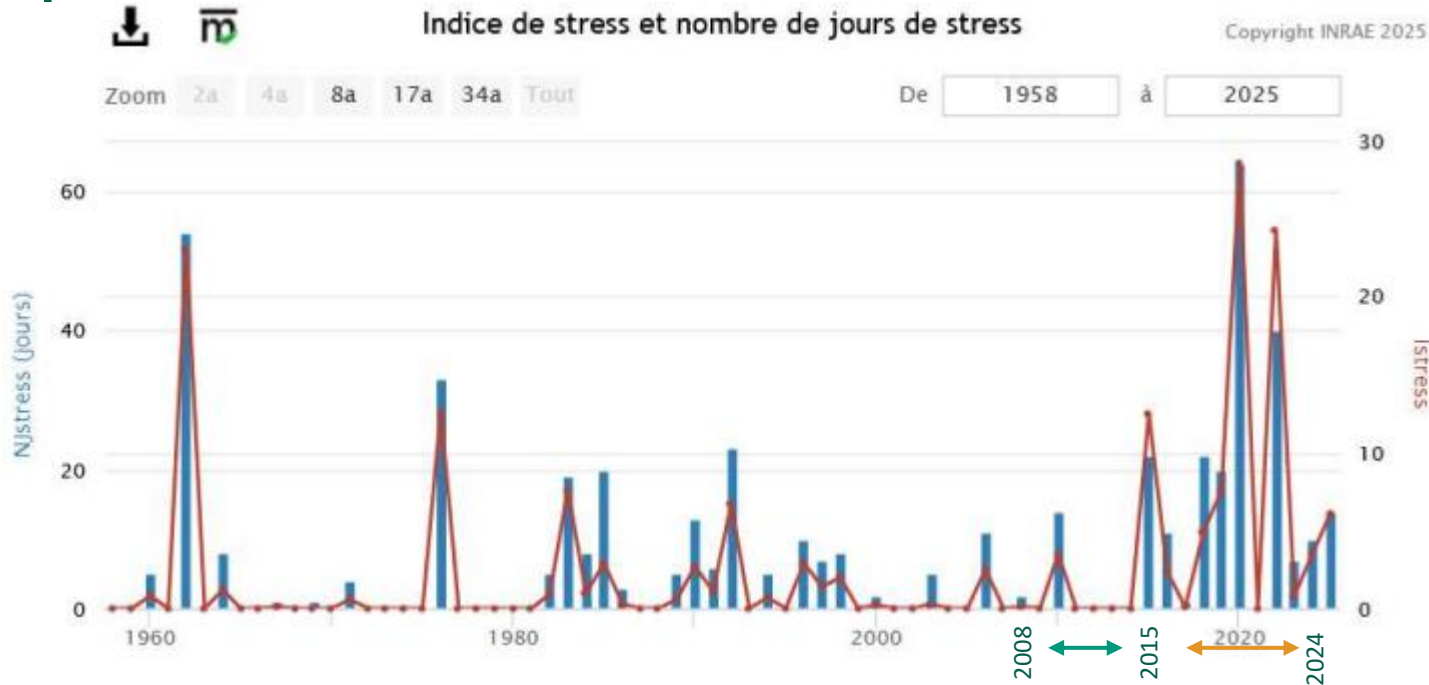
- La forêt privée bénéficie d'expositions plus chaudes
- Elle est située en moyenne plus en altitude

Contexte

Contexte local

←→ Période 2008-2015

←→ Période 2015-2024



- Période 2008-2015 propice à la production forestière (peu de périodes de stress)
- Période 2015-2024: Récurrence d'années avec des stress importants pour la forêt et la production biologique.

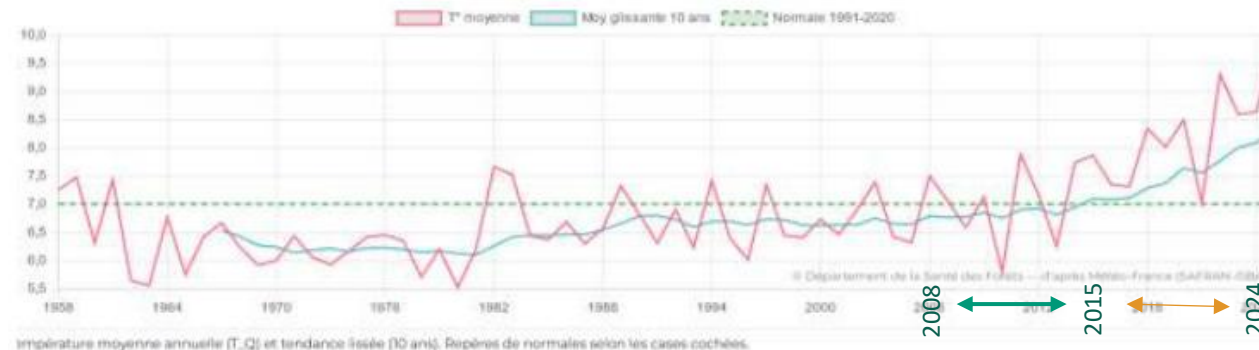
Ex:

- Parmi les 10 années avec le plus fort indice de stress hydrique depuis 1959, 6 ont eu lieu entre 2015 et 2024 (Cf Annexe 12)
- 4 années avec des températures élevées ($>30^{\circ}\text{C}$ au Tiocan (870m d'altitude)) et la température moyenne de la période est plus élevée.
- **Crise sanitaire** déclarée dans de nombreuses forêts sur le **sapin et l'épicéa**, notamment à cause des évolutions climatiques et de l'explosion des populations de scolytes (déperissements résineux importants).

Nombre de jours par an avec des températures supérieures (période 1959 à 2025)
Source base SAFRAN



Température moyenne annuelle et tendance lissée



Source: Logiciel INRAE Biljou au Tiocan

Contexte

Enjeux de ce comptage

- Le 3^e comptage est l'occasion de comparer les **évolutions d'accroissements et de prélèvements entre les périodes 2008-2015 et 2015-2024**. Cela devrait permettre d'appréhender les dynamiques des essences, pour essayer de comprendre les rapports de force entre les différences essences, notamment vis-à-vis des changements climatiques.
- Depuis 2018, la crise sanitaire sur le sapin et l'épicéa a entraîné des dépérissements importants. **Comment cette crise se traduit dans l'évolution du capital?** Où en est-on de la **ressource** pour la filière? Est-ce que certaines essences ont mieux réagi que d'autres?
- Comment ont-évolué les **stocks de bois mort**?
- Comment réagit la forêt? Est-ce que le hêtre continue de prendre de l'importance dans la **régénération**? Le passage à la futaie est-il impacté? Qu'en est-il de l'impact du gibier sur la régénération?
- Quel pourcentage de **placettes sont en inconfort climatique** (*au sens des indicateurs du modèle IKS- ClimEssences*)?



Flux de matière – Evolution des différents compartiments de bois

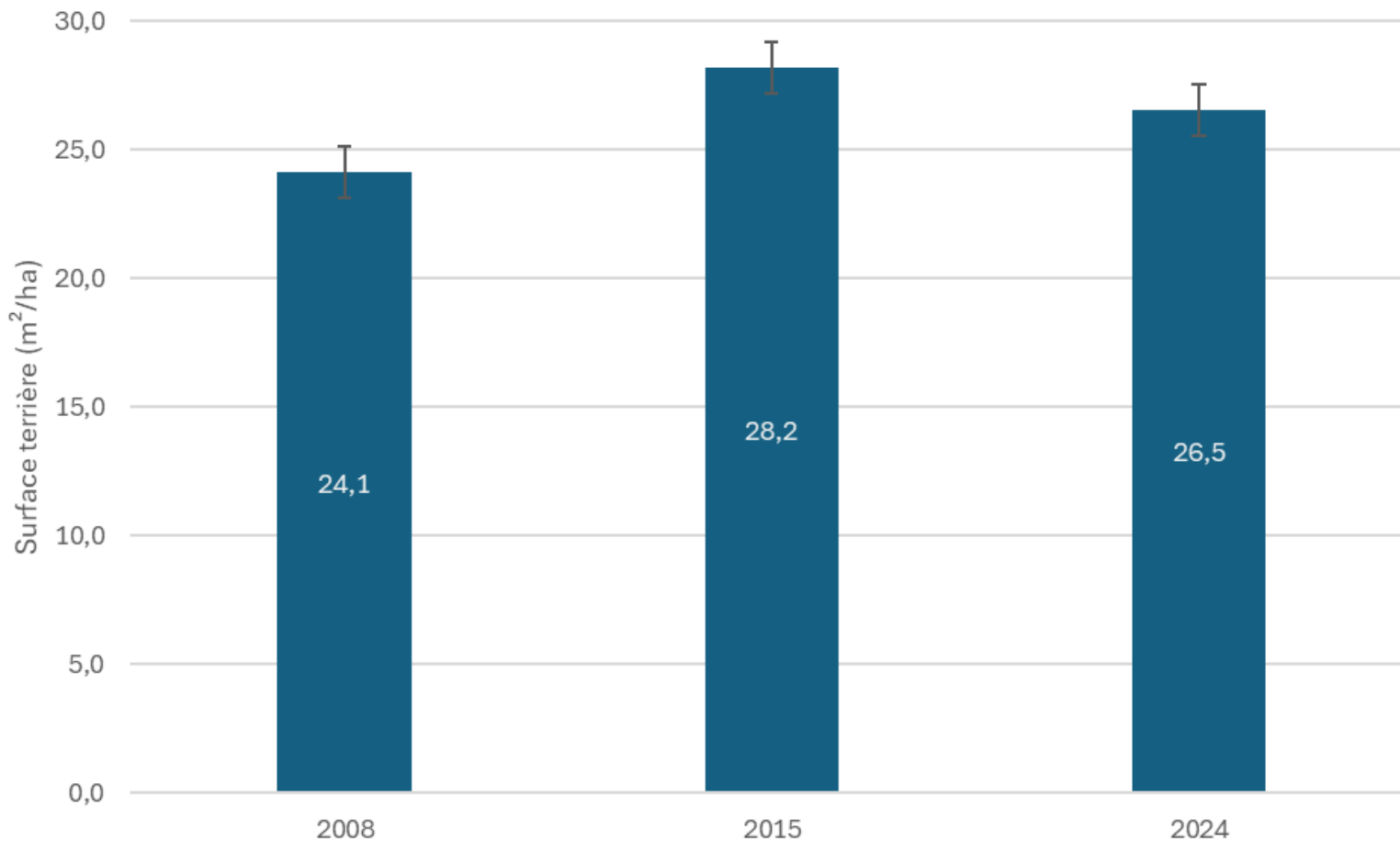
Bois vivant



Bois vivant

Capital

Evolution de la surface terrière à l'échelle de la RNNHCJ



- **Nette augmentation de la surface terrière entre 2008 et 2015**
 - Conditions climatiques favorables à une bonne croissance végétale
- **Diminution entre 2015 et 2024**
 - Températures à la hausse, plusieurs épisodes de sécheresse, crise sanitaire (épidémie de scolytes)
- Le capital dans la Réserve est supérieur aux autres secteurs des montagnes de l'Ain (Cf Rapport complet)
- On peut aisément supposer que **la crise sanitaire a joué un rôle dans la diminution de la surface terrière entre 2015 et 2024**. Néanmoins, la surface terrière de 2024 reste toujours supérieure à l'état initial (2008).

Remarque: La crise sanitaire a débuté en 2018 dans les montagnes de l'Ain. On peut supposer que jusqu'en 2018, la production était meilleure qu'après 2018.

Bois vivant

Capital

Réduction du capital dans toutes les strates

Forêt publique/ Forêt privée

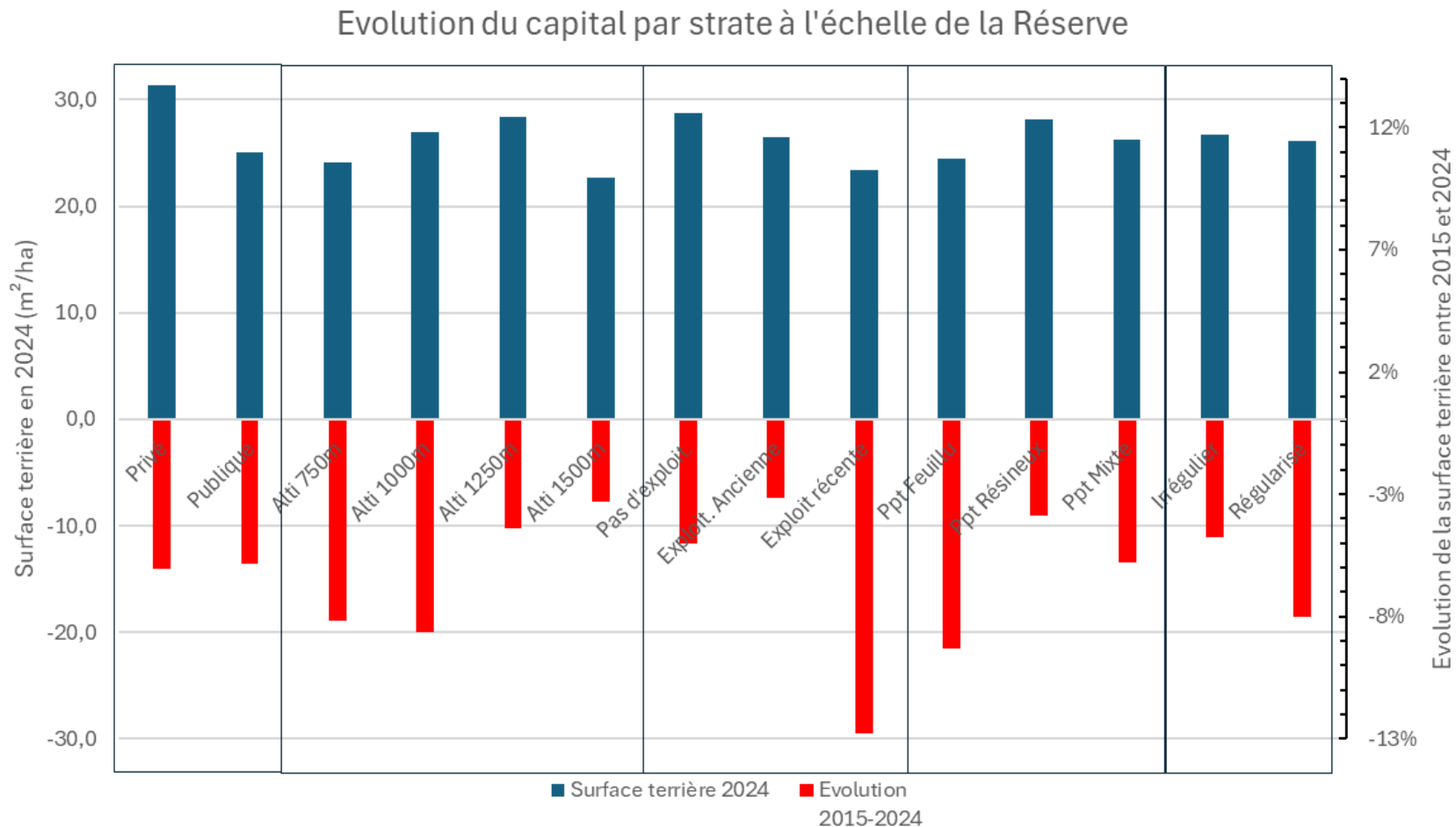
Le capital reste plus élevé en forêt privée qu'en forêt publique → avec la micro-propriété, l'exploitation forestière est souvent moins importante en forêt privée.

Altitude

La réduction de la surface terrière a été moins importante au-dessus des 1000m.

Exploitation

Diminution du capital marquée dans les zones exploitées récemment



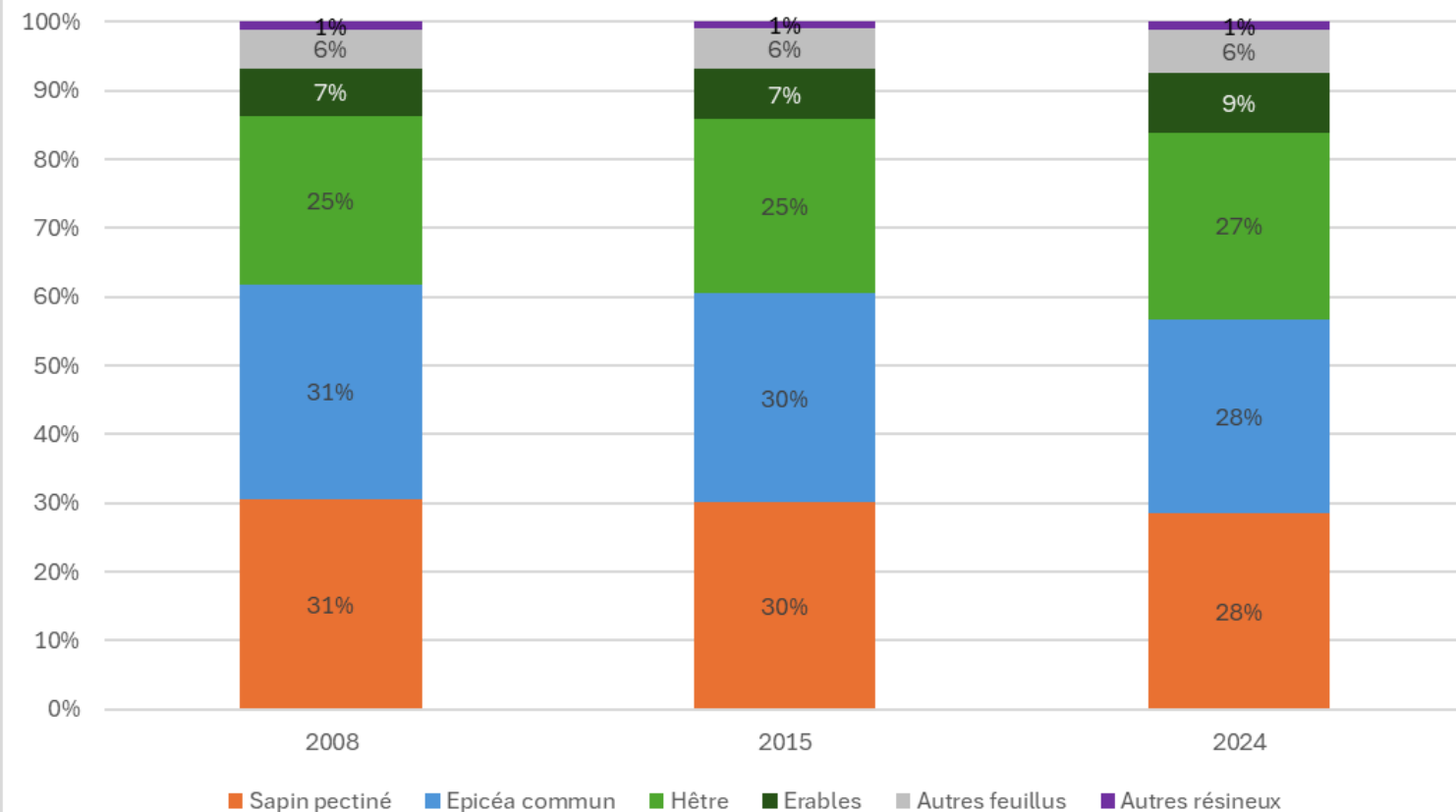
Voir le tableau complet des surfaces terrières en **Annexe 1**.

La réduction de surface terrière est marquée sur l'ensemble de la Réserve, ce qui sous-entend l'**effet d'un phénomène à large échelle**, peu influencé par les différentes caractéristiques des strates (ex: changement climatique).
Néanmoins, on constate des **dynamiques nuancées en fonction des strates**. En effet, cette réduction semble **plus intense dans les zones exploitées et à basse altitude** (*effet de la crise climatique ? Impact des exploitations?*)

Bois vivant

Composition en essences

Evolution de la composition en essence en proportion dans la RNNHCJ



- **Réduction de la part des résineux et augmentation de celle des feuillus.**

La baisse de surface terrière n'a pas été homogène. Elle a touché principalement le sapin pectiné (-2%) et l'épicéa commun (-2%).

Cette diminution confirme l'impact de la crise climatique.

Malgré ces dépérissements, l'épicéa reste la seconde essence représentée à l'échelle de la Réserve.

Conséquence: Augmentation de la proportion de hêtres (+2%) et d'érables (+2%).

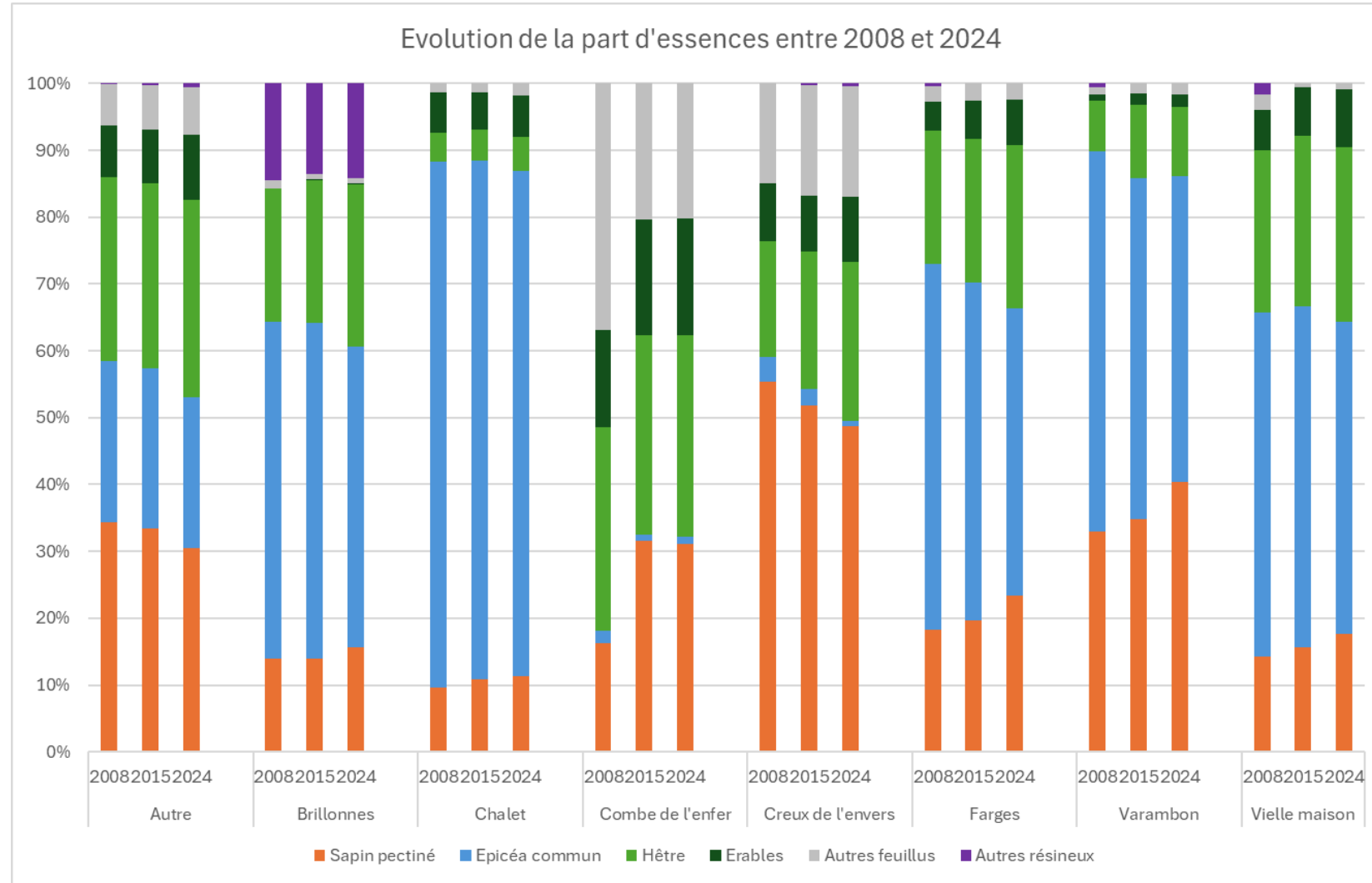
Bois vivant

Composition en essences

Strates Réserve

- Les différentes strates géographiques de la Réserve ont des **compositions très différentes**.
- **La part d'épicéas diminue partout**, ce qui confirme l'impact de la crise **climatique**.
- Dans les « zones tétras » (Brillonnes, Chalet, Farges, Varambon, Vieille Maison), on constate une augmentation continue de la part de sapins depuis 2008, contrairement aux autres secteurs.

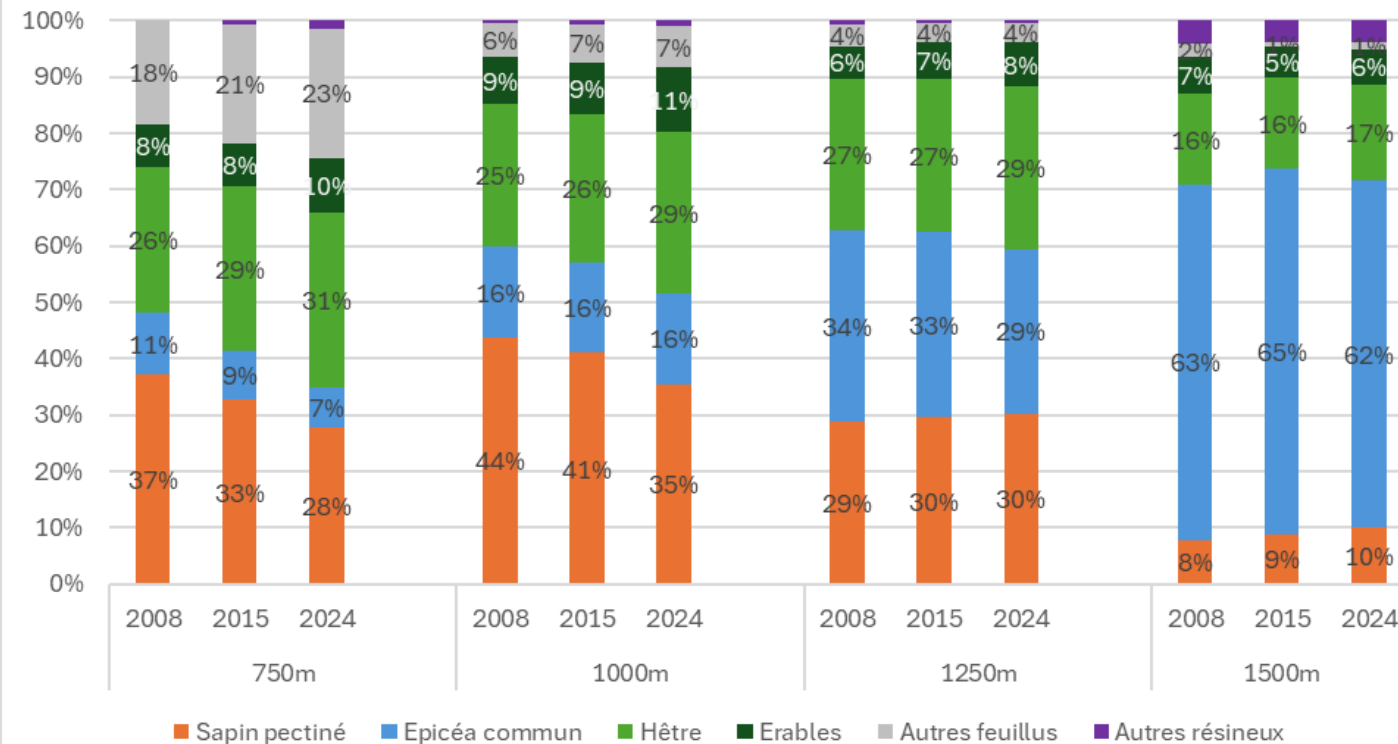
La gestion appliquée en faveur de l'habitat du grand tétras semble porter ses fruits? Ou simple effet de l'altitude?



Bois vivant

Composition en essences & Altitude

Evolution de la composition en essence par strate d'altitude entre 2008 et 2024



Altitude

- **Quelque soit l'altitude, les feuillus prennent de plus en plus d'importance dans la composition en essence**; la remontée des feuillus en altitude continue.
- **La part d'épicéas diminue partout.** Elle stagne autour des 1000m d'altitude. L'altitude n'a pas de lien direct avec la baisse de capital de l'épicéa
→ *Les attaques de scolytes se feraient de manière indifférente à l'altitude dans la RNNHCJ?*
- Sous 1000m d'altitude, la part de sapin pectiné réduit depuis 2008. Elle augmente à plus haute altitude. **Le sapin a donc tendance à monter en altitude**, effet direct du changement climatique.

Bois vivant

Composition en essences & Altitude

Essence	Altitude moyenne 2024 (m)	Evolution 2008-2015 (m)	Evolution 2015-2024 (m)
Pins	1493	42	2
Epicéa	1282	-4	6
Hêtre	1148	-7	3
Grands érables	1131	-13	1
Sapin	1125	9	22
Feuillus précieux	1030	-17	2
Autres feuillus	1016	-1	4
Autres résineux	1000	-45	-12
Espèces arbustives	937		0
Douglas	849		0
Chêne	789	-4	-7
Charme	777		
Feuillus durs	633	0	0

Evolution de l'altitude moyenne de chaque essence à l'échelle de la RNNHCJ

Altitude moyenne de chaque essence

(pondérée par la surface terrière)

- Les pins ont l'altitude moyenne la plus élevée (1493m). Il s'agit des pins à crochet.
- Les épicéas ont une altitude moyenne assez élevée (1282m).
- Autour des 1130m, on trouve l'étage du hêtre, de l'érable et du sapin.

→ Ces essences du montagnard sont montées en altitude depuis 2015 (+20m de moyenne pour le sapin).

- Dessous, on trouve davantage de feuillus. Leur dynamique est moins claire du fait de leur moindre présence sur la Réserve.

Remarque: Ces évolutions d'altitude moyenne sont des phénomènes relativement lents (+ ou - 5m en moyenne sur ces 10 dernières années). Ils sont certainement influencés par le climat mais aussi par la gestion forestière.

Bois vivant

Composition en essences & Exploitation forestière

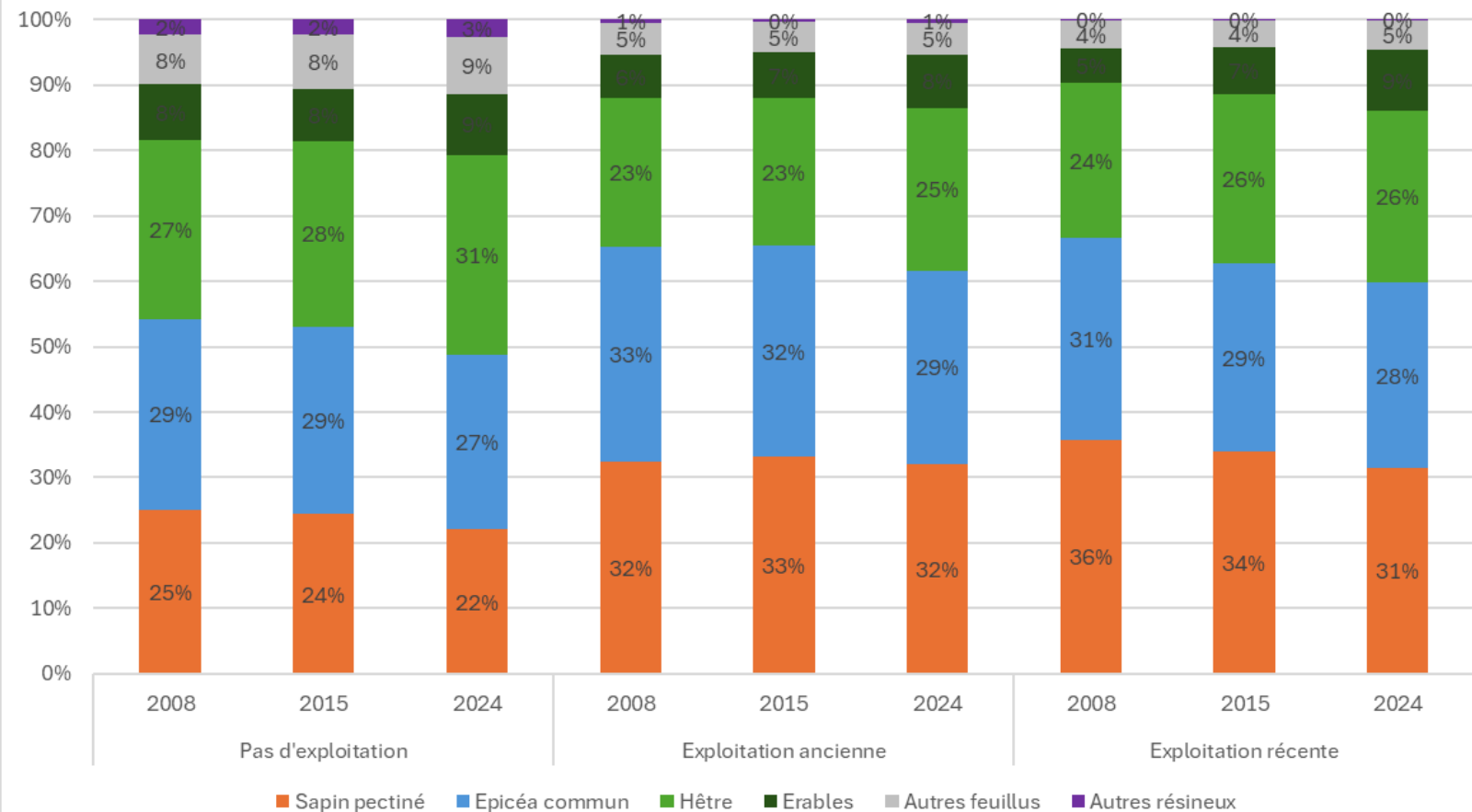
Gradient d'exploitation

- La proportion de sapin et d'épicéa diminue également dans les zones non exploitées
- La part de feuillus augmente partout.
- Parmi ces feuillus, les érables prennent de plus en plus d'importance en comparaison au hêtre, en particulier dans les zones exploitées récemment.

Est-ce que cette réduction de la surface terrière de hêtre dans les zones exploitées récemment est due à une exploitation préférentielle des hêtres par rapport aux autres essences (bois de chauffage?)?

Ou alors les hêtres qui ont été mis en lumière à la suite des exploitations dépérissent davantage?

Evolution de la composition en essences suivant le gradient d'exploitation

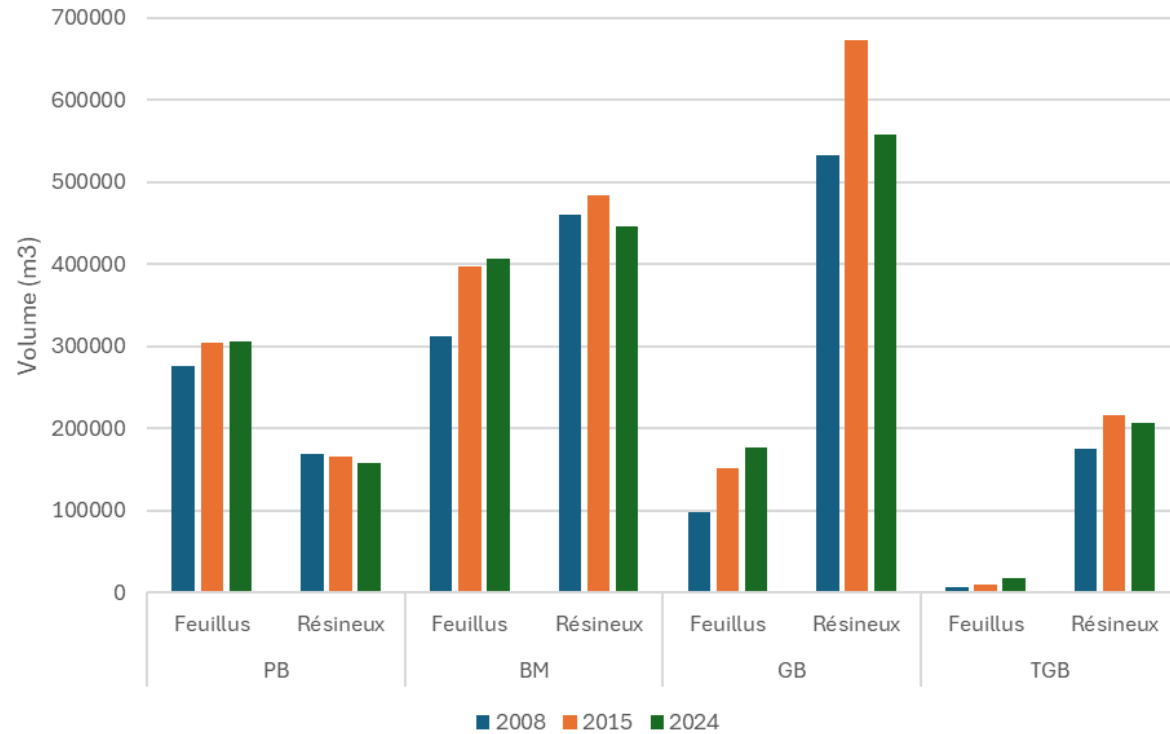


Surface terrière (Gha) m²/ha			Sapin pectiné				Epicéa commun				Hêtre				Erables				Autres feuillus				Autres résineux			Total			
Strates	Surface (ha)	Nb Placettes	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024
Pas d'exploit.	2845	86	6,5	7,4	6,4	-14%	7,5	8,7	7,7	-11%	7,0	8,6	8,8	2%	2,2	2,4	2,7	12%	2,0	2,5	2,5	0%	0,6	0,7	0,7	25,7	30,3	28,8	-5%
Exploit. Ancienne	3895	129	7,6	9,1	8,5	-6%	7,7	8,8	7,8	-12%	5,3	6,2	6,6	7%	1,5	1,9	2,1	13%	1,1	1,3	1,3	0%	0,1	0,1	0,1	23,5	27,3	26,5	-3%
Exploit récente	1925	62	8,3	9,1	7,4	-19%	7,1	7,7	6,6	-14%	5,5	6,9	6,1	-11%	1,2	1,9	2,2	13%	1,0	1,1	1,1	-4%	0,0	0,0	0,0	23,1	26,8	23,4	-13%

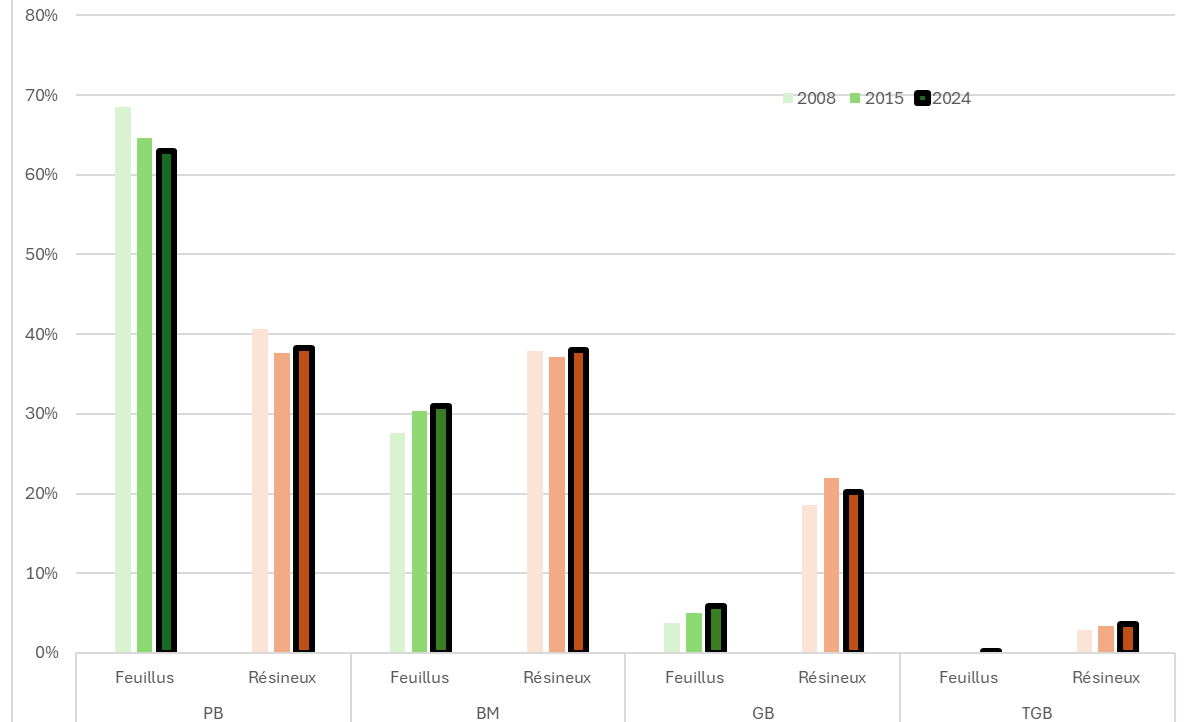
Bois vivant

Structure

Evolution du volume à l'échelle de la RNNCHJ



Evolution de la structure feuillue et résineuse à l'échelle de la RNNHCJ



Une répartition des catégories de bois différenciée entre feuillus et résineux:

- Des **feuillus plus jeunes** dont la majorité du volume est contenu dans les petits bois et bois moyens. Les feuillus continuent de gagner des bois moyens et des gros bois au détriment des petits bois. **Leur volume augmente** dans toutes les catégories depuis 2008.
- La majorité du **volume résineux** est contenu dans les **bois moyens et gros bois**. Mais la tendance s'est inversée depuis 2015, **la structure résineuse s'est rajeunie**. **Leur volume a diminué depuis 2015**. Les résineux gagnent des petits bois et des bois moyens au détriment des gros bois.

La structure feuillue est en voie de vieillissement, à l'inverse des résineux.

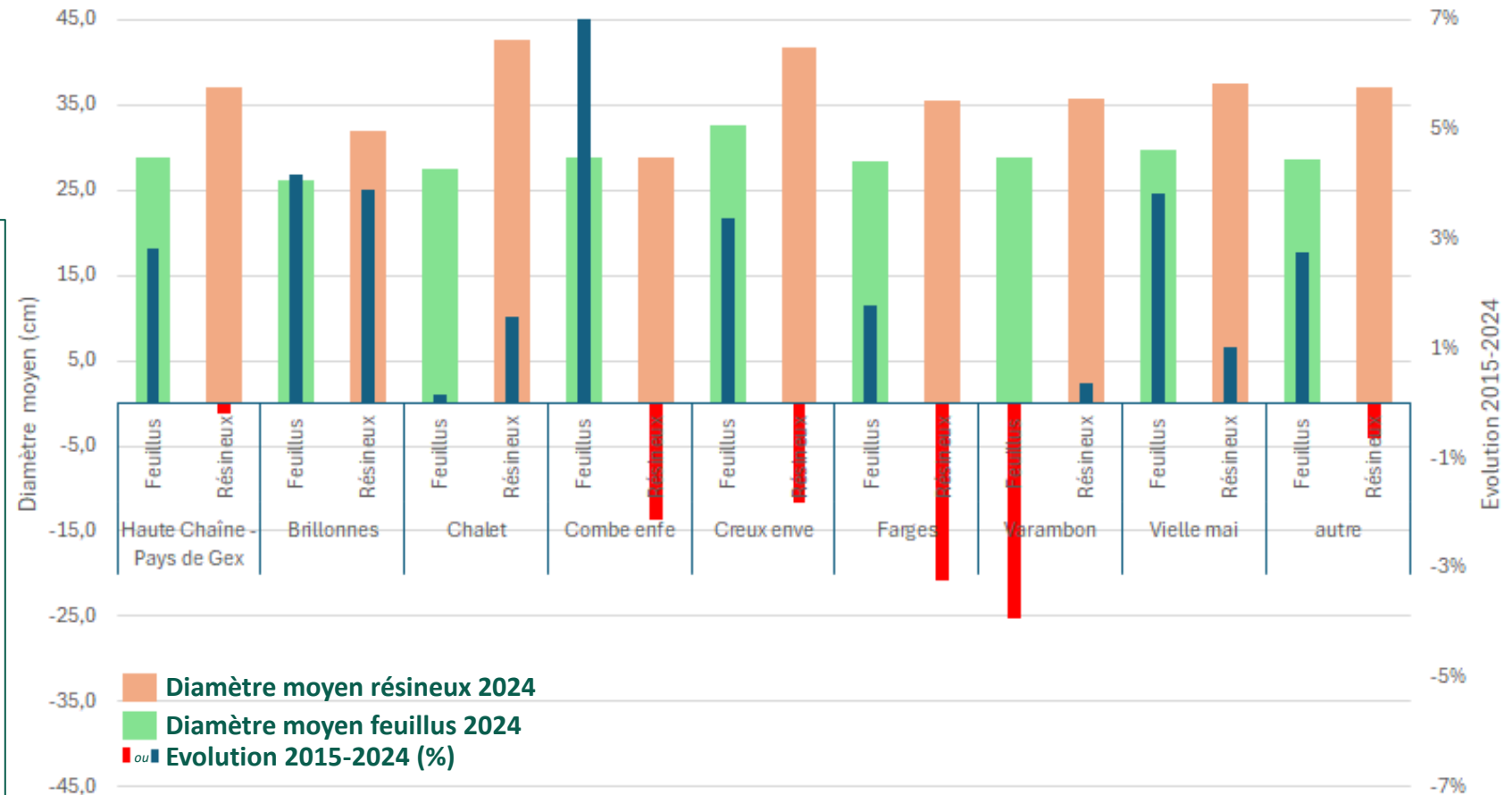
Cela traduit l'impact des dépérissements et récoltes ciblées sur les résineux avec la crise climatique (les GB sont davantage sensibles à ces dépérissements).

Bois vivant

Structure

- La structure est plus **jeune** à Brillonnes mais continue de vieillir.
- Elle est plus **âgée** au Creux de l'Envers et au Chalet.
- On constate un rajeunissement localisé sur les secteurs Creux de l'Envers (récolte de gros sapins) et Farges (récolte de gros épicéas).
- Vieille maison et Chalet continuent de vieillir.
- **La structure des feuillus continue de vieillir partout**, sauf à Varambon. Leur diamètre moyen rattrape progressivement celui des résineux.

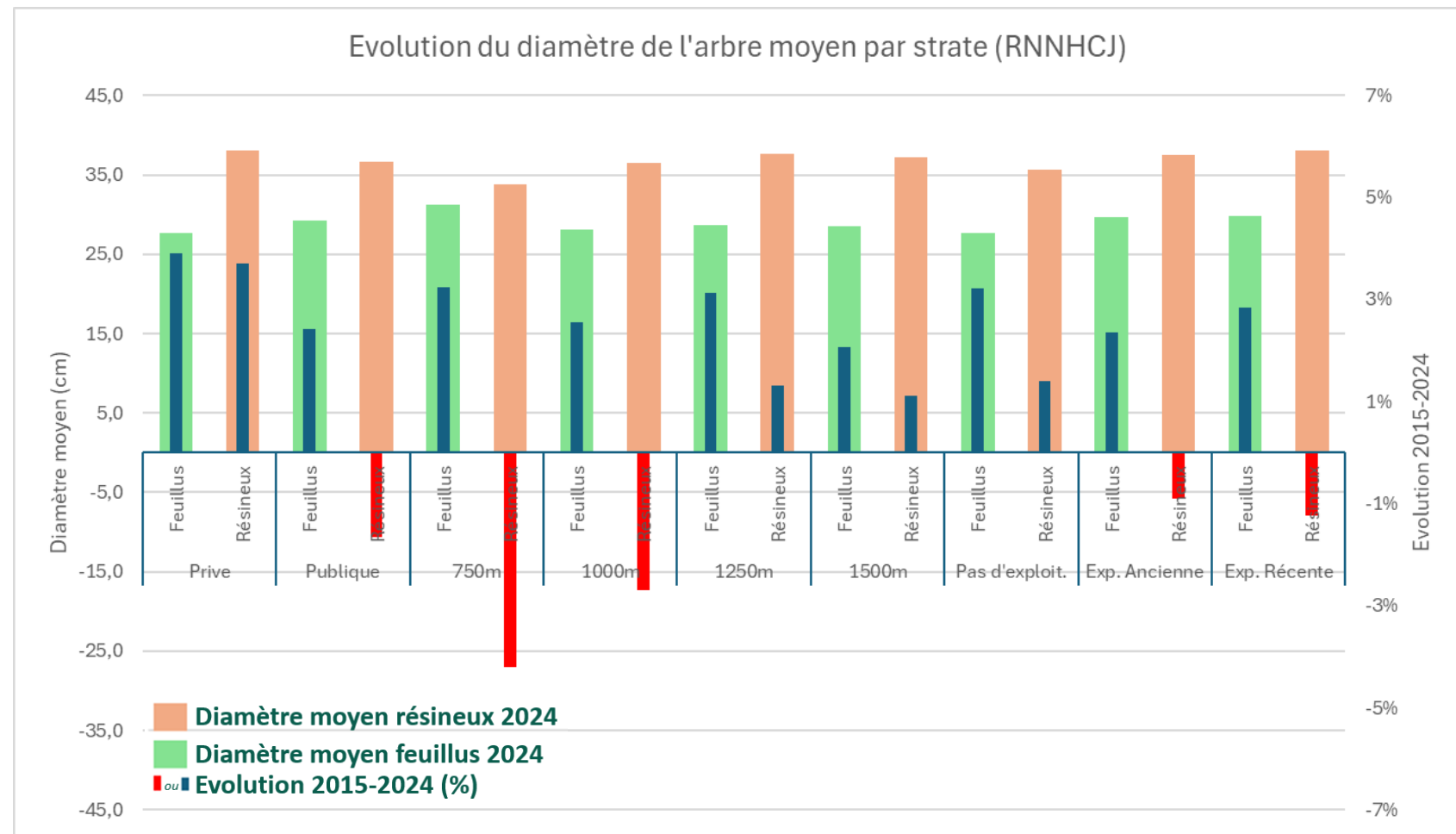
Evolution du diamètre de l'arbre moyen par strate (RNNHCJ)



Bois vivant

Structure

- Le diamètre moyen résineux reste supérieur à celui des feuillus mais l'écart tend à se réduire.
- **Le vieillissement des résineux s'observe en forêt privée et en forêt non exploitée,**
- **Mais pas en forêt exploitée ou publique.**
- Cette tendance du **rajeunissement des résineux est marquée à basse altitude (sous 1000m)** mais pas au-delà.
→ Impact des dépérissements et du réchauffement; remontée des feuillus en altitude.



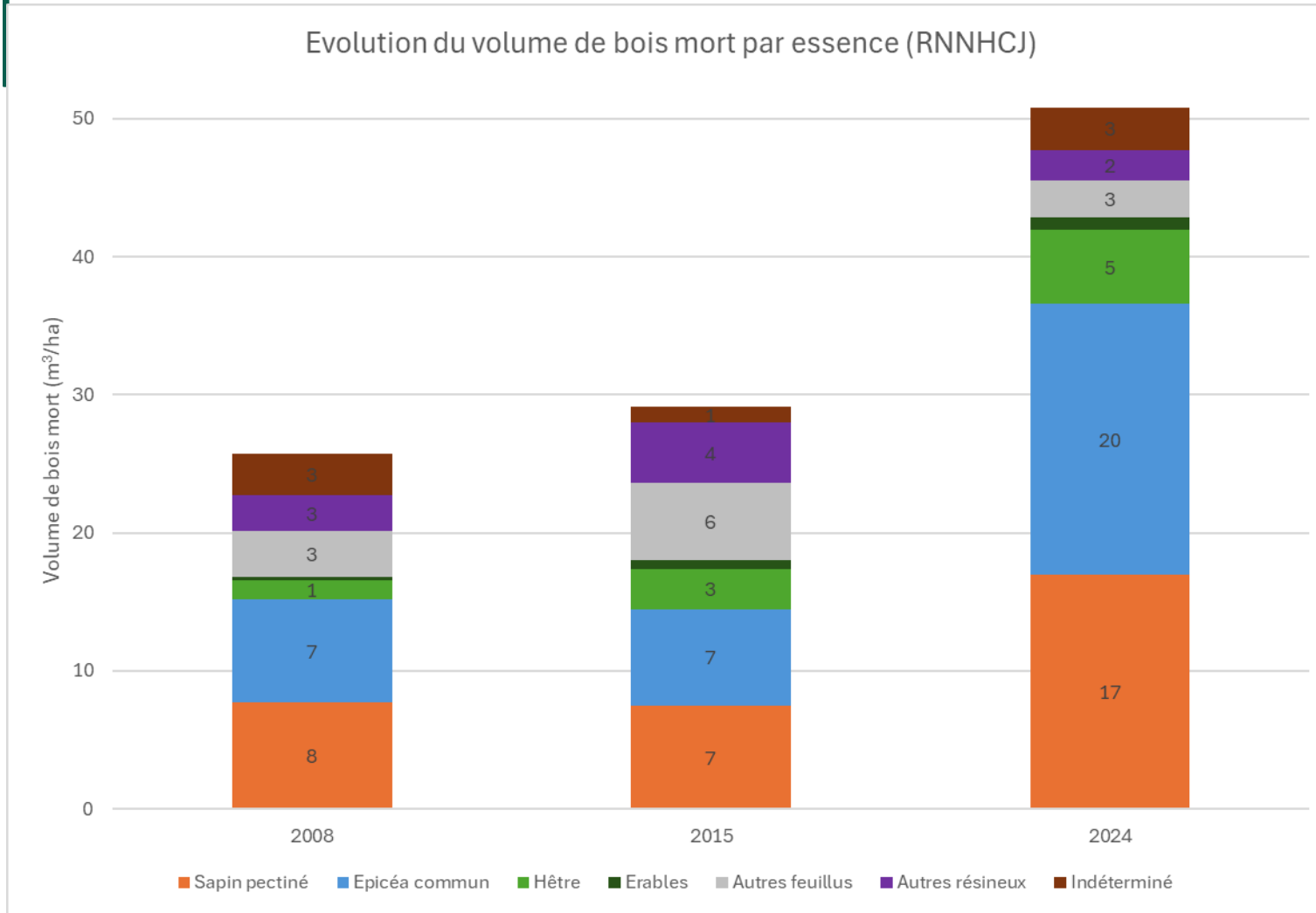
Flux de matière – Evolution des différents compartiments de bois

Bois mort



Bois mort

Nette augmentation du volume de bois mort résineux

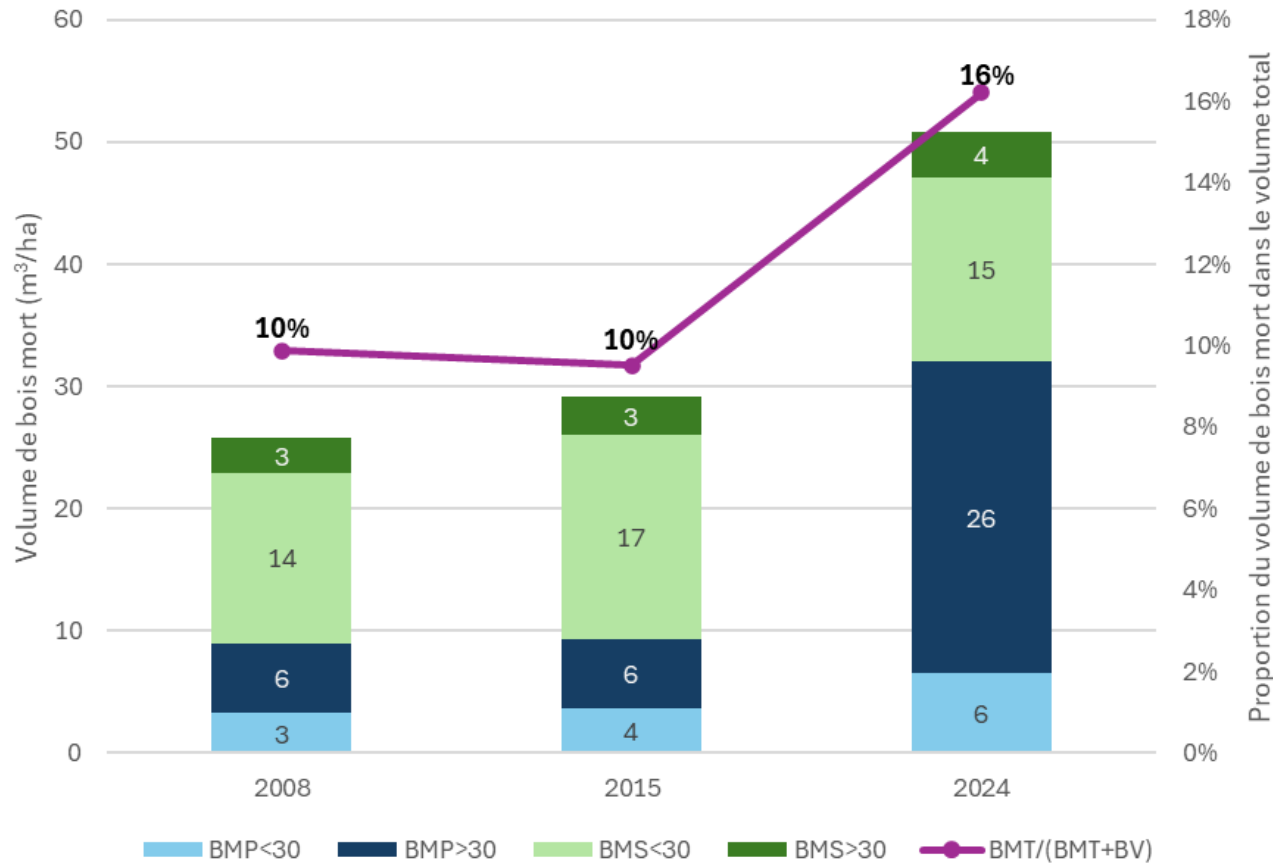


- Après une légère augmentation du volume de bois mort entre 2008 et 2015, celui-ci a presque doublé entre 2015 et 2024 (+74%).
- Cette nette augmentation est portée en grande partie par le sapin pectiné (x2,3) et l'épicéa commun (x2,8).
- Le volume de bois mort feuillu est resté stable depuis 2015. On constate tout de même une augmentation du volume de bois mort de **hêtre (+87%)** et **d'érables (+30%)** et une réduction des autres feuillus (-50%)
(Cf. Annexe2: Evolution du volume de bois mort par essence pour chaque strate)
- A titre de comparaison, le volume moyen de bois mort à l'échelle des montagnes de l'Ain est d'environ 38 m³/ha contre 51 m³/ha dans la Réserve.

Bois mort

Evolution du stock de bois mort total à l'échelle de la Réserve

Evolution du volume de bois mort (RNNHCJ)



- Sur la période 2008-2015, le volume de bois mort a connu une légère augmentation, avec notamment un transfert des bois morts sur pied vers les bois morts au sol.
 - **Pendant la période 2015-2024, le stock de bois mort au sol est resté stable. Le volume de bois mort sur pied a quant à lui triplé.**
 - **La moitié du volume de bois mort total est contenu dans les arbres morts sur pied de plus de 30cm,** conséquence directe des dépérissements subies sur les épicéas et les sapins (Cf. Annexe 2).
-
- **Augmentation de la proportion de bois morts dans le volume total entre 2015 et 2024 en passant de 10 et 16% du volume contenu dans les bois morts.**

Remarque:

« On considère qu'au-delà de 15% [de bois mort] en moyenne sur toutes les phases du cycle, on est dans des proportions proches des conditions naturelles. » (RNF, 2013).

La barre symbolique des 15% de bois mort a donc été dépassée. Mais cela est directement dû à la crise des scolytes sur l'épicéa et au dépérissement sur le sapin pectiné.

Dans les forêts en libre évolution, on peut considérer que la phase d'accumulation de bois mort est terminée quand ce ratio est élevé et reste stable dans le temps. De plus la diversité du bois mort est bien plus élevée dans les forêts naturelles.

Bois mort

Une évolution différenciée suivant les strates

Forêt privée / Forêt publique

En forêt privée, on trouve 60m³/ha de volume de bois mort, contre 48m³/ha en moyenne en forêt publique.

De manière générale, **les stocks de bois vivants et morts sont plus élevés en forêt privée qu'en forêt publique**, mais leur proportion reste équivalente (*Cf Annexe 3*).

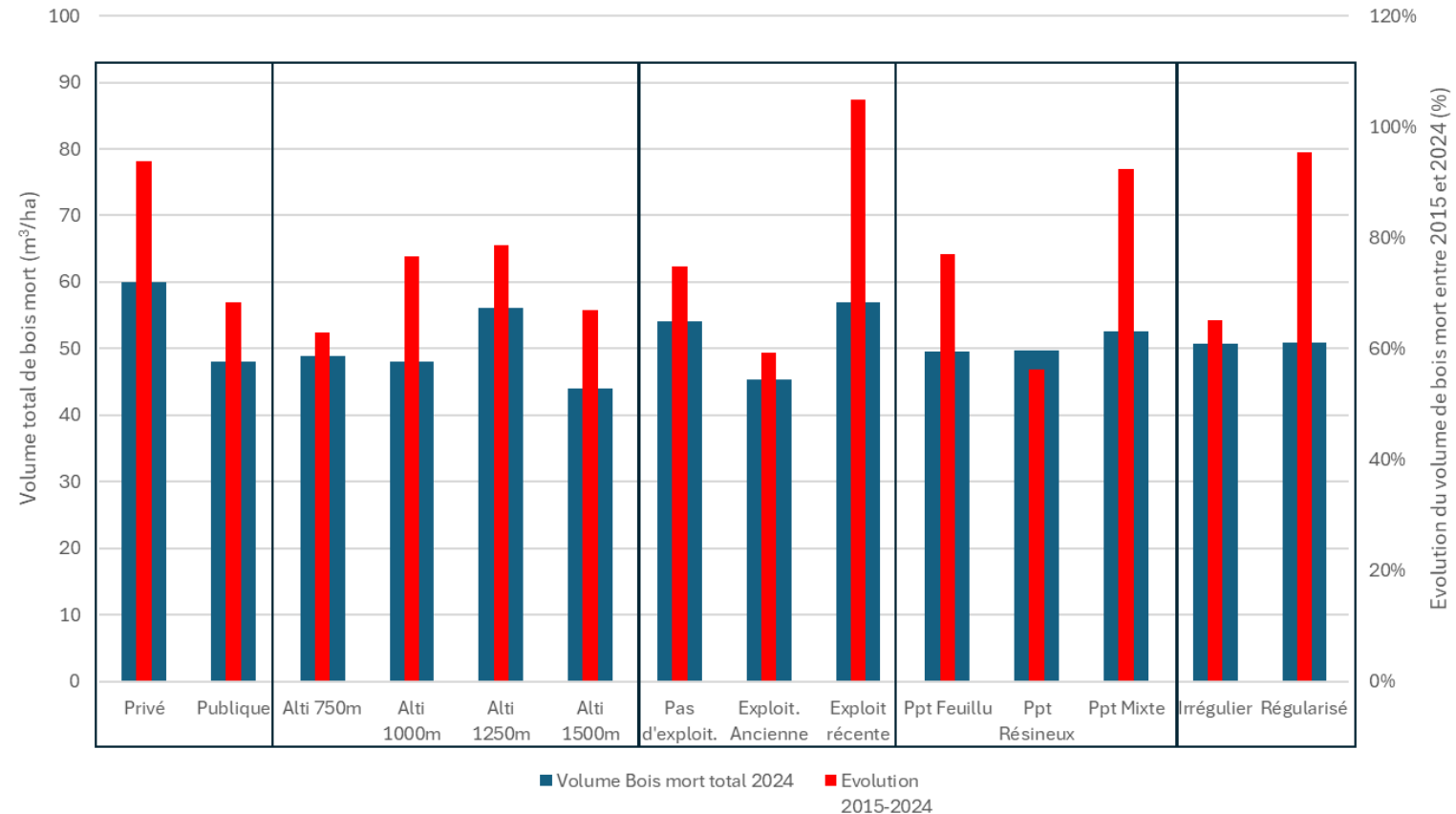
→ La forêt publique est davantage exploitée que la forêt privée.

Gradient d'exploitation

Dans les zones exploitées récemment, le taux de bois mort a augmenté davantage, et ceux pour les 3 essences principales (Sapin, Epicéa, Hêtre) (*Cf Annexe 2*).

Cette augmentation différenciée suivant le gradient d'exploitation est portée principalement par les bois morts au sol de moins de 30cm de diamètre (*Annexe 3*), certainement les rémanents laissés en forêt.

Evolution du volume de bois mort par grandes strates sur la Réserve entre 2015 et 2024



Structure irrégulière/régulière

Lors des 2 premiers comptages, il y avait davantage de bois mort dans les forêts à structure irrégulière. On en trouve désormais autant, peu importe la structure.

L'augmentation du volume de bois mort de sapin et d'épicéa a été plus importante dans les structures régulières.

→ *Moins de dépérissement dans les structures irrégulières ou davantage d'exploitation dans les structures régulières?*

Bois mort

Une évolution différenciée entre essences

Altitude

Comportement différent suivant les essences:

- L'épicéa semble dépérir partout, peu importe l'altitude.
- Impact de la crise scolyte
- Augmentation nette du volume de bois mort de sapin et de hêtre à basse altitude. Augmentation moins importante au dessus de 1000m.
- Impact du changement climatique, remontée de ces essences en altitude (stress hydrique plus important à basse altitude).

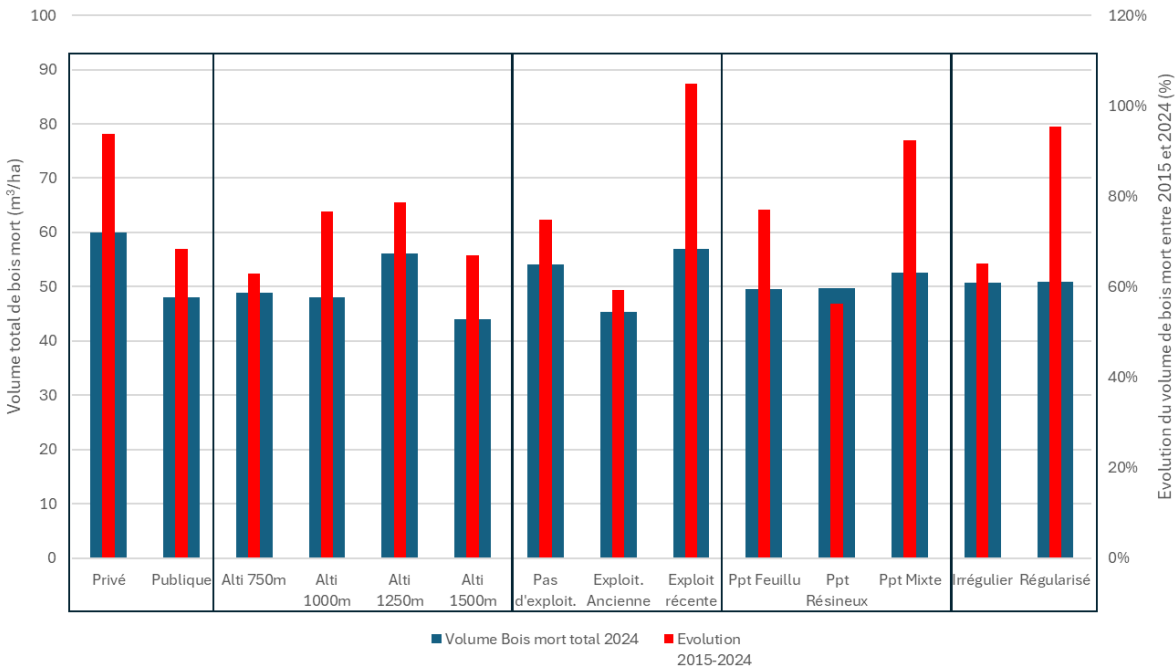
Gradient d'exploitation

On trouve davantage de bois mort de hêtre dans les zones exploitées récemment. Cette augmentation est principalement portée par le bois mort au sol de moins de 30cm de diamètre, certainement les rémanents d'exploitation (*Cf Annexe 3*).

Composition des peuplements

Le volume de bois mort d'épicéa a augmenté davantage dans les peuplements classés feuillus. Mais, cette classification a été faite suivant la composition de 2024. Or, sur une quinzaine de placettes, la part de résineux est passé sous les 30% entre 2015 et 2024, ce qui explique cet artefact.

Evolution du volume de bois mort par grandes strates sur la Réserve entre 2015 et 2024



Volume total de bois mort (m3/ha)			Sapin pectiné				Epicéa commun				Hêtre			
Strates	Surface (ha)	Nb Placettes	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024
Alti 750m	917	25	13	15	30	101%	2	1	4	181%	0	3	5	79%
Alti 1000m	2456	69	11	9	25	185%	3	3	8	203%	1	2	5	204%
Alti 1250m	3711	113	7	7	15	102%	10	9	25	186%	2	4	7	65%
Alti 1500m	1581	70	1	1	2	42%	14	13	34	159%	1	1	2	17%
Pas d'exploit.	2845	86	7	8	20	153%	7	7	19	158%	1	3	6	95%
Exploit. Ancienne	3895	129	8	7	15	96%	7	7	21	192%	1	2	3	10%
Exploit récente	1925	62	7	7	18	154%	8	6	18	185%	2	4	10	177%
Ppt Feuillu	2086	58	10	7	20	179%	2	2	8	395%	2	5	8	70%
Ppt Résineux	3171	118	8	8	15	101%	12	11	25	121%	1	1	4	153%
Ppt Mixte	3408	101	6	8	17	122%	7	6	22	240%	2	3	5	73%
Irrégulier	5667	178	9	8	17	99%	8	7	19	166%	1	3	5	88%
Régularisé	2998	99	6	6	17	207%	7	6	20	207%	2	3	6	84%

Flux de matière – Evolution des différents compartiments de bois

Indicateurs de biodiversité



Dendromicrohabitats

Une nouvelle fois, **le biais opérateur est trop important pour en tirer des conclusions**. Les inter-calibrations ont pourtant été réalisées à 2 reprises entre pivots. Quelques résultats sont tout de même présentés ci-dessous car les tendances n'étaient pas dépendantes de l'effet observateur.
(les autres analyses sont en annexe 4 mais doivent être relativisées au regard du biais observateur important)

	PB		BM		GB		TGB	
	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux
Bryophytes	22%	8%	25%	8%	29%	10%	47%	8%
Lichens	6%	12%	8%	20%	13%	23%	0%	15%
Branches mortes	7%	9%	9%	12%	9%	12%	9%	11%
Concavité racinaire	4%	5%	10%	9%	17%	19%	5%	15%
Bois sans écorce	3%	2%	3%	2%	5%	3%	0%	1%
Lierre	1%	0%	2%	0%	3%	0%	12%	1%
Coulée de sève active	0%	2%	0%	2%	0%	4%	0%	2%
Cavité à terreau de pied	1%	1%	1%	2%	2%	2%	0%	4%
Coulée abondante de résine	0%	2%	0%	2%	0%	3%	0%	5%
Fente	1%	0%	1%	0%	1%	0%	5%	0%
Gourmands/Brogne	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Cavité à terreau de tronc	1%	0%	1%	0%	2%	0%	3%	0%
Cime morte	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Vestige de charpentièrre brisée	1%	0%	2%	0%	1%	0%	0%	0%
Orifice et galerie d'insectes	0%	0%	0%	1%	1%	1%	0%	1%
Loupe	0%	0%	0%	1%	0%	1%	7%	0%

DendroMicrohabitats
les plus représentés à
l'échelle de la RNNHCJ
en 2024
(en % de tiges portant le DMH)

- Parmi les DMH les plus représentés, on trouve des **marqueurs d'état sanitaire moyen** (branches mortes dans le houppier, coulée de sève/résine active), certainement **en lien avec les attaques de scolytes**.
- Les **cavités à terreau de pied et de tronc** sont représentées sur environ 1% des arbres. **Ces DMH sont rares en forêt exploitée et leur vitesse de remplacement est très lente**. Il convient donc de repérer ces DMH pour les conserver pour leur valeur écologique.
- **Les fentes** sont relativement rares aussi et sont utilisées préférentiellement par les chauves-souris.
- Les autres DMH représentés dans ce tableau sont plus fréquents. Il convient donc de prêter une attention particulière à tous les autres DMH qui ne sont pas évoqués ici mais qui remplissent des fonctions importantes pour la biodiversité.
- **Les plus gros bois portent davantage de DMH.**

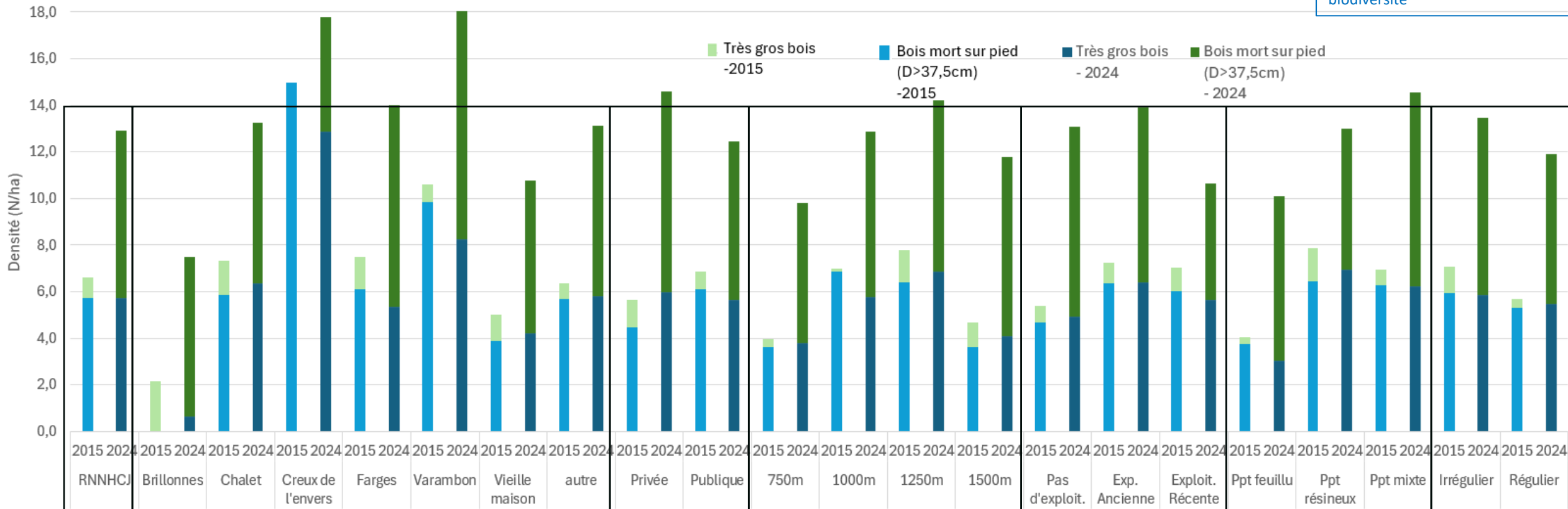
Remarque: La classification des DMH ayant évolué entre les cycles, il est difficile de constater une évolution avec les données de 2015



Arbres relevant de l'instruction biodiversité ONF

Evolution de la densité de bois morts >37,5cm et de très gros bois

NB: Il faudrait regarder l'évolution des arbres à cavité pour répondre pleinement à l'instruction biodiversité



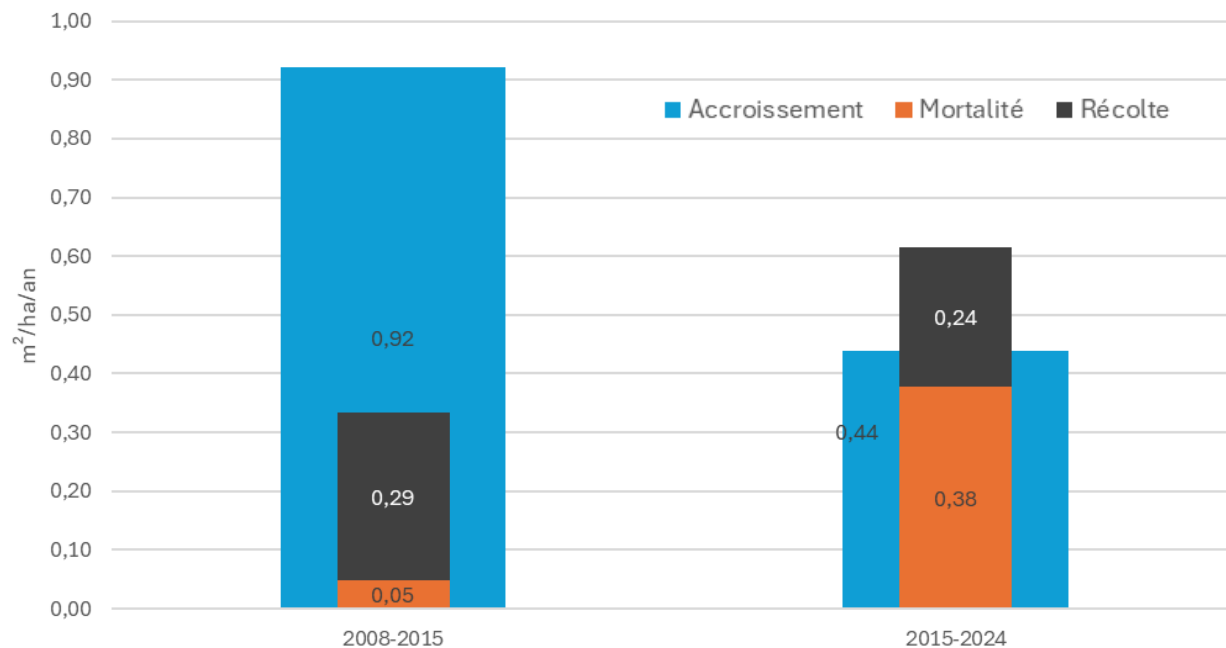
- **Augmentation dans tous les compartiments du nombre de bois morts sur pieds de plus de 35cm** (suite aux dépérissements). Le quota de bois mort sur pied (1/ha) est largement dépassé.
- **La densité de très gros bois (TGB) vivants est restée stable entre 2015 et 2024** à l'échelle de la Réserve mais les dynamiques sont différentes suivant les strates.
 - Varambon et Creux de l'Envers sont les zones les plus riches en très gros bois.
 - A l'échelle de la RNNHCJ le quota (minimum 1 TGB/ha) est largement atteint. Certainement zones sont moins riches en TGB: Brillonnnes, Altitude 1500m, peuplements à dominante feuillue et zones exploitées récemment.

Evolution des flux de bois



Production & Prélèvement

Comparaison entre l'accroissement et les prélèvements sur les deux périodes à l'échelle de la RNNHCJ



	2008-2015	2015-2024	Evolution entre les 2 périodes
Production (m²/ha/an)	0,92	0,44	
Taux de production	3,5%	1,6%	-54%
Récolte (m²/ha/an)	0,29	0,24	
Taux de récolte	31%	54%	
Mortalité (m²/ha/an)	0,05	0,38	
Taux de mortalité	5%	86%	

- La production des forêts de la Réserve a diminué de plus de moitié (-54%) entre la période 2008-2015 et la période 2015-2024.
- Le volume récolté est resté similaire. Mais au vu de la diminution de production, il représente plus de 50% de la production.
- La mortalité a quant à elle explosé, atteignant quasiment la totalité de la production (86%). Une grande partie des volumes de bois morts supplémentaires sont donc issus de cette mortalité (= dépérissement).

Période 2008-2015
Conditions favorables
Accroissement >> Prélèvement*
Augmentation du capital forestier

Période 2015-2024
Plusieurs sécheresses
Crise sanitaire à partir de 2018
Diminution de la production, Augmentation de la mortalité,
Maintien du niveau de récolte
Production < Prélèvement

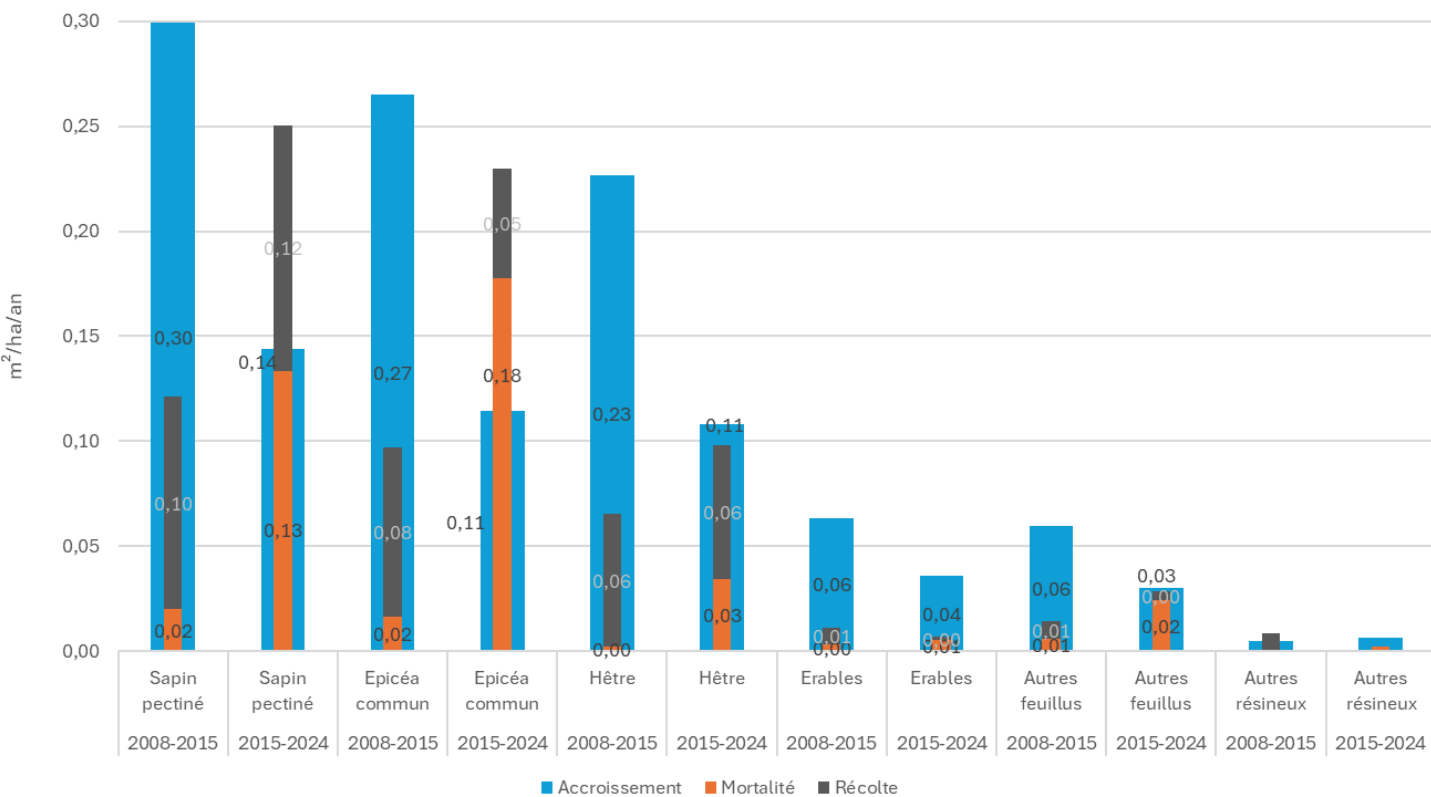
Remarque: La crise sanitaire sévit depuis 2018 seulement. Les accroissements étaient certainement équivalents à la période 2008-2015, jusqu'en 2018, ce qui laisse entendre que les accroissements actuels seraient encore inférieurs à l'accroissement moyen 2015-2024.

Production & Prélèvement

Dynamiques différentes suivant les essences

	Sapin pectiné			Épicéa commun			Hêtre			Érables			Autres feuillus		
	2008 2015	2015 2024	Evolution	2008 2015	2015 2024	Evolution	2008 2015	2015 2024	Evolution	2008 2015	2015 2024	Evolution	2008 2015	2015 2024	Evolution
Production (m ² /ha/an)	0,30	0,14		0,27	0,11		0,23	0,11		0,06	0,04		0,06	0,03	
Taux de production	3,8%	1,8%	-52,3%	3,3%	1,4%	-56,9%	3,5%	1,5%	-56,6%	3,4%	1,6%	-51,8%	3,9%	1,8%	-53,3%
Récolte (m ² /ha/an)	0,10	0,12		0,08	0,05		0,06	0,06		0,01	0,00		0,01	0,00	
Taux de récolte	34%	81%		30%	45%		28%	59%		12%	4%		15%	15%	
Mortalité (m ² /ha/an)	0,02	0,13		0,02	0,18		0,00	0,03		0,00	0,01		0,01	0,02	
Taux de mortalité	7%	93%		6%	156%		1%	32%		5%	14%		9%	80%	

Comparaison Accroissement/Prélèvement entre les 2 périodes pour chaque essence

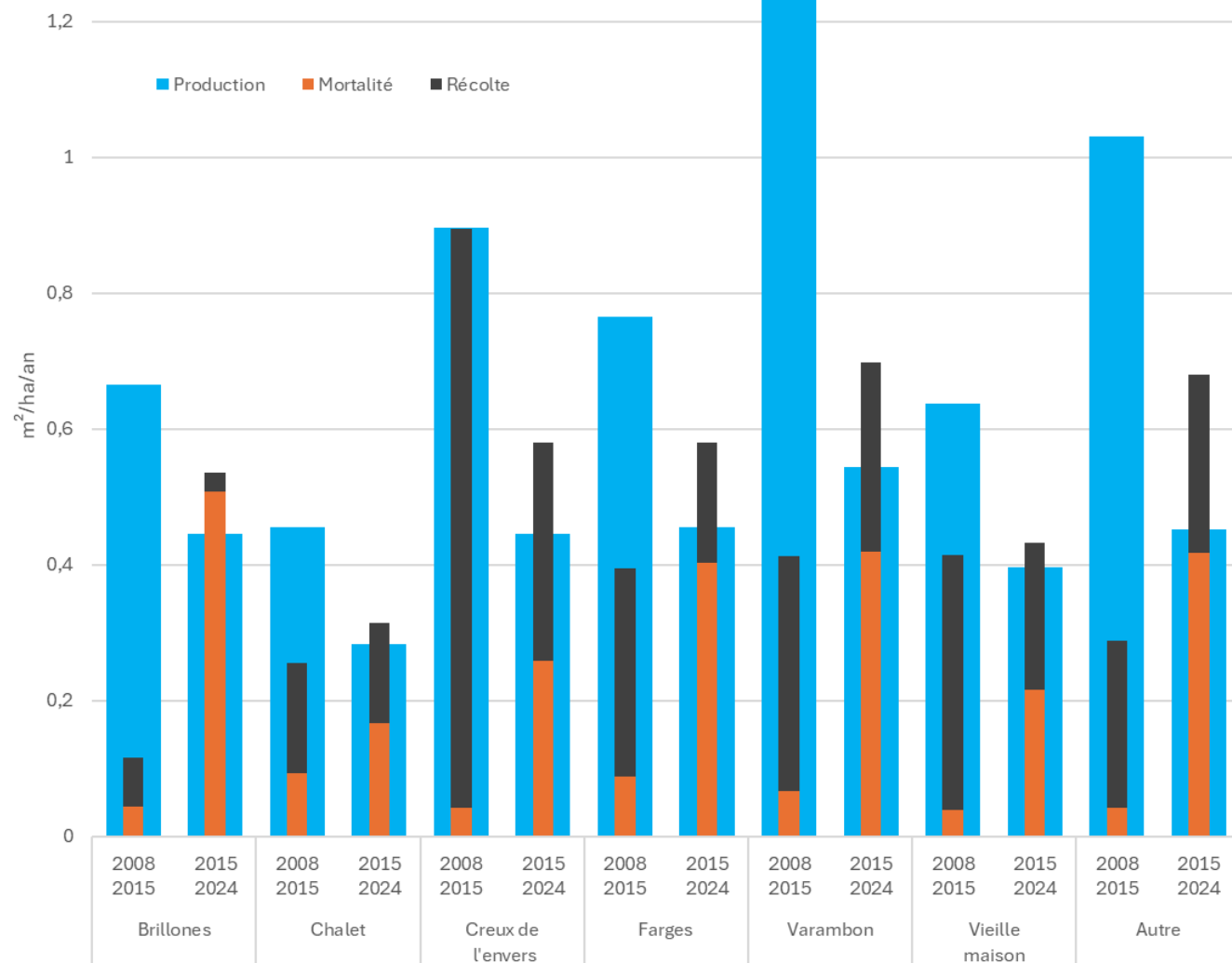


- Réduction de la production de toutes les essences, y compris les feuillus.
→ Impact du changement climatique
- Les volumes récoltés restent similaires mais représentent une part plus importante de la production (ex: 80% de la production pour le sapin qui est l'essence la plus récoltée)
- La mortalité de l'épicéa est 1,5 fois plus élevée que sa production.
→ Crise climatique
- Les prélèvements sont supérieurs à la production uniquement pour le sapin et l'épicéa.
- Ainsi, la dynamique est en faveur des feuillus et en particulier aux érables. Leur production reste supérieure aux prélèvements.

NB: Il y a certainement une sous-estimation de la récolte et une surestimation de la mortalité sur la période 2015-2024 (les prélèvements (mortalité + récolte) restent justes).

Production & Prélèvement

Comparaison entre la production et les prélèvements sur les différentes strates de la RNNHCJ



- **Sur toutes les strates, les prélèvements sont supérieurs à la production pour la période 2015-2024.**

- Proportionnellement, les secteurs qui étaient les moins productifs ont connu une baisse moins importante de leur accroissement (ex: Brillonnes, Chalet).

- **L'écart de production entre station productive et station peu productive se réduit.**

Ex: Période 2008-15: 3,4% d'écart en taux de production entre le secteur le plus fertile (Varambon) et le secteur le moins fertile (Chalet). Période 2015-24: Il n'y a plus que 0,9% maintenant

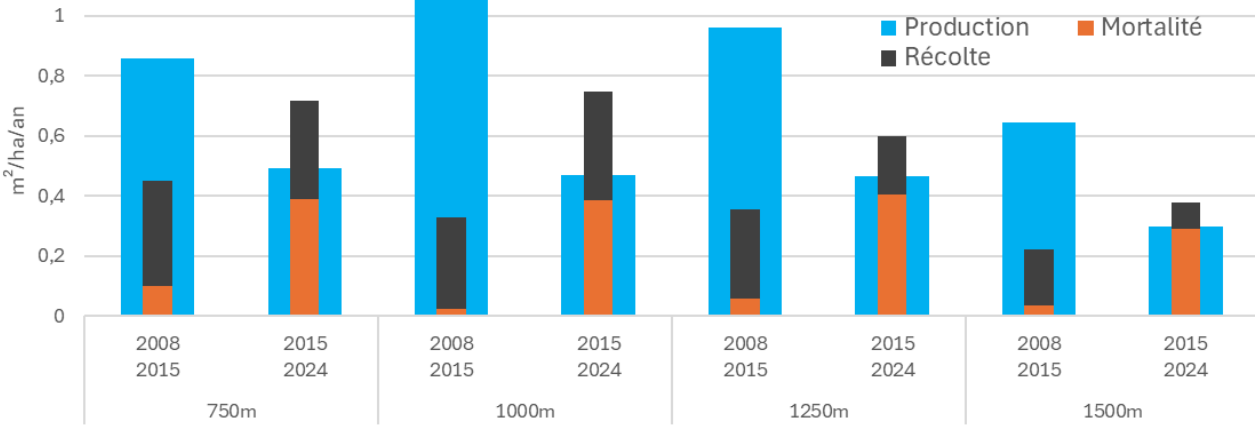
- Brillonnes: La mortalité est supérieure à la production (réduction de la part d'épicéas).

Production & Prélèvement

Altitude

- **Perte de production moins marquée à basse altitude.** Les 4 essences principales (Sapin, hêtre, épicéa et érables) ont leur meilleur taux d'accroissement autour de l'altitude 750m (Cf. Annexe 6)
→ *Hypothèse: Les arbres ayant été accoutumés à un climat plus chaud, ont moins souffert des récents épisodes de sécheresse. De plus, la période de végétation est plus longue.*
- Le sapin et l'épicéa sont les essences qui ont subi le plus de mortalité. Néanmoins, ceux qui survivent continuent de produire davantage que les feuillus autour des 750m d'altitude.

Comparaison de la production et des prélèvements en fonction de l'altitude



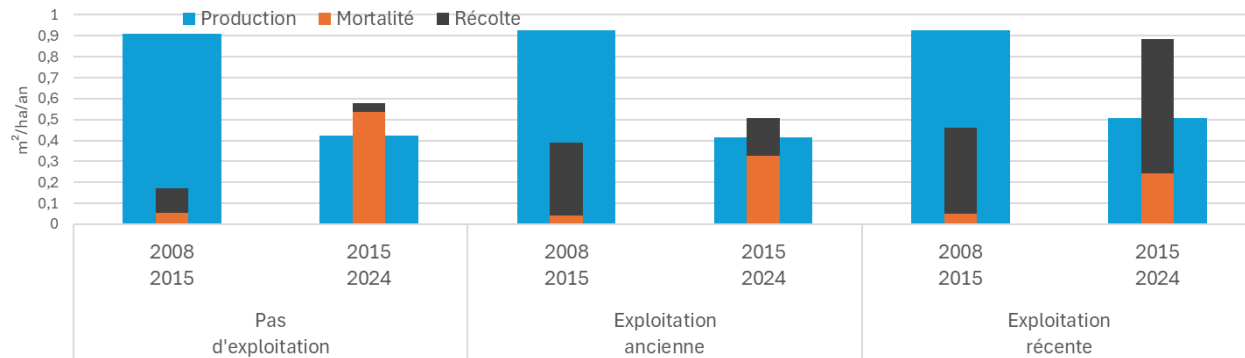
		Sapin pectiné			Epicéa commun			Hêtre			Erables			Autres feuillus			Autres résineux	
		2008	2015	Evolution	2008	2015	Evolution	2008	2015	Evolution	2008	2015	Evolution	2008	2015	Evolution	2008	2015
		2015	2024		2015	2024		2015	2024		2015	2024		2015	2024		2015	2024
750m	Production (m²/ha/an)	0,29	0,17		0,07	0,05		0,27	0,14		0,07	0,04		0,16	0,07		0,00	0,02
	Surface terrière moyenne (m²/ha)	8,6	7,7		2,4	2,0		6,8	7,6		1,9	2,2		5,0	5,6		0,1	0,2
	Taux de production	3,3%	2,2%	-33%	2,9%	2,3%	-22%	3,9%	1,9%	-52%	3,5%	1,9%	-46%	3,3%	1,3%	-61%	5,7%	8,1%
1000m	Production (m²/ha/an)	0,41	0,17		0,18	0,08		0,28	0,13		0,09	0,05		0,09	0,04		0,00	0,01
	Surface terrière moyenne (m²/ha)	11,5	10,9		4,3	4,6		7,0	7,7		2,4	2,9		1,7	2,0		0,1	0,2
	Taux de production	3,6%	1,5%	-57%	4,2%	1,7%	-61%	4,1%	1,6%	-60%	3,7%	1,8%	-52%	5,0%	2,1%	-59%	1,7%	3,1%
1250m	Production (m²/ha/an)	0,31	0,16		0,31	0,13		0,23	0,12		0,06	0,03		0,04	0,02		0,00	0,00
	Surface terrière moyenne (m²/ha)	8,0	8,7		9,1	9,0		7,4	8,1		1,7	2,1		1,0	1,0		0,1	0,1
	Taux de production	3,9%	1,9%	-52%	3,4%	1,5%	-57%	3,2%	1,5%	-54%	3,3%	1,4%	-57%	4,1%	2,1%	-49%	0,8%	1,4%
1500m	Production (m²/ha/an)	0,10	0,05		0,39	0,17		0,09	0,04		0,04	0,02		0,01	0,01		0,02	0,01
	Surface terrière moyenne (m²/ha)	1,9	2,2		14,5	14,6		3,7	3,9		1,3	1,3		0,4	0,2		0,9	0,9
	Taux de production	5,3%	2,2%	-58%	2,7%	1,2%	-56%	2,6%	1,0%	-63%	2,7%	1,7%	-37%	2,1%	3,7%		2,0%	1,1%

Altitude

- **La récolte est plus importante sous 1000m** (plus accessible).
- Malgré l'augmentation des températures, **la production reste faible aux alentours des 1500m**. Le sapin et les autres feuillus sont les essences qui produisent le plus à ces altitudes.
- Le taux de production du **hêtre** est décroissant avec l'altitude.
- De manière générale, le **sapin** reste l'essence de production qui produit le plus à l'échelle de la Réserve.

Production & Prélèvement

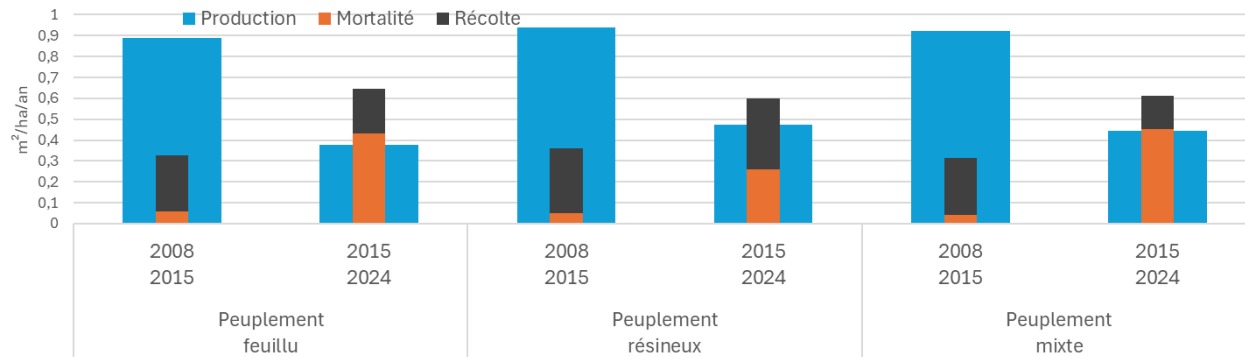
Comparaison des accroissements et prélèvements suivant le gradient d'exploitation



Exploitation

- **Le taux de production reste plus élevé dans les zones exploitées.**
→ *Certainement dû à une meilleure fertilité de ces zones? Et/Ou à l'effet des éclaircies?*
- Mais les **prélèvements sont supérieurs à la production.**
→ Chute du capital productif
- **Dans les zones non exploitées, la mortalité est supérieure à l'accroissement.** A noter tout de même que dans les zones exploitées, une part des arbres récoltés l'ont été alors qu'ils étaient déjà morts.

Comparaison des accroissements et prélèvements suivant la composition du peuplement



Composition du peuplement

- Dans les peuplements résineux, la récolte est plus importante que dans les peuplements à dominante feuillus, mais la production est meilleure. Ce qui explique une baisse plus marquée du capital dans les peuplements à dominante feuillu en 2024.

Remarque: Certains peuplements sont maintenant classés comme feuillus en 2024, à la suite d'une mortalité importante de résineux. Ils auraient dû être classés comme peuplements mixtes en 2015.

Avenir de la forêt

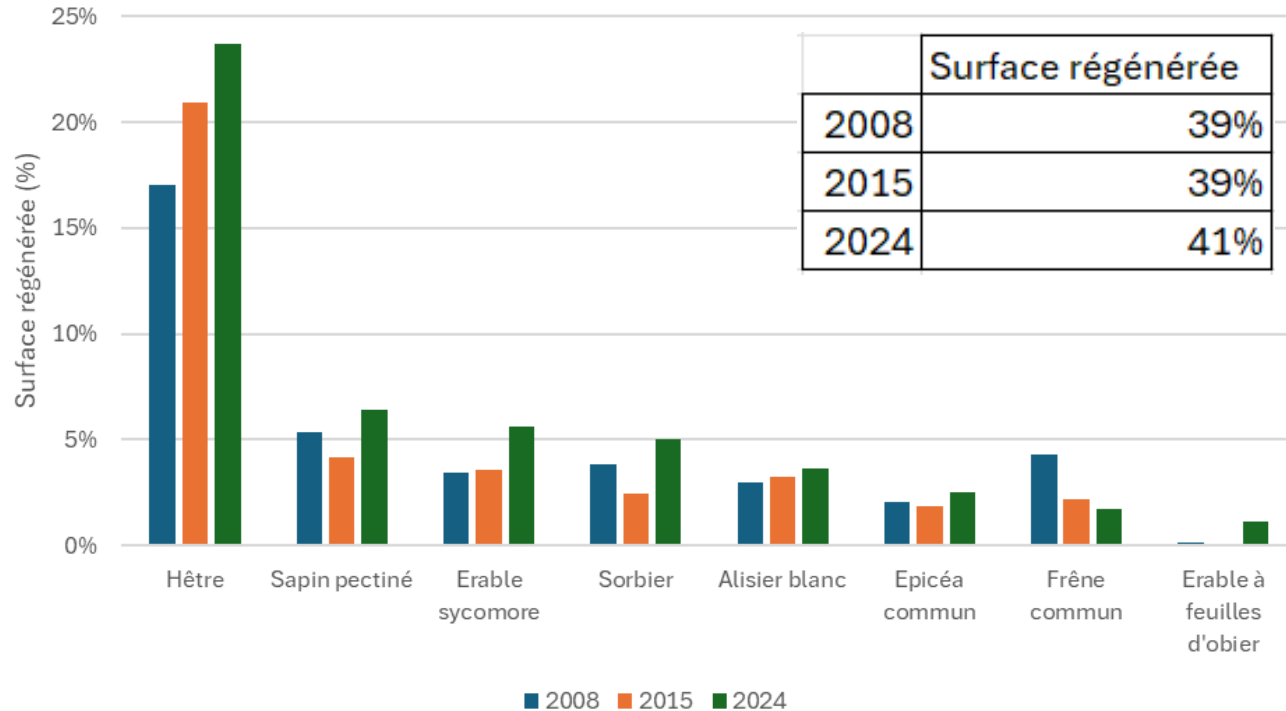
Régénération



Régénération

Augmentation de la surface régénérée

Evolution de la surface régénérée par essence sur la Réserve



Référentiel Guide de sylviculture Arc Jurassien (Sapin et épicéa), 2014	
Surface régénérée	Minimum 20%
Régénération basse (50cm à 3m)	2400 semis/ha
Régénération haute (>3m)	800 semis/ha
Perches	150 perches/ha
Passage à la futaie	entre 5 et 6

- **La surface régénérée* est largement suffisante** (minimum 20% requis)
- **Augmentation continue de la surface régénérée*.**
- **L'ensemencement est majoritairement feuillu** sur la Réserve malgré une majorité de résineux dans les peuplements.
- **Augmentation de la surface régénérée pour toutes les essences entre 2015 et 2024**, hormis le frêne (impact de la chalarose)
- Nette augmentation pour le hêtre, le sapin pectiné, l'érable sycomore, le sorbier et l'érable à feuilles d'obier.

L'ouverture des peuplements semble avoir favorisé l'installation et le développement de la régénération.

Régénération

Des dynamiques différentes suivant les secteurs

Taux d'ensemencement	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024
RNNHCJ	39%	39%	41%	6%
Brillonnes	33%	35%	41%	17%
Chalet	47%	58%	59%	3%
Combe de l'Enfer	22%	22%	11%	
Creux de l'Envers	41%	33%	14%	-57%
Farges	45%	45%	33%	-26%
Varambon	42%	50%	40%	-19%
Vieille maison	50%	37%	60%	61%
autre	37%	39%	40%	4%
Privée	21%	27%	42%	58%
Publique	45%	43%	41%	-4%
750m	56%	37%	29%	-23%
1000m	36%	38%	38%	0%
1250m	38%	39%	45%	15%
1500m	40%	42%	45%	8%
Pas d'exploitation	34%	34%	30%	-13%
Exploitation ancienne	42%	42%	40%	-5%
Exploitation récente	41%	41%	62%	50%
Peuplement feuillu	32%	35%	34%	-5%
Peuplement résineux	42%	40%	47%	17%
Peuplement mixte	41%	41%	41%	1%
Irrégulier	39%	39%	42%	6%
Régulier	40%	39%	41%	5%

- On constate une **augmentation de la surface régénérée à Brillonnes et vieille maison** principalement, secteurs où l'augmentation du volume de bois mort a été la plus importante.
- Vieille maison est la zone la plus ouverte, c'est également la zone la plus régénérée. Néanmoins, le hêtre y est très majoritaire (43% de la surface régénérée en hêtre)
- Baisse importante de la surface régénérée dans le Creux de l'Envers
- Sur le secteur Varambon, les essences les plus appétentes ont vu leur présence réduite (*Cf Annexe 7*)
- Les érables sont les plus représentés sur le secteur Chalet (*Cf Annexe 7*)

- Réduction de la surface régénérée à basse altitude.**
- La régénération s'installe dans les zones exploitées récemment.
→ **La forêt se reconstitue rapidement à la suite des coupes et à l'apport de lumière.**

Dans quelle mesure ces dynamiques de régénération sont adaptées aux changements climatiques?

Régénération

Taux d'ensemencement	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024
RNNHCJ	39%	39%	41%	6%
Brillonnes	33%	35%	41%	17%
Chalet	47%	58%	59%	3%
Combe de l'Enfer	22%	22%	11%	
Creux de l'Envers	41%	33%	14%	-57%
Farges	45%	45%	33%	-26%
Varambon	42%	50%	40%	-19%
Vieille maison	50%	37%	60%	61%
autre	37%	39%	40%	4%
Privée	21%	27%	42%	58%
Publique	45%	43%	41%	-4%
750m	56%	37%	29%	-23%
1000m	36%	38%	38%	0%
1250m	38%	39%	45%	15%
1500m	40%	42%	45%	8%
Pas d'exploitation	34%	34%	30%	-13%
Exploitation ancienne	42%	42%	40%	-5%
Exploitation récente	41%	41%	62%	50%
Peuplement feuillu	32%	35%	34%	-5%
Peuplement résineux	42%	40%	47%	17%
Peuplement mixte	41%	41%	41%	1%
Irrégulier	39%	39%	42%	6%
Régulier	40%	39%	41%	5%

Altitude

- Le **hêtre** reste l'essence majoritaire peu importe l'altitude. Il s'installe de plus en plus haut en altitude.
- Réduction de la surface régénérée à basse altitude notamment par la **diminution continue du taux d'ensemencement du sapin à basse altitude depuis 2008** (*Effet climatique ou zones d'hivernage des cerfs?*). Le taux d'ensemencement du sapin continue néanmoins d'augmenter entre 900 et 1300m d'altitude.
- L'**épicéa** est peu présent en régénération, hormis dans les plus hautes altitudes, où il s'installe davantage que le sapin.
- Enfin, les **érables** et **feuillus précieux** s'installent davantage aux basses altitudes.

Conclusion:

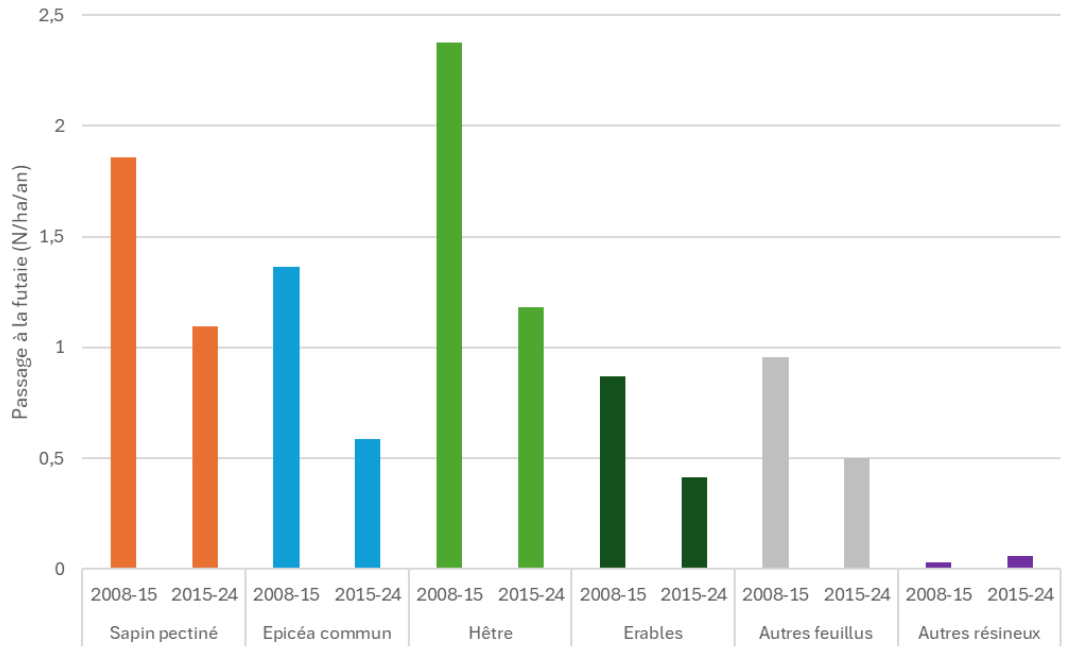
- La **dynamique de régénération est favorable aux feuillus** (hêtre en haute altitude et érable en bas) (Cf Annexe 7)
- Le **hêtre a le taux d'ensemencement le plus élevé sur presque toutes les strates**. De plus, sa dynamique, notamment en altitude ou dans les zones exploitées est la plus importante.
- Les **érables ont également une bonne dynamique**.

Il sera important de gérer le rapport de force entre ces essences suivant les différentes strates.

	Sapin pectiné				Epicéa commun				Hêtre				Erables				Autres feuillus				Feuillus précieux			
	2008	2015	2024	Evolution	2008	2015	2024	Evolution	2008	2015	2024	Evolution	2008	2015	2024	Evolution	2008	2015	2024	Evolution	2008	2015	2024	Evolution
RNNHCJ	5%	4%	6%	2%	2%	2%	2%	1%	17%	21%	24%	3%	4%	4%	7%	3%	5%	5%	7%	1%	7%	5%	6%	1%
750m	18%	8%	2%	-6%	0%	0%		0%	30%	21%	21%	0%	2%	2%	10%	8%	0%	2%	3%	2%	13%	9%	6%	-3%
1000m	7%	4%	9%	5%	1%	0%	1%	1%	12%	19%	18%	0%	3%	2%	7%	5%	3%	5%	5%	0%	14%	10%	11%	1%
1250m	3%	4%	7%	3%	2%	2%	2%	0%	21%	25%	29%	4%	3%	5%	6%	2%	4%	4%	7%	3%	3%	3%	4%	1%
1500m	0%	2%	2%	0%	6%	5%	7%	2%	8%	15%	22%	7%	8%	7%	8%	1%	15%	11%	10%	-1%	1%	1%	2%	1%
Pas d'exploit.	5%	4%	3%	-1%	3%	3%	3%	0%	13%	16%	16%	1%	2%	2%	4%	2%	4%	4%	5%	1%	5%	5%	4%	-1%
Exp. Ancienne	6%	4%	7%	4%	1%	2%	2%	0%	19%	23%	21%	-2%	5%	5%	5%	0%	6%	6%	5%	-1%	7%	5%	7%	2%
Exp. Récente	5%	6%	9%	3%	1%	0%	3%	2%	19%	24%	39%	16%	4%	5%	16%	11%	7%	5%	11%	6%	9%	6%	8%	2%

Régénération

Evolution du passage à la futaie à l'échelle de la RNNHCJ



- La proportion de résineux passant à la futaie augmente dans les plus basses altitudes (750m)
- Aux plus hautes altitudes, la part de hêtre a chuté (-10%) mais celle des autres feuillus a bien augmenté (+11%). Dans le même temps, la part des résineux a légèrement baissé mais l'épicéa représente toujours 40% du passage à la futaie.

- Le passage à la futaie* a été divisé par 2 entre les 2 périodes.

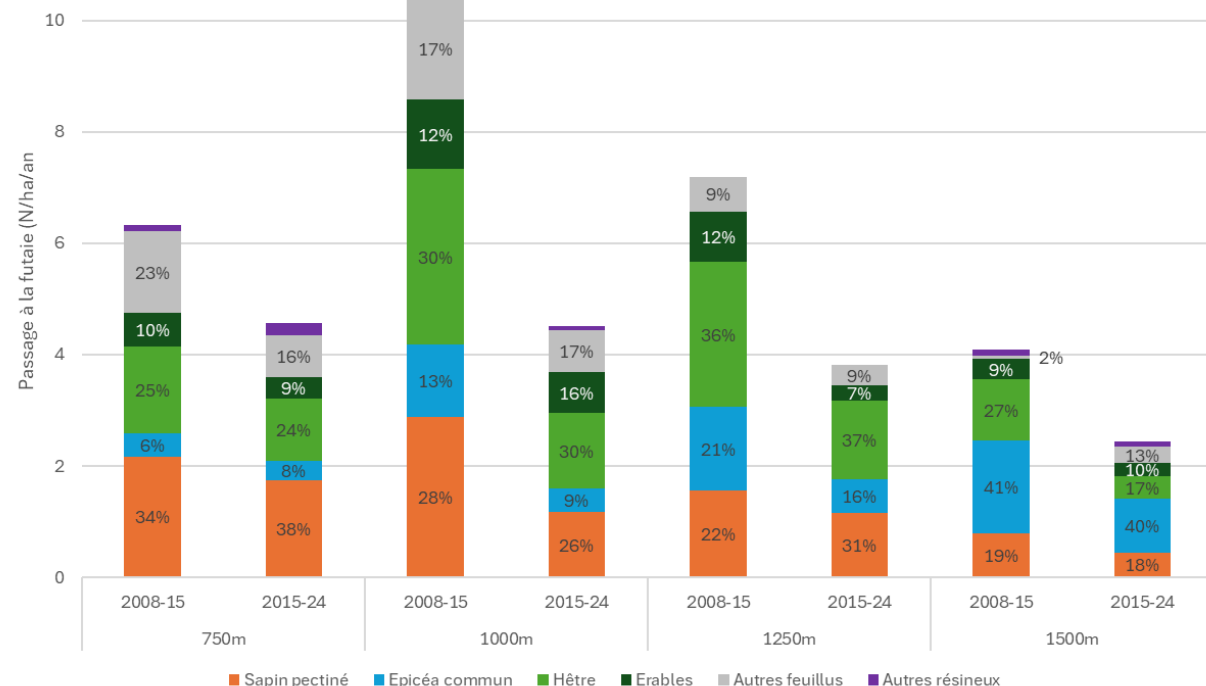
Entre 2008 et 2015, en moyenne 3 tiges résineuses et 4 tiges feuillues ont été recrutées par hectare chaque année.

Entre 2015 et 2024, en moyenne 1,7 tiges résineuses et 2 tiges feuillus ont été recrutées par hectare chaque année.

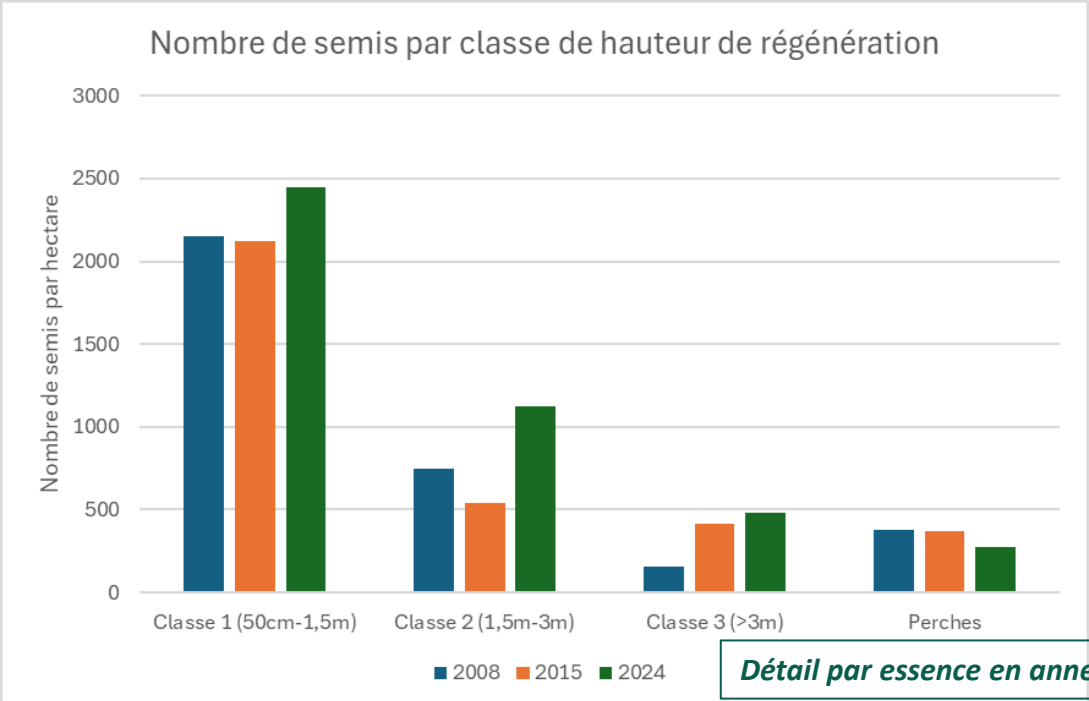
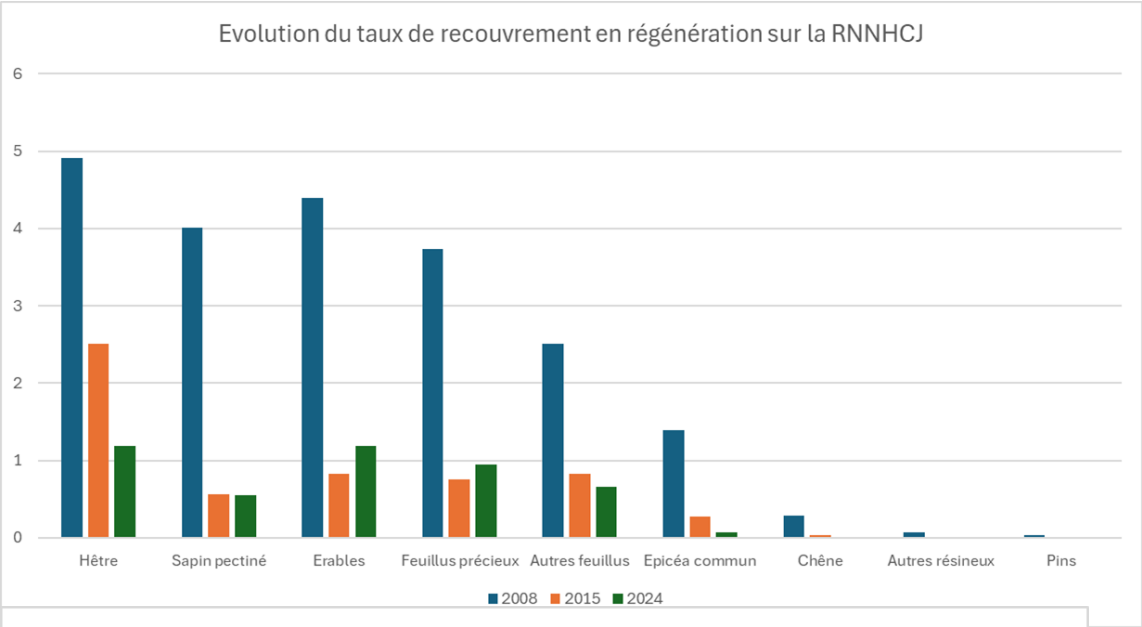
Le total était relativement faible sur la première période. La situation s'est donc empirée. Trop peu de tiges sont recrutées dans la futaie.

A cause de quoi? Baisse d'accroissement? Pression du gibier?...

Evolution du passage à la futaie suivant l'altitude (RNNHCJ)



Régénération



Détail par essence en annexe 10

- Le nombre de semis inférieurs à 50cm de hauteur continue de diminuer.
→ Les semis supérieurs à 50cm les concurrencent certainement trop? Ou concurrence du gibier?
- Le nombre de semis de régénération basse (50cm à 3m) augmente (les conditions sont favorables à la croissance en hauteur des semis). Le nombre de semis minimal est largement atteint.
- La régénération haute (>3m) continue d’augmenter mais reste sous les préconisations (Cf Référentiel ci-dessous).
- La densité de perches diminue et le passage à la futaie restent faible.
Si l’on se réfère à l’évolution des surfaces terrières depuis 2008; celle-ci était plus faible en 2008 (favorable à la régénération), mais a fortement augmenté jusqu’en 2015 (défavorable à la régénération), avant de baisser à nouveau. Les semis de 2008 n’ont peut-être pas encore eu le temps d’atteindre le diamètre de perches.
- L’augmentation du nombre de semis bas devrait permettre de combler ce déficit de régénération haute et de perches d’ici le prochain recomptage.

En conclusion, la forêt se régénère, il faut veiller à conserver une diversité dans la régénération.

Remarque: La qualité des semis n’est pas prise en compte dans ces mesures.

Référentiel Guide de sylviculture Arc Jurassien (Sapin et épicéa), 2014	
Surface régénérée	Minimum 20%
Régénération basse (50cm à 3m)	2400 semis/ha
Régénération haute (>3m)	800 semis/ha
Perches	150 perches/ha
Passage à la futaie	entre 5 et 6

Régénération

Evolution de la diversité des essences ligneuses dans la régénération

- En moyenne, **la surface régénérée a augmenté sur la Réserve**. Il y a davantage de semis hauts.
 - Néanmoins, **la diversité des essences a diminué à l'échelle de la Réserve**. Cela est dû à la diminution des semis bas.
- *Impact localisé du gibier sur les semis bas?*
→ *Concurrence trop importante des semis hauts sur ces semis bas?*

	2008	2015	2024	Evolution 2008-15	Evolution 2015-24
Alisier blanc	78	79	63	1%	-20%
Epicéa	120	96	79	-20%	-18%
Erable sycomore	188	174	135	-7%	-22%
Frêne	105	94	65	-10%	-31%
Hêtre	209	207	185	-1%	-11%
Sapin	192	163	141	-15%	-13%
Sorbier	137	134	112	-2%	-16%

Evolution du nombre de placettes sur lesquelles l'essence est présente en régénération



Régénération

Régénération et abrutissement

Strate	Pourcentage de semis accessibles abrutis
Brillonnes	4%
Chalet	24%
Combe de l'enfer	0%
Creux de l'envers	4%
Farges	12%
Varambon	26%
Vieille maison	19%
Autre	9%
Privée	5%
Publique	12%
750m	3%
1000m	6%
1250m	11%
1500m	21%
Pas d'exploitation	5%
Exploitation ancienne	14%
Exploitation récente	12%
Ppt feuillu	6%
Ppt mixte	9%
Ppt résineux	16%
Irrégulier	10%
Régulier	12%
RNNHCJ	11%

A l'échelle de la Réserve, 11% des semis accessibles sont abrutis en moyenne. L'équilibre forêt-ongulés est encore respecté.

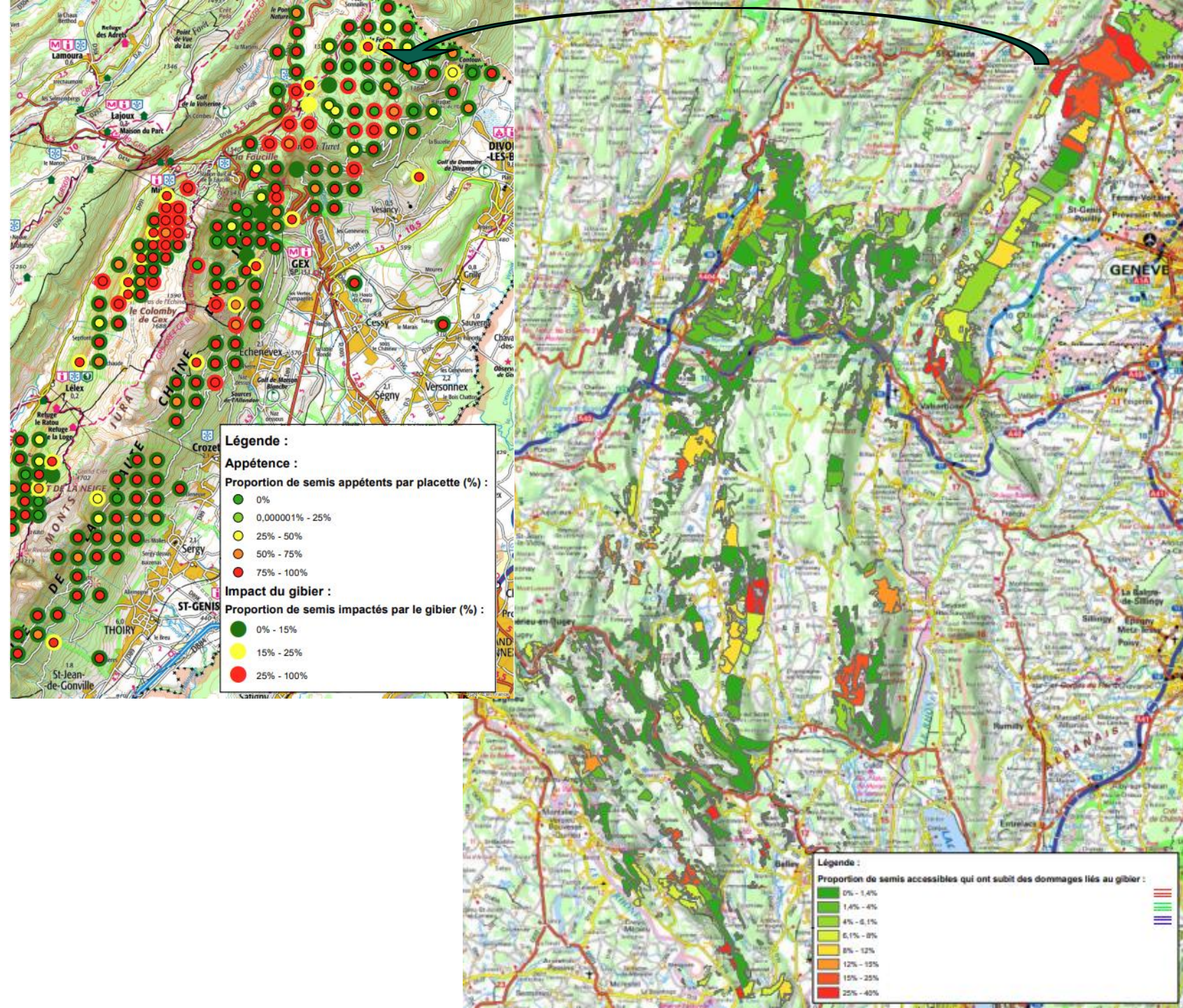
En revanche, dans certains secteurs, plus de 15% des semis sont abrutis (Chalet, Varambon, et les secteurs d'altitude). L'équilibre forêt-ongulés est dégradé dans ces secteurs.

Taux d'abrutissement
des semis accessibles
au gibier (par strate)



Régénération

- En comparaison avec l'ensemble des montagnes de l'Ain, la **proportion de semis abrutis par le gibier est plus importante sur la Réserve**, et en particulier au Nord de celle-ci.
- Dans la forêt de Divonnes, et les secteurs **Vieille Maison et Forêt du Chalet**, on trouve une forte concentration de semis abrutis par le gibier.



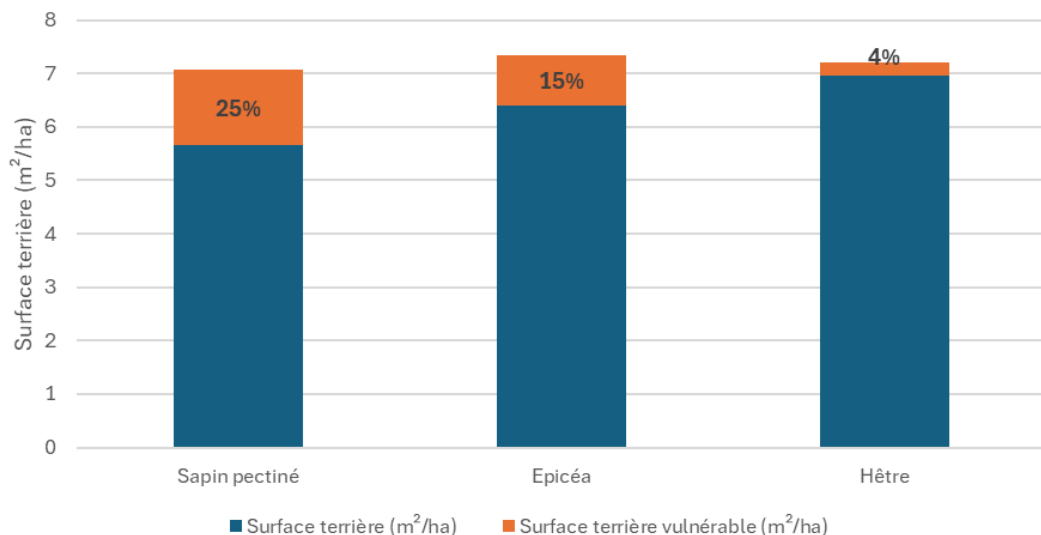
Avenir de la forêt

Approche climatique



Approche climatique

Estimation de la vulnérabilité climatique des principales essences



Indicateur issu de ClimEssences v2 (modèle de compatibilité climatique IKS) = **Vulnérabilité climatique** (Vulnérable = incompatible si réchauffement >6,5°C en France à l'horizon 2085 par rapport à l'ère préindustrielle)

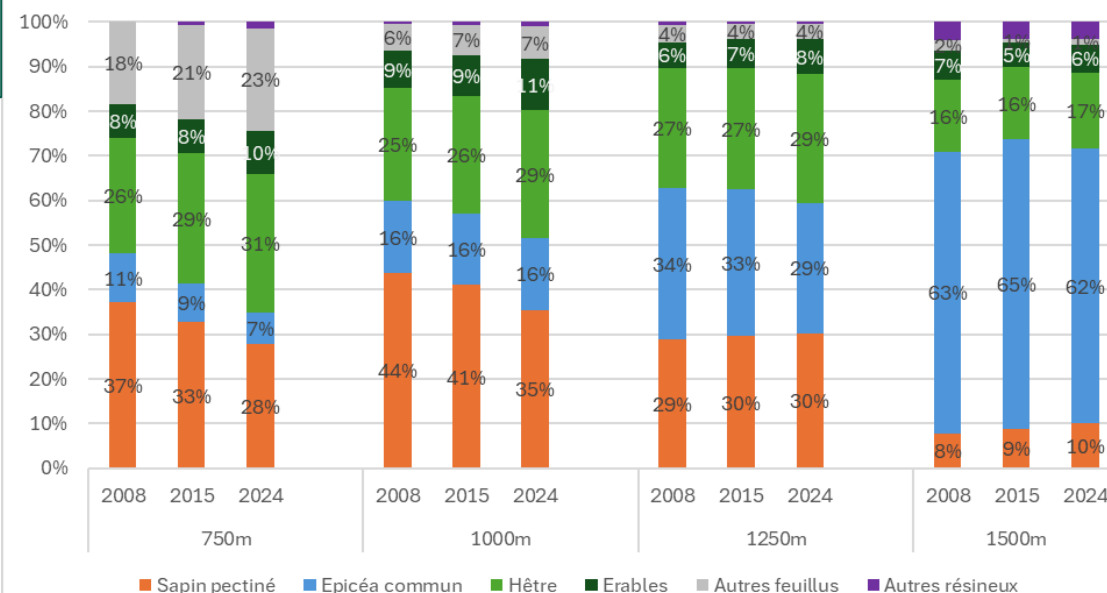
- L'épicéa est théoriquement l'essence représentée la plus sensible au réchauffement, vis-à-vis du sapin par exemple. Mais l'épicéa se situe majoritairement en altitude, ce qui explique sa plus faible vulnérabilité climatique sur la Réserve.
- A moyen terme, on peut s'attendre à voir la proportion de sapin diminuer sous 1000m d'altitude. Cette proportion devrait en revanche augmenter au-dessus des 1000m pour remplacer peu à peu l'épicéa.

- **Climatiquement**, d'après les indicateurs du modèle IKS, **25% du capital de sapin pectiné, 15% du capital d'épicéa et 4% du capital de hêtre** seraient **vulnérables** à l'horizon 2085.

Attention: **Modèle purement climatique**, donc plutôt **optimiste** (n'intègre pas les risques biotiques (scolyte, gibier...), abiotiques (tempêtes, incendies...), les contraintes de sol, les chaleurs extrêmes...)

L'épidémie de scolytes touchant les épicéas actuellement n'est pas intégrée dans ce modèle climatique.

Evolution de la composition en essence par strate d'altitude entre 2008 et 2024



Avenir de la forêt

Grands enseignements



Grands enseignements

Adaptation aux changements climatiques et production:

- **Baisse de la production pour toutes les essences** → Pour garantir une gestion durable, il faudra **réduire les volumes totaux récoltés** en conservant, voire en réduisant les rotations si la mortalité continue.
- Des résineux meurent, dans les zones exploitées comme dans les zones non exploitées.
- Le sapin semble davantage touché à basse altitude, contrairement à l'épicéa qui dépérit partout.
- Mais ces résineux sont encore majoritaires sur le massif, et ils conservent une **production intéressante** en comparaison aux autres essences.

L'idée serait donc de **profiter de cette production le plus longtemps possible** en récoltant de petites quantités de résineux, pour **faire remonter petit à petit le sapin en altitude**.

- **A basse altitude, la dynamique est feuillue. Il faudra l'accompagner pour réduire peu à peu la proportion de sapin** qui est encore majoritaire mais **vulnérable climatiquement** à ces altitudes. Néanmoins, il pourrait être intéressant de **conserver une part de résineux à ces basses altitudes car ils sont les plus productifs** (travail de veille pour discerner les individus les plus productifs et résilients). A cette altitude la dynamique de **régénération est naturellement favorable aux feuillus. Il faudra l'accompagner et surtout gérer la compétition entre essences** pour éviter que le hêtre ne prenne trop le dessus.
- **A l'étage de la hêtraie sapinière, la dynamique est également feuillue.** Il faudra continuer à **favoriser cette diversification avec des essences comme l'érable ou les autres feuillus** qui prennent de plus en plus de place dans le mélange. Au vu du taux de production de l'érable, cette essence pourra devenir une vraie essence de production, y compris en altitude.
- **Aux plus hautes altitudes (>1500m), l'épicéa est majoritaire (>60%).** A long terme, il serait plus prudent de **réduire peu à peu la part d'épicéas au profit du sapin** qui semble encore adapté et performant à ces altitudes (vers la sapinière-pessière). En termes de passage à la futaie, l'épicéa est l'essence majoritaire. Il y aura donc un travail important dans le renouvellement pour favoriser d'autres essences mieux adaptées climatiquement.

Grands enseignements

Vers un changement de sylviculture

- Les **feuillus** sont globalement **plus jeunes** sur la Réserve, mais ils **continuent de vieillir**. La **sylviculture des feuillus** devra prendre de plus en plus d'importance pour tirer le meilleur parti de cette production.
- A la suite des ouvertures, **la forêt se régénère**. Mais la **composition de cette régénération diffère suivant les secteurs**.

Il y aura un **travail important de suivi de ces zones et de la régénération** en général.

Au vu de la dynamique du hêtre en régénération, le principal point de vigilance sera de **conserver au maximum la diversité dans cette régénération grâce aux travaux sylvicoles** (*Cf proportion d'essences en régénération par secteurs*).

Cela se traduit par une **gestion de la concurrence entre essences** et par une **vigilance sur l'impact du gibier** sur certains secteurs.

→ Prioriser les zones à travailler en fonction de la répartition des semis en régénération, et de la divergence des dynamiques de passage à la futaie par rapport aux dynamiques souhaitées.

Indicateurs de biodiversité

- Le **taux de bois mort en forêt a fortement augmenté**, ce qui est **bénéfique pour la biodiversité**. « *La survie de plus de 20% des espèces forestières européennes est liée au volume, à la diversité et à la continuité du bois mort* » (RNF et al. 2012). Le volume de bois mort dans les forêts de la RNNHCJ est suffisant mais il est le résultat des dépérissements récents sur les résineux. Sa diversité est sans doute encore limitée.
- La densité de **très gros bois a légèrement diminué mais on compte 1,53 TGB/ha** en moyenne à l'échelle de la Réserve (au seuil de diamètre de 72,5cm). Le seuil d'un très gros bois par hectare n'est pas respecté sur Brillonnes, dans les peuplements à dominante feuillue, et dans les peuplements à plus haute altitude (principalement car ces peuplements sont les plus jeunes).
- On accordera une attention particulière aux DMH présents dans la Réserve mais qui sont rares et longs à se créer (ex: Fentes, Cavités à terreau...).

Perspectives

Les 3 comptages de cet observatoire offrent une **base de données considérable**. Les **croisements possibles sont innombrables** et permettent de répondre à une partie de nos questionnements aussi bien dans la **gestion forestière** que dans la **compréhension de nos écosystèmes forestiers et de leurs évolutions**. Cet outil de suivi est une véritable **mine d'information**, en particulier au vu de la **vitesse et l'intensité des changements climatiques actuels**. Au fur-et-à-mesure des comptages, notre compréhension de ces écosystèmes continuera de s'améliorer, permettant ainsi d'adapter notre gestion à ces enjeux.

Des traitements supplémentaires mériteraient d'être réalisés pour approfondir l'analyse de ces 3 premiers comptages (ces propositions ne sont pas exhaustives):

- Des analyses pourraient être faites suivant une **strate « Capital 2015 » ou « moyenne du capital 2015-24 »**. L'idée serait de comparer les accroissements et mortalités dans les peuplements suivant leur capital initial.

Hypothèse: Sous un certain seuil de surface terrière, l'ambiance forestière devient trop faible, ce qui a un impacte négatif sur l'état sanitaire et la production des arbres restants.

- Une **comparaison des résultats sur la RNNHCJ avec le reste du territoire de l'Observatoire forestier des montagnes de l'Ain** permettrait de mettre en avant les spécificités de ce milieu.
- Il pourrait être intéressant de calculer les **accroissements par catégorie de bois (PB, BM, GB, TGB)** et par groupes d'essences, suivant les strates (en intégrant l'accroissement conventionnel), pour déterminer les arbres les plus productifs. Cela pourrait nous éclairer pour les consignes de martelage.
- Réalisation de **cartogrammes**, plus parlant pour la gestion (régénération, bois mort etc...)
- Analyse de **l'évolution des rapports de force et des dynamiques entre essences vis-à-vis des changements climatiques** à l'échelle de la RNNHCJ. La réaction des écosystèmes forestiers semble plus complexe qu'une simple remontée des essences en altitude. L'objectif serait de traduire ceci en règles de sylviculture plus fines (ex: Quelle essence faut-il aider dans la régénération? etc...).
- Dégager les **facteurs de mortalité du sapin, voire de l'épicéa** (Cf *Traitement exploratoire du PSDRF de la RNNHCJ, Stéphane Dumas, 2025*). Il semblerait que pour le sapin, la mortalité soit plutôt due à des variables climatiques, cela sera certainement plus simple à modéliser. L'idée serait de dégager quelques facteurs qui permettraient d'expliquer la mortalité de ces essences (facteurs topographiques, dendrométriques et climatiques), afin d'estimer dans un endroit donné, si l'essence est toujours présente par chance (ex: dans 80% des cas dans ces conditions il y a de la mortalité), ou pas.

Remerciements

Nous remercions l'ensemble des financeurs et des partenaires du projet pour leur soutien et leur engagement tout au long de cette démarche.

Leur contribution, en particulier celle du **Département de l'Ain**, de la **Réserve Naturelle Nationale de la Haute Chaîne du Jura**, du **Centre National de la Propriété Forestière**, du **Commissariat de massif à l'aménagement, au développement et à la protection du massif du Jura** conformément à l'article 8 de la convention avec la RNNHCJ, a été essentielle à la réalisation de ce travail.

Cet observatoire s'inscrit ainsi dans une dynamique collective au service du territoire.



Annexes



Annexes

Annexe 1: Surfaces terrières pour les principales essences et pour chaque strate

Surface terrière (Gha) m²/ha			Sapin pectiné				Epicéa commun				Hêtre				Erables				Autres feuillus				Autres résineux			Total			
Strates	Surface (ha)	Nb Placettes	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024
RNNHCJ	8665	277	7,4	8,5	7,5	-11%	7,5	8,5	7,5	-12%	5,9	7,2	7,2	1%	1,7	2,1	2,3	12%	1,4	1,6	1,6	-1%	0,3	0,3	0,3	24,1	28,2	26,5	-6%
Brillonnes	424	22	3,6	4,2	4,6	10%	13,2	15,1	13,1	-13%	5,2	6,4	7,1	10%		0,0	0,0		0,3	0,2	0,2		3,8	4,1	4,2	26,2	30,1	29,3	-3%
Chalet	345	22	2,2	2,7	2,7	3%	18,4	19,0	18,3	-4%	1,0	1,1	1,3	11%	1,4	1,4	1,5	8%	0,3	0,3	0,4		0,0			23,3	24,5	24,2	-1%
Combe enfe	24	3	3,1	6,4	6,0	-7%	0,3	0,2	0,2		5,7	6,1	5,8	-6%	2,7	3,5	3,3	-5%	6,9	4,2	3,9	-8%				18,8	20,5	19,2	-6%
Creux enve	462	21	16,8	15,6	14,1	-10%	1,1	0,8	0,2		5,2	6,2	6,9	12%	2,6	2,6	2,8	11%	4,5	5,0	4,8	-4%		0,1	0,1	30,3	30,2	28,9	-4%
Farges	516	23	4,4	5,2	5,9	14%	13,1	13,3	10,8	-19%	4,8	5,7	6,1	8%	1,0	1,5	1,7	13%	0,5	0,7	0,6		0,1			24,0	26,3	25,1	-4%
Varambon	94	20	6,9	9,2	10,1	9%	12,0	13,5	11,5	-15%	1,6	2,9	2,6	-10%	0,2	0,5	0,5		0,3	0,4	0,4		0,1			21,1	26,5	25,0	-6%
Vielle mai	1096	28	2,9	3,4	3,7	10%	10,3	11,0	9,9	-10%	4,9	5,5	5,6	1%	1,2	1,6	1,8	17%	0,5	0,1	0,2		0,3			20,1	21,6	21,2	-2%
autre	5704	138	8,4	9,9	8,4	-15%	5,9	7,1	6,2	-12%	6,7	8,2	8,1	-1%	1,9	2,4	2,7	12%	1,5	2,0	1,9	-1%	0,0	0,1	0,2	24,4	29,6	27,5	-7%
Privé	1980	59	7,9	9,2	8,1	-12%	10,4	12,1	10,9	-10%	7,0	9,0	9,3	3%	1,0	1,2	1,4	10%	1,3	1,5	1,3	-9%	0,3	0,3	0,3	27,9	33,3	31,3	-6%
Publique	6685	218	7,2	8,3	7,4	-11%	6,7	7,5	6,5	-13%	5,6	6,6	6,6	0%	1,8	2,3	2,6	13%	1,4	1,7	1,7	2%	0,2	0,3	0,3	23,0	26,7	25,1	-6%
Alti 750m	917	25	8,7	8,6	6,7	-22%	2,5	2,3	1,7	-25%	6,0	7,6	7,5	-2%	1,8	2,0	2,3	18%	4,3	5,6	5,6	-1%		0,2	0,3	23,3	26,3	24,1	-8%
Alti 1000m	2456	69	10,8	12,1	9,6	-21%	4,0	4,7	4,4	-7%	6,2	7,8	7,7	-1%	2,1	2,8	3,1	12%	1,5	2,0	2,0	0%	0,1	0,2	0,3	24,6	29,6	27,0	-9%
Alti 1250m	3711	113	7,2	8,8	8,6	-2%	8,5	9,8	8,3	-15%	6,7	8,0	8,2	2%	1,4	2,0	2,2	11%	1,0	1,1	1,0	-3%	0,2	0,1	0,1	25,0	29,7	28,4	-4%
Alti 1500m	1581	70	1,7	2,1	2,3	10%	13,8	15,2	14,0	-8%	3,5	3,8	3,9	1%	1,4	1,3	1,4	13%	0,5	0,2	0,3		0,9	0,9	0,9	21,8	23,5	22,7	-3%
Pas d'exploit.	2845	86	6,5	7,4	6,4	-14%	7,5	8,7	7,7	-11%	7,0	8,6	8,8	2%	2,2	2,4	2,7	12%	2,0	2,5	2,5	0%	0,6	0,7	0,7	25,7	30,3	28,8	-5%
Exploit. Ancienne	3895	129	7,6	9,1	8,5	-6%	7,7	8,8	7,8	-12%	5,3	6,2	6,6	7%	1,5	1,9	2,1	13%	1,1	1,3	1,3	0%	0,1	0,1	0,1	23,5	27,3	26,5	-3%
Exploit récente	1925	62	8,3	9,1	7,4	-19%	7,1	7,7	6,6	-14%	5,5	6,9	6,1	-11%	1,2	1,9	2,2	13%	1,0	1,1	1,1	-4%	0,0	0,0	0,0	23,1	26,8	23,4	-13%
Ppt Feuillu	2086	58	4,2	4,5	2,7	-40%	1,8	1,5	0,8		10,2	12,6	12,4	-2%	3,2	3,8	4,1	7%	3,4	4,4	4,4	-1%	0,1	0,0	0,1	22,9	27,0	24,5	-9%
Ppt Résineux	3171	118	8,6	10,3	9,9	-4%	12,4	14,1	13,4	-5%	2,4	2,9	2,7	-6%	0,7	1,0	1,1	17%	0,4	0,4	0,4		0,5	0,6	0,6	25,1	29,3	28,1	-4%
Ppt Mixte	3408	101	8,2	9,3	8,3	-10%	6,4	7,6	6,1	-19%	6,6	7,8	8,2	6%	1,6	2,0	2,3	16%	1,1	1,1	1,1	-1%	0,1	0,1	0,2	24,0	27,9	26,3	-6%
Irrégulier?	5667	178	7,7	8,9	8,0	-11%	7,7	8,7	7,7	-12%	5,4	6,6	7,0	6%	1,5	2,0	2,3	12%	1,2	1,5	1,5	0%	0,2	0,3	0,3	23,7	28,1	26,8	-5%
Régularisé	2998	99	6,9	7,7	6,7	-13%	7,1	8,2	7,2	-12%	7,0	8,1	7,6	-7%	2,1	2,1	2,4	14%	1,6	1,9	1,9	-1%	0,3	0,3	0,3	25,0	28,4	26,1	-8%



Annexes

Annexe 2 : Volume total de bois mort pour les principales essences et pour chaque strate

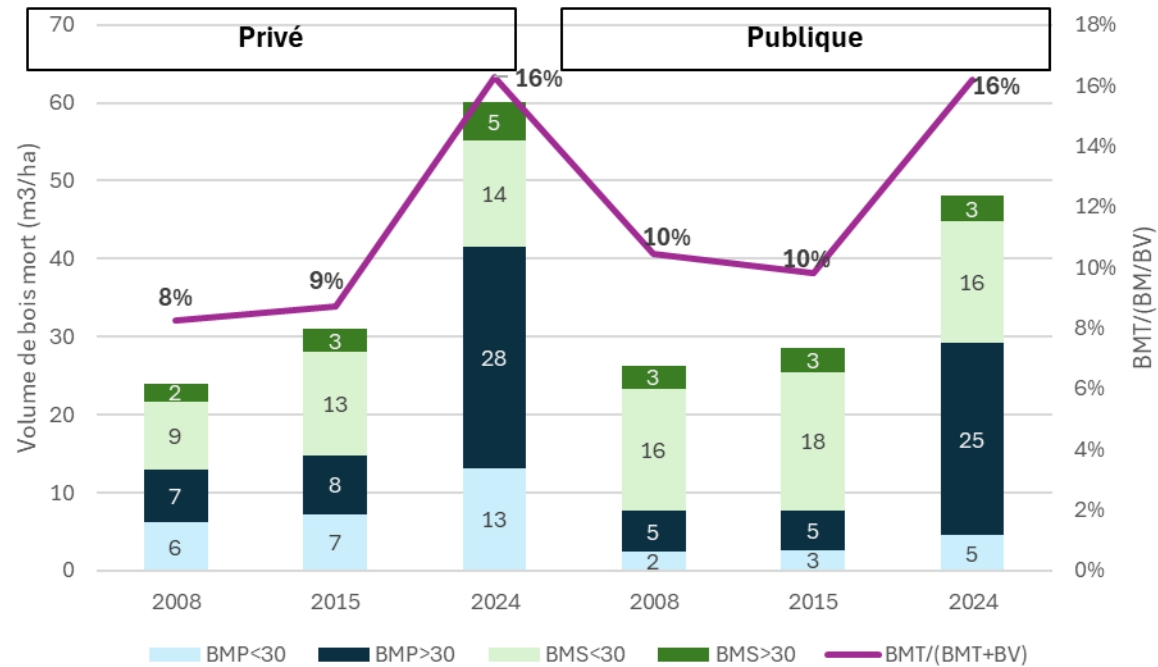
Volume total de bois mort (m3/ha)			Sapin pectiné				Epicéa commun				Hêtre				Erables				Autres feuillus				Autres résineux				Indéterminé				Total			
Strates	Surface (ha)	Nb Placettes	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	2008	2015	2024	2008	2015	2024	Evolution 2015-2024	
RNNHCJ	8665	277	7,7	7,5	17,0	127%	7,5	7,0	19,6	179%	1,4	2,9	5,4	87%	0,2	0,7	0,9	30%	3,3	5,6	2,7	-51%	2,6	4,4	2,2	-50%	3,0	1,1	3,1	26	29	51	74%	
Brillonnes	424	22	0,9	1,6	4,5	184%	12,0	15,2	38,6	155%	1,4	0,6	5,6	856%					0,8	2,4	3,4		3,8	9,0	11,5		0,6	0,6	0,1	20	29	64	117%	
Chalet	345	22	1,7	0,2	3,0		16,7	23,3	29,2	25%		0,8	0,3	-59%	0,1	0,2	0,0		0,5	0,1	0,4		1,2	0,7	2,8		1,0	1,5	1,8	21	27	38	41%	
Combe enfe	24	3	9,7	23,9	9,4	-60%	0,6	4,2	1,2	-71%	2,4	0,2	1,8						3,9	22,5	2,5						4,7	0,3	1,8	21	51	17		
Creux enve	462	21	15,9	7,9	23,6	198%	3,1	2,6	4,9	86%	1,4	1,6	4,9	209%	0,2	0,8	0,9		6,9	11,0	9,1		1,1	5,2	0,4		6,8	2,2	3,4	35	31	47	51%	
Farges	516	23	3,4	1,6	4,6	194%	6,8	9,2	31,2	237%	2,5	2,1	4,4	106%		0,6	0,4		2,7	4,7	1,1		4,2	7,0	0,0		2,0	0,6	4,8	22	26	46	80%	
Varambon	94	20	7,9	3,4	7,3	114%	21,4	24,7	70,0	183%	2,8	0,6	2,1	243%		0,5	0,0		1,2	2,1	0,3		1,2	6,4			1,1	0,2	1,5	36	38	81	114%	
Vielle mai	1096	28	4,1	1,8	5,5	211%	13,4	9,0	28,0	209%	1,7	2,3	5,9	161%		0,0	0,3		2,5	2,4	0,7		4,1	5,7	4,2		2,7	1,8	6,0	28	23	51	121%	
autre	5704	138	9,0	9,9	21,7	119%	5,7	4,9	15,5	213%	1,3	3,5	5,8	64%	0,3	0,9	1,1		3,7	6,4	2,8		2,3	3,7	1,5		3,2	1,0	2,7	25	30	51	68%	
Privé	1980	59	6,9	8,5	22,1	160%	11,1	11,1	23,0	107%	1,1	2,1	7,0	232%	0,0	0,1	0,1		2,5	4,2	3,7		1,7	4,3	2,7		0,6	0,7	1,4	24	31	60	94%	
Publique	6685	218	7,9	7,2	15,5	116%	6,4	5,8	18,6	219%	1,4	3,1	4,9	58%	0,3	0,8	1,1		3,6	6,0	2,4		2,9	4,4	2,0		3,7	1,3	3,6	26	29	48	68%	
Alti 750m	917	25	12,9	15,1	30,4	101%	2,0	1,4	4,0	181%	0,4	2,8	5,0	79%	0,7	0,1	1,4		2,9	6,5	5,6		0,2	2,2			4,2	1,9	2,4	23	30	49	63%	
Alti 1000m	2456	69	10,8	8,8	25,0	185%	2,6	2,7	8,1	203%	1,3	1,8	5,4	204%	0,2	1,1	1,5		4,9	9,2	3,6		1,7	2,9	1,6		4,7	0,8	2,8	26	27	48	77%	
Alti 1250m	3711	113	7,4	7,3	14,6	102%	9,6	8,8	25,2	186%	2,0	4,3	7,1	65%	0,0	0,7	0,6		2,9	4,4	2,1		4,1	4,8	2,8		2,2	1,0	3,8	28	31	56	79%	
Alti 1500m	1581	70	0,7	1,4	2,0	42%	13,6	13,0	33,8	159%	0,6	1,4	1,7	17%	0,4	0,2	0,1		2,1	1,8	1,2		1,9	7,0	3,0		1,8	1,5	2,3	21	26	44	67%	
Pas d'exploit.	2845	86	7,4	7,8	19,8	153%	7,3	7,4	19,2	158%	1,4	3,0	5,8	95%	0,6	0,4	1,1		3,8	7,0	3,3		1,9	4,4	2,6		3,0	0,9	2,4	25	31	54	75%	
Exploit. Ancienne	3895	129	8,3	7,5	14,6	96%	7,4	7,1	20,6	192%	1,1	2,4	2,7	10%	0,1	0,8	0,8		2,8	4,3	2,3		3,6	5,2	1,2		3,2	1,3	3,1	26	28	45	59%	
Exploit récente	1925	62	7,0	7,0	17,7	154%	7,9	6,4	18,2	185%	1,9	3,7	10,2	177%	0,0	0,7	0,7		3,8	6,0	2,7		1,6	2,9	3,5		2,8	1,1	4,0	25	28	57	105%	
Ppt Feuillu	2086	58	9,8	7,2	20,0	179%	2,4	1,6	7,9	395%	1,6	5,0	8,4	70%	0,5	1,3	1,9		4,5	9,3	5,6		2,5	2,5	1,2		3,8	1,0	4,6	25	28	50	77%	
Ppt Résineux	3171	118	7,7	7,6	15,2	101%	11,8	11,2	24,8	121%	0,9	1,5	3,8	153%	0,0	0,3	0,1		2,2	3,1	0,9		2,4	6,9	2,7		1,8	1,2	2,2	27	32	50	56%	
Ppt Mixte	3408	101	6,4	7,6	16,8	122%	6,6	6,4	21,9	240%	1,7	2,9	5,1	73%	0,2	0,5	0,9		3,8	5,5	2,6		2,9	3,2	2,4		3,7	1,1	3,0	25	27	53	92%	
Irrégulier	5667	178	8,7	8,4	16,8	99%	7,7	7,3	19,5	166%	1,3	2,8	5,2	88%	0,3	0,7	0,9		3,1	6,1	2,6		2,4	4,5	2,3		3,1	0,9	3,5	27	31	51	65%	
Régularisé	2998	99	5,8	5,7	17,4	207%	7,1	6,4	19,8	207%	1,5	3,1	5,8	84%	0,1	0,5	0,8		3,9	4,5	2,8		3,0	4,3	1,9		2,9	1,5	2,3	24	26	51	95%	



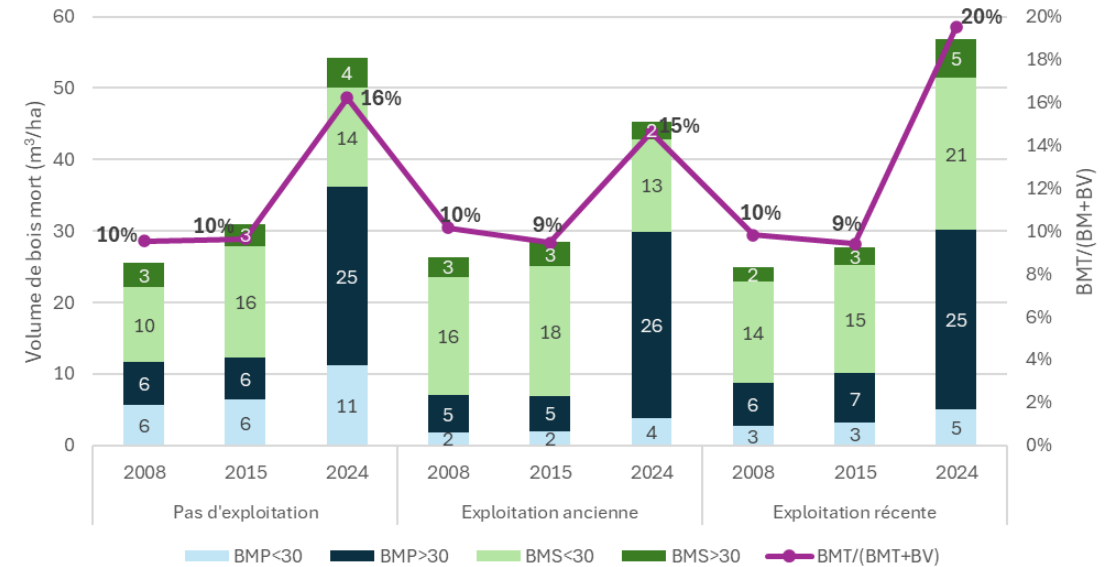
Annexes

Annexe 3 : Evolution du volume de bois mort suivant les strates propriété et intensité d'exploitation et zoom sur le hêtre

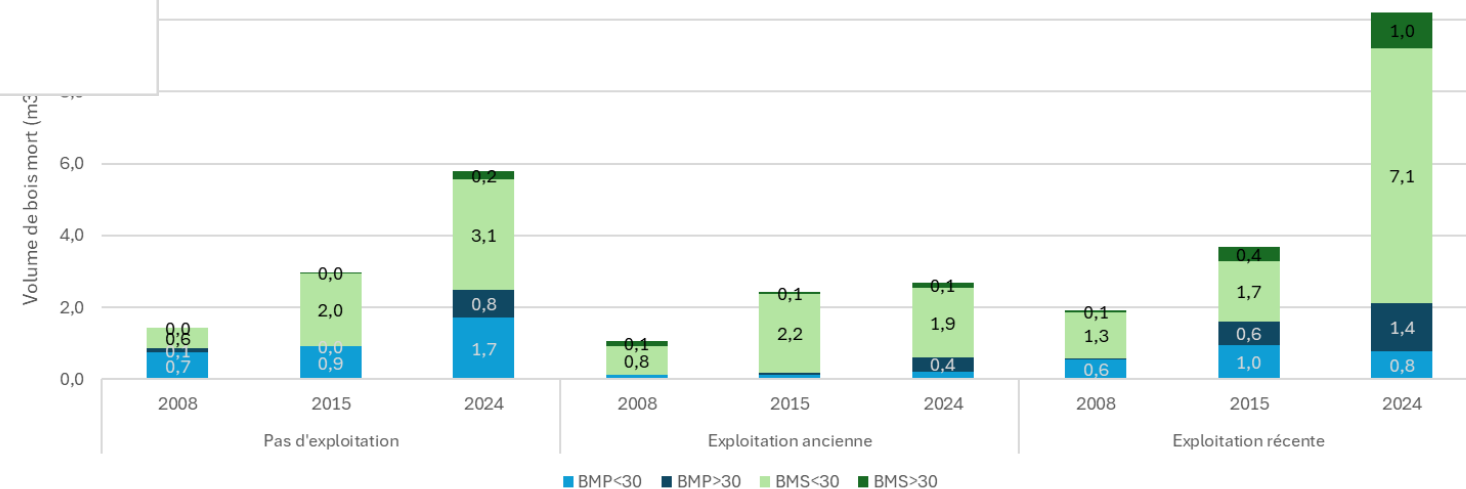
Evolution du volume de bois mort suivant la propriété



Evolution du bois mort en fonction de l'intensité d'exploitation



Evolution du volume de bois mort de hêtre par compartiment, suivant le gradient d'exploitation



Annexes

Annexe 4: Résultats relatifs au DendroMicroHabitats (attention Biais observateur important)

	Prive	Publique	Ppt feuillus	Ppt mixte	Ppt Résineux	Pas d'exploit.	Exp. Ancienne	Exp. Récente
Bryophytes	46%	18%	26%	29%	22%	29%	21%	29%
Lichens	28%	10%	8%	14%	22%	14%	9%	31%
Branches mortes	22%	10%	12%	13%	13%	19%	8%	11%
Concavité racinaire	20%	5%	7%	8%	12%	8%	9%	12%
Bois sans écorce	7%	3%	3%	5%	5%	4%	3%	7%
Lierre	2%	1%	4%	0%	1%	2%	1%	3%
Coulée de sève active	3%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	2%
Cavité à terreau de pied	3%	1%	1%	1%	2%	1%	2%	1%
Coulée abondante de résine	2%	1%	0%	1%	2%	1%	1%	2%
Fente	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0%	1%
Cavité à terreau de tronc	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0%	1%
Cime morte	1%	1%	2%	1%	0%	1%	0%	1%
Vestige de charpentière brisée	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	1%
Orifice et galerie d'insectes	1%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	1%
Loupe	1%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%

Répartition des DMH les plus représentés suivant différentes strates en 2024

(en % de tiges portant le DMH)

	Brillonnes	Chalet	Creux de l'envers	Farges	Varambon	Vieille maison	autre	Publique	Privée	Pas d'exploitation	Exploitation ancienne	Exploitation récente	Ppt Feuillus	Ppt Mixte	Ppt Résineux	Irrégulier	Régulier
Diversité des types de DMH	5,0	1,9	1,2	0,9	2,9	2,8	2,2	1,9	3,7	2,3	2,0	3,0	2,0	2,5	2,2	2,5	1,9

=nombre moyen de type de DMH par placette de chaque strate.

7 types existent: Cavités, Blessures et bois apparents, Bois mort dans le houppier, excroissances (loupe, gourmands...), champignons, structures épiphytes & parasites... (mousse, nids...), exsudats (coulée de sève/résine).

Diversité moyenne des types de DMH par strate

- Proportionnellement, on trouve davantage de DMH en forêt privé qu'en forêt publique. **(biais observateur)**
 - **Les DMH sont plus nombreux dans les peuplements résineux.**
- Ceci est contraire à la littérature classique où l'on trouve habituellement plus de DMH sur feuillus. Mais cela est certainement porté par les dépérissements présents principalement sur résineux.



Annexes

Annexe 5: Evolution de la production sur les différentes strates de la RNNHCJ

Strates	Accroissement courant en surface terrière 2008-2015 (m ² /ha/an)	Accroissement courant en surface terrière 2015-2024 (m ² /ha/an)	Taux d'accroissement 2008-2015	Taux d'accroissement 2015-2024	Evolution du taux d'accroissement
RNNHCJ	0,92	0,44	3,5%	1,6%	-54%
Brillonnes	0,67	0,45	2,4%	1,5%	-36%
Chalet	0,46	0,28	1,9%	1,2%	-39%
Combe enfe	1,05	0,16	5,3%	0,8%	
Creux enve	0,90	0,45	3,0%	1,5%	-49%
Farges	0,77	0,46	3,0%	1,8%	-42%
Varambon	1,25	0,54	5,3%	2,1%	-60%
Vielle mai	0,64	0,40	3,1%	1,9%	-39%
autre	1,03	0,45	3,8%	1,6%	-58%
Privé	1,05	0,48	3,4%	1,5%	-57%
Publique	0,88	0,43	3,5%	1,6%	-54%
Alti 750m	0,86	0,49	3,5%	1,9%	-44%
Alti 1000m	1,06	0,47	3,9%	1,7%	-58%
Alti 1250m	0,96	0,47	3,5%	1,6%	-54%
Alti 1500m	0,65	0,30	2,8%	1,3%	-55%
Pas d'exploit.	0,91	0,42	3,3%	1,4%	-56%
Exploit. Ancienne	0,93	0,41	3,6%	1,5%	-58%
Exploit récente	0,92	0,51	3,7%	2,0%	-45%
Ppt Feuillu	0,89	0,38	3,6%	1,5%	-59%
Ppt Résineux	0,94	0,48	3,5%	1,7%	-52%
Ppt Mixte	0,92	0,44	3,5%	1,6%	-54%
Irrégulier	0,94	0,44	3,6%	1,6%	-56%
Régularisé	0,89	0,43	3,3%	1,6%	-52%

Annexes

Annexe 6 : Evolution des taux d'accroissement par essence

	Sapin pectiné			Epicéa commun			Hêtre			Erables			Autres feuillus			Autres résineux	
	2008-2015	2015-2024	Evolution du taux d'accroissement	2008-2015	2015-2024	Evolution du taux d'accroissement	2008-2015	2015-2024	Evolution du taux d'accroissement	2008-2015	2015-2024	Evolution du taux d'accroissement	2008-2015	2015-2024	Evolution du taux d'accroissement	2008-2015	2015-2024
Accroissement courant (m ² /ha/an)	0,30	0,14		0,27	0,11		0,23	0,11		0,06	0,04		0,06	0,03		0,00	0,01
Surface terrière moyenne (m ² /ha)	8,0	8,0		8,0	8,0		6,5	7,2		1,9	2,2		1,5	1,6		0,3	0,3
Taux d'accroissement en surface terrière	3,8%	1,8%	-52,3%	3,3%	1,4%	-56,9%	3,5%	1,5%	-56,6%	3,4%	1,6%	-51,8%	3,9%	1,8%	-53,3%	1,8%	2,2%



Annexes

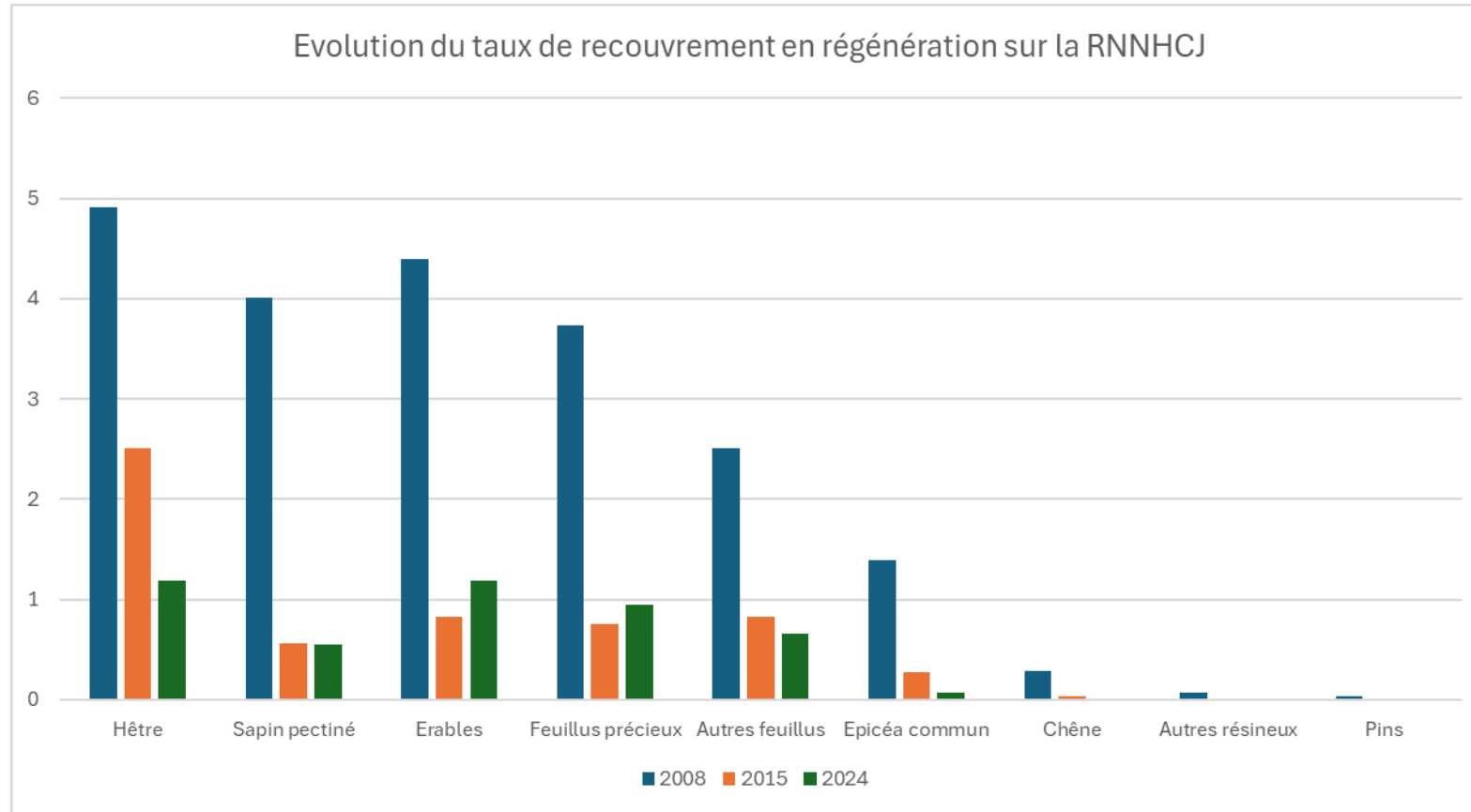
Annexe 7 : Evolution des taux d'ensemencement par essence et strates

	Sapin pectiné				Epicéa commun				Hêtre				Erables				Autres feuillus				Feuillus précieux			
	2008	2015	2024	Evolution	2008	2015	2024	Evolution	2008	2015	2024	Evolution	2008	2015	2024	Evolution	2008	2015	2024	Evolution	2008	2015	2024	Evolution
RNNHCJ	5%	4%	6%	2%	2%	2%	2%	1%	17%	21%	24%	3%	4%	4%	7%	3%	5%	5%	7%	1%	7%	5%	6%	1%
Brillonnes	0%	3%	2%	-2%	11%	6%	9%	3%	12%	24%	23%	-2%	0%	0%	2%	2%	9%	11%	9%	-2%	2%	0%	8%	8%
Chalet	0%	3%	9%	6%	8%	6%	12%	6%	3%	6%	14%	8%	17%	23%	30%	8%	20%	18%	18%	0%	5%	3%	5%	2%
Combe enfe	0%	11%	11%	0%				0%	0%	11%	11%	0%	11%	0%		0%	0%	0%		0%	0%	0%		0%
Creux enve	3%	3%	5%	2%	0%	2%	0%	-2%	16%	17%	6%	-11%	5%	0%	2%	2%	0%	2%	0%	-2%	19%	13%	2%	-11%
Farges	9%	4%	7%	3%	4%	7%	3%	-4%	12%	23%	13%	-10%	3%	4%	6%	1%	10%	10%	3%	-7%	1%	1%	1%	0%
Varambon	8%	12%	11%	-1%	5%	2%	2%	0%	5%	10%	16%	6%	2%	7%	4%	-3%	17%	23%	11%	-13%	5%	2%	2%	0%
Vieille maison	1%	2%	7%	5%	6%	2%	6%	4%	24%	24%	43%	19%	7%	4%	8%	5%	12%	1%	8%	7%	0%	1%	2%	1%
autre	7%	5%	6%	2%	0%	1%	1%	0%	18%	21%	23%	2%	2%	4%	6%	3%	3%	5%	6%	2%	8%	6%	7%	1%
Prive	3%	3%	4%	2%	2%	1%	4%	3%	9%	12%	23%	11%	2%	3%	6%	3%	2%	4%	9%	5%	2%	3%	6%	4%
Publique	6%	5%	7%	2%	2%	2%	2%	0%	19%	24%	24%	0%	4%	4%	7%	3%	6%	6%	6%	0%	8%	6%	6%	0%
750m	18%	8%	2%	-6%	0%	0%		0%	30%	21%	21%	0%	2%	2%	10%	8%	0%	2%	3%	2%	13%	9%	6%	-3%
1000m	7%	4%	9%	5%	1%	0%	1%	1%	12%	19%	18%	0%	3%	2%	7%	5%	3%	5%	5%	0%	14%	10%	11%	1%
1250m	3%	4%	7%	3%	2%	2%	2%	0%	21%	25%	29%	4%	3%	5%	6%	2%	4%	4%	7%	3%	3%	3%	4%	1%
1500m	0%	2%	2%	0%	6%	5%	7%	2%	8%	15%	22%	7%	8%	7%	8%	1%	15%	11%	10%	-1%	1%	1%	2%	1%
Pas d'exploit.	5%	4%	3%	-1%	3%	3%	3%	0%	13%	16%	16%	1%	2%	2%	4%	2%	4%	4%	5%	1%	5%	5%	4%	-1%
Exp. Ancienne	6%	4%	7%	4%	1%	2%	2%	0%	19%	23%	21%	-2%	5%	5%	5%	0%	6%	6%	5%	-1%	7%	5%	7%	2%
Exp. Récente	5%	6%	9%	3%	1%	0%	3%	2%	19%	24%	39%	16%	4%	5%	16%	11%	7%	5%	11%	6%	9%	6%	8%	2%
Ppt feuillu	9%	5%	4%	-1%	0%	0%	0%	0%	15%	18%	21%	3%	3%	3%	9%	6%	0%	2%	4%	2%	7%	7%	10%	3%
Ppt résineux	4%	4%	8%	4%	4%	3%	5%	2%	14%	15%	20%	5%	6%	7%	8%	1%	11%	9%	11%	2%	6%	5%	5%	0%
Ppt mixte	5%	4%	6%	2%	1%	2%	1%	0%	21%	28%	29%	1%	2%	1%	5%	3%	3%	4%	4%	0%	7%	4%	5%	1%
Irrégulier	4%	5%	7%	2%	2%	2%	3%	1%	17%	20%	24%	4%	3%	4%	7%	4%	5%	5%	6%	1%	7%	5%	7%	2%
Régulier	7%	3%	6%	3%	2%	2%	2%	1%	17%	23%	23%	1%	4%	5%	6%	2%	7%	5%	7%	2%	6%	6%	4%	-1%

Rq: Evolution 2015-2024 en valeur absolue.

Annexes

Annexe 8 : Evolution du pourcentage de recouvrement par essence et par strate



Annexes

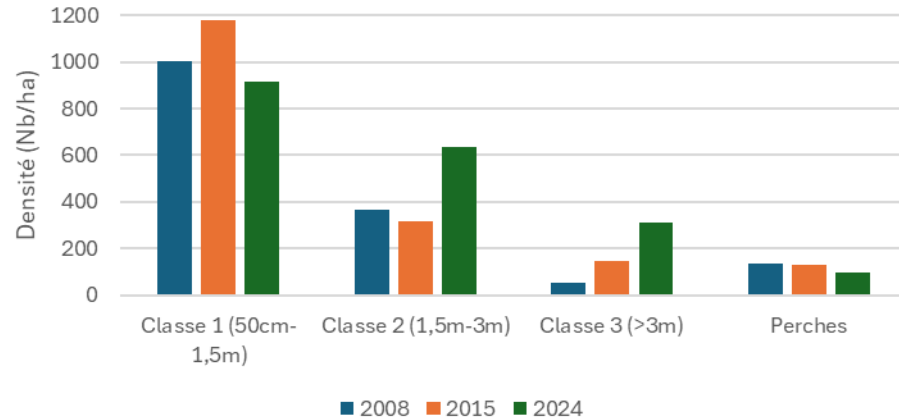
Annexe 9 : Evolution du passage à la futaie par essence et strate (N/ha/an)

	Sapin pectiné		Epicéa commun		Hêtre		Erables		Autres feuillus		Autres résineux	
	2008-15	2015-24	2008-15	2015-24	2008-15	2015-24	2008-15	2015-24	2008-15	2015-24	2008-15	2015-24
RNNHCJ	1,86	1,10	1,37	0,59	2,38	1,18	0,87	0,41	0,95	0,50	0,03	0,06
Brillonnes	0,62	0,50	2,27	0,86	1,03	1,36	0,00	0,00	1,03	0,43	0,41	0,36
Chalet	0,41	0,43	0,41	0,43	0,00	0,21	0,00	0,14	0,00	0,50	0,00	0,00
Combe enfer	9,09	1,57	0,00	0,00	3,03	0,52	1,52	0,00	3,03	0,00	0,00	0,00
Creux envers	2,17	1,20	0,22	0,00	1,95	1,12	0,87	0,22	1,52	1,05	0,22	0,07
Farges	1,98	2,19	1,58	0,68	1,78	1,09	0,79	0,48	0,59	0,07	0,00	0,00
Varambon	4,77	2,32	4,32	1,08	0,45	1,08	0,23	0,25	0,23	0,00	0,00	0,00
Vieille maison	1,30	0,56	1,95	1,24	1,62	0,95	0,65	0,28	0,00	0,17	0,00	0,00
autre	2,03	1,15	1,28	0,49	2,88	1,29	1,05	0,50	1,18	0,58	0,00	0,06
Prive	0,71	0,56	2,09	0,68	3,73	1,54	0,94	0,07	0,70	0,56	0,09	0,03
Publique	2,20	1,25	1,15	0,56	1,98	1,08	0,85	0,51	1,03	0,49	0,01	0,07
750m	2,17	1,74	0,41	0,35	1,56	1,11	0,61	0,39	1,46	0,75	0,11	0,21
1000m	2,87	1,17	1,31	0,42	3,14	1,35	1,26	0,73	1,82	0,75	0,00	0,08
1250m	1,55	1,16	1,50	0,59	2,62	1,42	0,89	0,28	0,62	0,36	0,00	0,00
1500m	0,78	0,45	1,68	0,97	1,09	0,40	0,36	0,23	0,07	0,31	0,11	0,08
Pas d'exploit.	1,36	0,68	1,73	0,69	3,31	1,14	1,16	0,49	1,30	0,72	0,06	0,05
Exploit. Ancienne	2,41	1,47	1,12	0,47	1,73	1,02	0,71	0,34	0,77	0,45	0,00	0,09
Exploit. Récente	1,48	0,96	1,34	0,67	2,32	1,57	0,77	0,43	0,82	0,29	0,05	0,00
Ppt feuillu	1,17	0,69	0,00	0,09	4,12	1,62	1,61	0,58	2,78	0,91	0,00	0,11
Ppt résineux	1,87	1,37	2,58	0,96	1,20	0,53	0,35	0,18	0,19	0,15	0,06	0,06
Ppt mixte	2,26	1,08	1,08	0,54	2,40	1,52	0,90	0,52	0,55	0,58	0,03	0,03
Irrégulier	1,83	1,07	1,17	0,44	2,16	1,26	1,03	0,43	0,84	0,53	0,00	0,08
Régulier	1,90	1,14	1,74	0,87	2,80	1,04	0,57	0,37	1,17	0,45	0,09	0,02

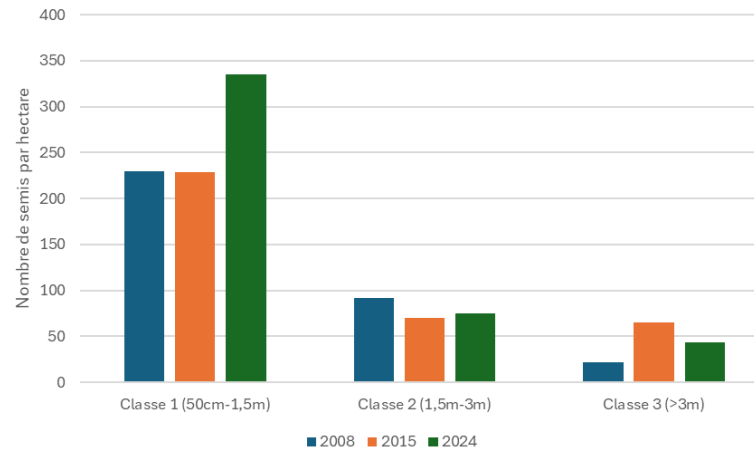
Annexes

Annexe 10 : Evolution de la densité de semis par essence

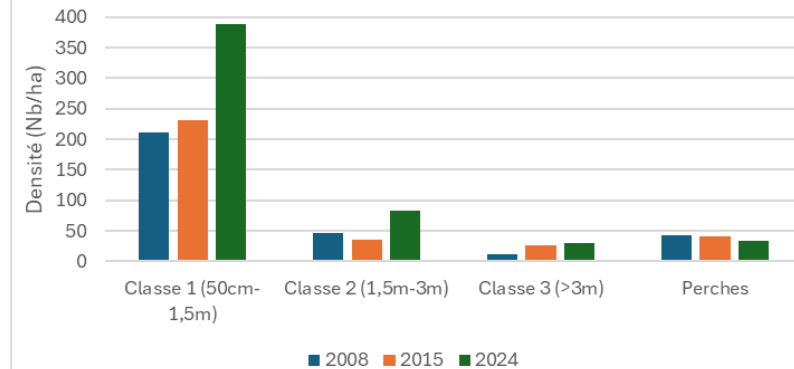
Evolution du nombre de semis et de perches de
hêtres



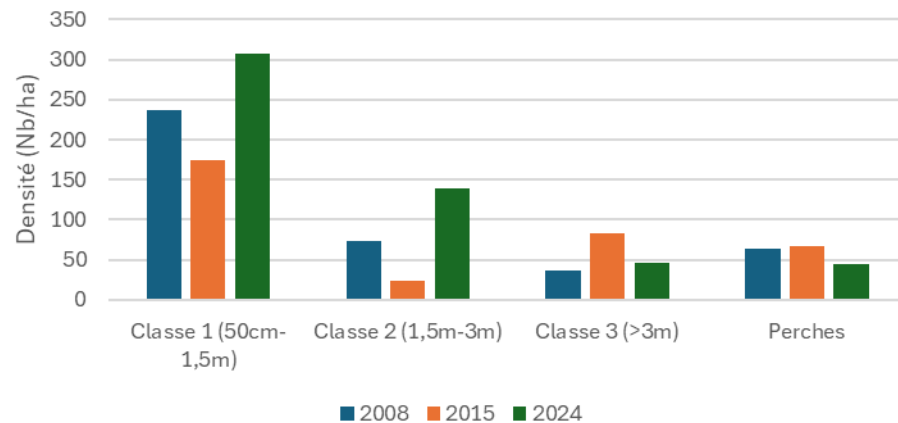
Evolution du nombre de semis d'autres feuillus



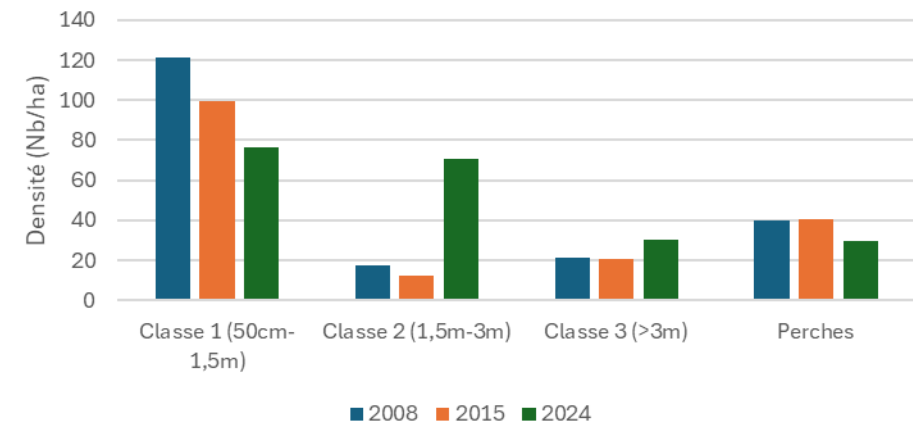
Evolution du nombre de semis et de perches
d'érables



Evolution du nombre de semis et perches de
sapins



Evolution du nombre de semis et de perches
d'épicéas



Annexes

Annexe 11 : Protocole détaillé à l'échelle de l'Observatoire forestier des montagnes de l'Ain

Protocoles Observatoire Forestier de l'Ain 3^e comptage

Rédigé par Sébastien Sinoquet (inspiré du PSDRF, Notice RNF)

Code couleur :

Écritures noires : Protocole commun à toutes les placettes

Écritures vertes : Spécificité du protocole Réserve (protocole utilisé dans les placettes se situant dans la Réserve naturelle nationale de la Haute Chaîne du Jura)

Écritures oranges : Spécificité du protocole Hors Réserve

Écritures bleues : Remarques

1) Repérage et matérialisation de la placette

Sur le MDS :

- Sur Inventaire2024, appuyer sur le logo de localisation situé sur la partie droite de la placette concernée.
- La bascule se fait automatiquement sur CartONF. Se rapprocher le plus possible du point indiquant le centre de la placette. Lorsque l'on se trouve à moins de 10 voire 5m, s'aider du schéma représentant la position des arbres au précédent comptage pour trianguler. Lorsque l'on pense être proche du centre, s'aider du détecteur de métaux pour le trouver

Rq : Inutile de sortir le détecteur de métaux avant d'avoir trianguler avec les arbres du précédent comptage (perte de temps)

- Lorsque le fer à béton est trouvé, marquer les 3 arbres les plus proches (et susceptibles d'être encore présents au prochain comptage) à l'aide de la griffe. Le symbole est une flèche vers le bas, dans la direction du centre de la placette (+ peinture dans la flèche)

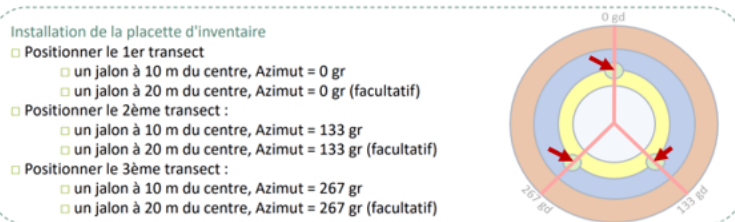
Rq : Dans certains cas, le fer à béton n'a pas été retrouvé. Un nouveau fer à béton a été remis dans les cas suivants :

- On a retrouvé les arbres mais le fer à béton a été enlevé (débardage, sentier...)
- Il y a eu une grosse coupe et les arbres repères ne sont plus présents.

Lorsqu'un nouveau fer à béton a été implanté, un commentaire a été inscrit et la position prise avec le MDS. Il faudrait repasser d'ici le prochain comptage pour prendre une position plus précise (Trimble).

- Le support avec l'émetteur du vertex est positionné au centre de la placette

On peut ensuite jalonner les azimuts 0gd, 133gd et 267gd :



2) Inventaire du bois mort au sol compris entre 5 et 30cm

L'échantillonnage est ici constitué de 3 transects linéaires de 20 m de longueur, disposées en étoile (azimuts 0 (nord), 133 et 267 grades - soit une distance totale échantillonnée de 60 m par placette).

Sur chacun de ces transects, dès qu'un bois mort au sol dont le diamètre à l'intersection du transect est compris entre 5cm et 30cm, on intégrera les données suivantes :

- Essence (si l'identification est impossible ou est trop incertaine, noter R.D, F.D ou IND)
- Diamètre (mesuré au niveau de l'intersection, vu depuis le ciel et perpendiculaire à la pièce de bois, voir illustration ci après),
- Angle de la pièce (degrés) par rapport à l'horizontale (voir illustration ci après) – Systématiquement inférieur à 50 deg. Il peut être mesuré avec le vertex.
- Contact avec le sol (oui/non),
- Origine de la pièce de bois au sol (origine naturelle ou pas)
- Stade de décomposition (voir partie « arbres morts debout »).

Remarque : Ici, le stade de pourriture, le stade écorce ainsi que le fait qu'il y ait contact ou non avec le sol sont appréciés à l'endroit de la prise de diamètre et dans les 5 cm avant et après.

Illustration de la prise de mesure de diamètre - vue du ciel

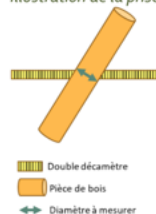
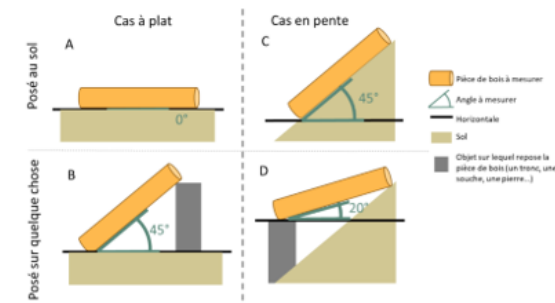


Illustration de la prise de l'angle avec l'horizontale

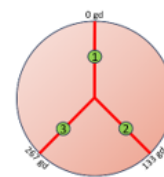


Cas à plat (A et B) : la pente est nulle, l'horizontale est donc équivalente à la surface du sol, il faut donc mesurer l'angle entre la pièce de bois et le sol.

Cas en pente :

- C : la pièce de bois est posée au sol, l'angle est donc égale à la pente ;
- D : la pièce de bois est posée sur quelque chose, l'angle à mesurer (estimer) est l'angle entre la pièce de bois et l'horizontale (à imaginer comme étant à la surface de l'eau dans un verre d'eau par exemple).

3) Régénération



La régénération est inventoriée sur 3 sous-placettes. Les centres des trois sous-placettes sont matérialisés par les jalons positionnés lors de l'installation de la placette (voir figure ci-contre). Ils sont situés à 10 m du centre de la placette, aux azimuts 0, 133 et 267 gd. Les sous placettes sont des cercles d'1,5 m de rayon.

On relèvera ici :

Pour chaque essence ligneuse (y compris non productive (ex : noisetier, cytise) :

- L'essence ;
- Le nombre de tiges des 3 classes de régénération (voir ci-après) ;
- Le pourcentage de recouvrement de semis de moins de 50 cm de hauteur (Dans ce cas dire que pour un recouvrement inférieur ou égal à 1%, noter 1% même s'il n'y a qu'un seul pied) ;
- Le recouvrement de la végétation concurrente sur le plateau (%) (**quand il y avait une forte concurrence de la végétation, l'espèce était indiquée en commentaire**) ;
- Semis accessible au gibier (Oui/non) = Semis compris entre 10cm et 1,5m de hauteur ;
- Proportion de ces semis accessibles qui sont frottés ou avec des traces d'abroustissement sur les pousses de l'axe principal des 2 dernières saisons de végétation.

Classes de régénération
Classe 1 : 0,5m < H < 1,5m
Classe 2 : H < 1,5m < 3m
Classe 3 : H > 3m et Diam < 7,5cm
Semis < 50cm notés en recouvrement (%)

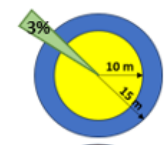
Annexes

Annexe 11 : Protocole détaillé à l'échelle de l'Observatoire forestier des montagnes de l'Ain

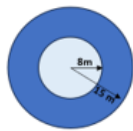
4) Arbres vivants

L'inventaire des arbres vivants est réalisé par au moins deux personnes. L'une, au centre de la placette, prend les azimuts et saisit les données, l'autre prend les mesures de diamètres, donne sa distance au centre de la placette et relève les dendromicrohabitats de chaque arbre (précomptable) selon la typologie en vigueur, en respectant les seuils de dimensions indiqués.

3 types d'arbres vivants sont mesurés lors de cette phase de l'inventaire :



Protocole Réserve : Dans un rayon de **10m**, les perches sont mesurées ($7,5\text{cm} < D < 17,5\text{cm}$). Dans un rayon de 15m, tous les arbres de plus de 17,5cm de diamètre sont mesurés. Au-delà des arbres situés dans l'angle relascopique de 3% sont également mesurés (un arbre sera compté si son diamètre (cm) est supérieur à 3 fois la distance (m) au centre).



Protocole Hors Réserve : Dans un rayon de **8m**, les perches sont mesurées ($7,5\text{cm} < D < 17,5\text{cm}$). Dans un rayon de 15m, tous les arbres de plus de 17,5cm de diamètre sont mesurés. Pas d'angle relascopique hors réserve.

Pour ces arbres on relèvera :

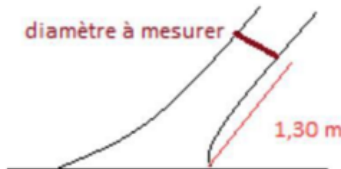
- L'essence
- L'azimut en grades, depuis le centre de la placette.
- La distance au centre de la placette en mètres, visée depuis le milieu du tronc à 1 m 30 de hauteur du sol (là où le diamètre est pris) et avec correction de pente (au Vertex si c'est possible);
- Deux diamètres perpendiculaires (D1, le premier diamètre mesuré, correspond au diamètre perpendiculaire au rayon de la placette)
- Le numéro de l'arbre au précédent comptage (à faire correspondre avec la liste des arbres mesurés au précédent comptage). Si l'arbre est nouveau, indiquer 0.
- Franc-pied ou taillis
- Les dendromicrohabitats (d'après Larrieu, Paillet, Winter et al. 2018). 1 minute max par arbre.
- Pour les perches, on indiquera s'il y a présence de frotis ou d'écorçage dû au gibier.

Comment bien prendre ces mesures ?

Distinction arbres vivants et arbres morts : tant que l'arbre présente encore une branche avec des feuilles de l'année, il est considéré comme vivant.

Cas des arbres penchés ou encroués :

Le diamètre est pris perpendiculairement au fût, à une longueur de 1,30 m à partir de la souche. Si l'angle est penché, le prendre au niveau où l'angle entre le fût et le sol est le plus petit (schéma ci-contre). En cas de pente, prendre en amont.



Mesure de la distance entre l'arbre et le centre de la placette :

Positionner le Vertex sur le bord du tronc de l'arbre au niveau du milieu de la tige et mesurer la distance horizontale (avec correction de pente) en visant le transpondeur situé au centre de la placette (voir schéma ci-dessous).



Attention aux interférences magnétiques quand vous utilisez un Vertex (boussole, montre, tablette, ...)

Mesure de l'azimut :

Il est mesuré par l'opérateur au centre de la placette, à l'aide d'une boussole à visée en grade. Il faut maintenir la boussole horizontale (sinon elle se bloque). Attention au magnétisme de certains télémètres (dont la mire du vertex) ou d'éléments métalliques (casquette, lunettes...), qui peuvent perturber la boussole.

Mesure du diamètre : Le diamètre se mesure à 1,30m de hauteur, côté amont en cas de pente, en évitant les excroissances, au-dessus des contreforts de l'empatement de l'arbre et sur l'écorce dégagée du lierre, des mousses, etc. Il est conseillé de marquer sur votre vêtement de terrain (petit fil de couleur par exemple) où se trouve 1m30 pour prendre toujours à la même hauteur. La mesure est enregistrée au centimètre entier recouvert par le compas (exemple le compas affiche 26,8cm, noter 26 cm – sauf dans le cas 7,5 cm).

Dans le cas de tiges jumelles, si leur soudure est située à une hauteur supérieure à 1,30 m, on la considère comme un seul arbre et une seule mesure est prise. Si elle est au-dessous, on mesure séparément chaque tige.

Remarques :

- Lorsque le diamètre est inférieur à celui du cycle précédent, noter tout de même la valeur observée et ne pas modifier la valeur précédente ;
- Si vous observez des différences d'azimut distance et que vous êtes certain qu'il s'agit bien du même arbre (!!!!!), corrigez les azimuts et distance du (des) cycle(s) précédent(s) ;

5) Arbres morts sur pied

Ils sont comptabilisés dans les deux cercles de 10 et 20 m de rayon, en fonction de leur diamètre :

- Jusqu'à 10 m : tous les arbres morts sur pied de diamètre $\geq 7,5\text{ cm}$
- Entre 10 et 20 m : tous les arbres morts sur pied de diamètre $\geq 30\text{ cm}$.

Les données relevées, pour tous les arbres morts sur pied, sont :

- L'essence (si l'identification est impossible, noter R.D (résineux divers) ou F.D (Feuillus divers) ou IND (indéterminée)),
- L'azimut (gr) depuis le centre de la placette,
- La distance (m) au centre, visée à 1m30;
- La pente, dans le cas où elle n'est pas corrigée automatiquement ;
- Le type : A (arbre), V (Chandelle), S (souche), T (souche anthropique), N (souche naturelle) ;

- Le diamètre (à 1,30 m pour les types arbres (A) ou chandelle (V), à mi-hauteur pour les souches (S, T, N)) ;
- La hauteur (m) pour les types chandelles et souche. Elle se mesure préférentiellement au vertex, ou bien à l'œil après étalonnage avec quelques arbres sur la placette. Elle permet de calculer les volumes. Dans le cas d'arbres penchés, c'est la longueur qui doit être estimée/mesurée ;
- Les dendromicrohabitats (important de bien se calibrer en amont et pendant le recomptage) ;
- Le stade de décomposition en deux parties : pourcentage d'écorce et degré de pourriture du bois, voir ci-après

Stade de décomposition

Écorce :

1. Présente sur tout le billon
2. Présente sur plus de 50% de la surface
3. Présente sur moins de 50% de la surface
4. Absente du billon

Pourriture du bois :

1. Dur ou non altéré
2. Pourriture $< 1/4$ du diamètre
3. Pourriture entre $1/4$ et $1/2$ du diamètre
4. Pourriture entre $1/2$ et $3/4$ du diamètre
5. Pourriture supérieure à $3/4$.

Types d'arbres morts sur pied

Type A : ARBRE. Il correspond aux arbres morts dont le volume peut être calculé en utilisant le même tarif de cubage que pour les arbres vivants. C'est le cas des arbres qui viennent de dépérir, ou bien des arbres qui ont perdu une partie de leurs rameaux fins, mais pas de parties importantes du squelette du houppier.

Type V : CHANDELLE. Il comprend les bois morts debout de hauteur supérieure à 1,30 m, ainsi que les arbres ayant perdu la totalité ou la quasi-totalité de leurs branches. Ces objets seront cubés en appliquant au diamètre à 1,30m une décroissance métrique par défaut de 1cm/m et en estimant sur le terrain une hauteur (ou précisément en la mesurant à l'aide du Vertex ou par quelque autre moyen).

Type S, T et N : SOUCHE. Il comprend les bois morts debout (souches) de hauteur inférieure à 1,30 m non déracinées. Ce type de bois mort sur pied sera cubé à partir d'un diamètre médian mesuré à mi-hauteur totale et d'une hauteur (formule du cylindre). On distinguera si possible les souches d'origine anthropique issues de la gestion forestière (T), et les souches d'origine naturelle (N). Le type S est attribué quand l'origine de la souche est inconnue

Remarque : A l'origine, il était prévu de prendre les mesures de distances et azimut des bois mort (debout et au sol >30cm) uniquement dans le protocole Réserve mais la saisie de ces informations était obligatoire sur l'application. Donc des mesures de distances et azimut ont été prises même hors Réserve. La précision de ces mesures reste à prendre avec des pincettes Hors Réserve.

Annexes

Annexe 11 : Protocole détaillé à l'échelle de l'Observatoire forestier des montagnes de l'Ain

6) Arbres morts au sol de diamètre 30cm

Ils sont relevés dans le cercle de 20 m. Lorsque la pièce de bois est limite, seule la partie présente dans les 20 m de rayon est mesurée. Il peut s'agir d'arbre entier ou de parties d'arbre (grosse branche morte ou grosse fourche morte tombées au sol, morceaux de troncs, houppier, ...)

L'arbre peut être découpé fictivement en plusieurs billons. Par exemple lors d'une décroissance significative, lorsque le diamètre est inférieur à 30 cm sur une partie de la pièce, des stades de décomposition très différents sur une partie significative.

Si le billon est inférieur à 5 m de long, possibilité de ne prendre que le diamètre médian (Dm).

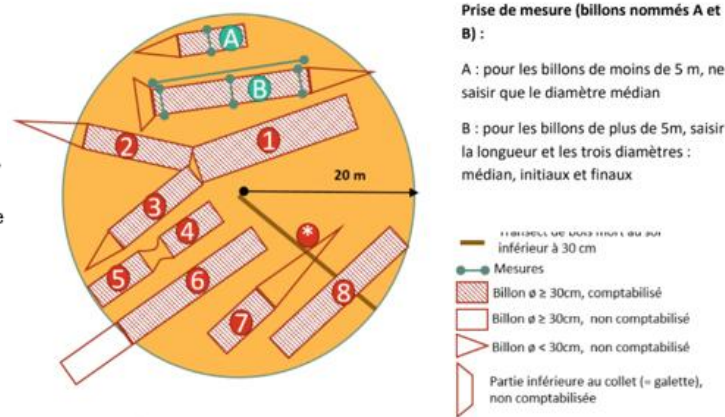
Pour chaque billon de bois de plus de 30 cm de diamètre, sont relevés :

- L'essence (si l'identification est impossible, noter R.D (résineux divers) ou F.D (Feuillus divers) ou IND (indéterminée))
- L'azimut (au niveau du diamètre médian),
- La distance au centre (au niveau du diamètre médian, avec correction de pente),
- Le diamètre médian (cm), c'est-à-dire à la moitié de la longueur de la pièce ;
- Les diamètres initiaux et finaux, tous supérieurs à 30 cm ;
- La longueur de la pièce de bois (en m) – attention : ne prendre en compte que la partie de l'arbre dont le diamètre est supérieur à 30 cm et se trouvant à l'intérieur de la placette de 20m ;
- La proportion du billon en contact avec le sol (%),
- L'origine de la pièce au sol (chablis ou exploitation).
- Le stade de décomposition (voir partie « arbre mort debout »)

Remarque : En cas de chablis, le volume de la galette n'est pas mesuré. La longueur devra être prise au niveau du collet (voir Illustration des mesures de billons de bois supérieurs à 30 cm).

Illustration des mesures de billons de bois supérieurs à 30 cm

Les parties hachurées sont prises en compte dans les « bois morts au sol supérieurs à 30 cm ».



Cas particuliers/ questions fréquentes (billons numérotés de 1 à 8)

1, 2, 3 : sont 3 billons de plus de 30 cm mesurés, portés par le même arbre (même numéro d'arbre). Ils font l'objet de 3 saisies différentes.

4 et 5 : si, sur un même morceau, le diamètre devient inférieur à 30 cm, saisir 2 morceaux, uniquement sur les parties supérieures à 30 cm.

6 : seules les parties à l'intérieur des 20 m sont mesurées.

7 : seules les parties supérieures à 30 cm de diamètres sont comptabilisées. Si le billon a une partie inférieure à 30 cm qui croise un transect (*), cette partie est comptabilisée dans la partie *bois mort au sol inférieure à 30 cm*.

8 : un billon supérieur à 30 cm qui se trouve sur un transect n'est comptabilisé que dans les *bois morts au sol supérieur à 30 cm*, pas dans les *bois morts au sol inférieurs à 30 cm* (sur les transects).

7) Variables placette

- NumPlac : Indiquer le numéro de la placette au dernier comptage (ex : HB101)
- Plantation : Y-a-t-il présence d'une plantation récente (arbres non précomptables) dans les 20m)
- Traces d'exploitation : Indiquer s'il y a des traces d'exploitation dans le rayon de 20m (souches, ornières...). 3 possibilités : Récente (moins de 10ans), Ancienne (plus de 10 ans), RAS
- Myrtille :

- o Mesure du % de recouvrement de la myrtille sur la placette (dans les 20m)
- o Indiquer le numéro du transect sur lequel est mesuré la hauteur de la myrtille (la mesure se fera sur le 1^{er} transect qui contient de la myrtille) (Transect 1 = 0gd, transect 2 = 133gd, transect 3 = 267gd)
- o Hauteur moyenne de la myrtille sur le transect (10 mesures tous les 50 cm dès que la myrtille commence sur le transect). A partir de ces valeurs, donner une hauteur moyenne de myrtille en cm

Remarque : Variable Myrtille demandée par la Réserve. A voir s'il n'aurait pas été préférable de prendre les mesures dans les placeaux de régénération ?

- Tétraoïdés :

- o Gélinotte : Si absence d'indices de gélinotte dans les 20m : RAS
Si présence (ex : crottes, plumes...), le préciser
- o Tétrés : Pareil que la variable gélinotte.

8) **Protocole DFCI** (uniquement pour les placettes se trouvant dans les SylvoEcorégions Plaines et Piémonts Alpains et 1^{er} plateaux du Jura) Cf. Carte en annexe pour les protocoles

Les données concernant la végétation située au sein de la placette de 10 m de rayon

La prise des données DFCI doit être faite **après l'acquisition des données dendrométriques**, de telle sorte que la placette ait été parcourue avant de renseigner les données de recouvrement.

Les tranches indiquées sont des compartimentations de l'espace en hauteur, pas des strates ou étages de type « dominant / sous-étage / arbustif » dont on a l'habitude en foresterie. Ici, on sort d'une logique peuplement, on ne s'intéresse qu'à des quantités de combustibles en 3D. Par exemple, la végétation de la tranche [4 – 5 m] peut comprendre des arbustes de sous-étage et/ou des branches basses de l'étage supérieur.

Les recouvrements s'entendent ici en taux d'occupation. Ainsi, un couvert complet représente 100 %, même si le feuillage est très clair (voire absent en hiver) et que de la lumière passe à travers.

Les recouvrements sont en classes de 10 % : 0 ; 1 à 10 %, 11 à 20 %, etc. Toutefois, ne pas tergiverser à 10 % près.

Sont à prendre en compte la végétation vivante et la végétation morte (rémanents, chablis, buis sec...)

NB : intercalibration à prévoir en formation (puis au sein des équipes).

Il est fortement recommandé de scinder la prise de données en **4 quarts de placettes**, matérialisés par le centre de la placette ainsi que 4 points cardinaux, avec des jalons (ou autre).

En effet, le travail par quart de placette, outre la précision qu'il confère, facilite l'appréhension des recouvrements (notamment en cas d'hétérogénéité).

Annexes

Annexe 11 : Protocole détaillé à l'échelle de l'Observatoire forestier des montagnes de l'Ain

Données à prendre :

- Sol nu (ou mousse) visible, c'est-à-dire non recouvert de litière : **recouvrement**
- Herbacées : **recouvrement**
Le cas échéant, déplacer un peu du pied les feuilles tombées à l'automne pour évaluer le couvert herbacé qu'elles cachent.
- Pour chacune des tranches suivantes, saisir l'**espèce ligneuse principale** dans le menu déroulant:
[0 - 2 m] ; [2 - 5 m] ; [5 - 10 m] ; [> 10 m]

Possibilité, s'il n'y a pas qu'une seule espèce qui se démarque nettement, de noter 2 espèces principales.

En l'absence d'espèces principales, saisir « NON ».

S'il y a une espèce principale mais qu'elle n'est pas reconnue, saisir « INC ».

Si l'espèce présente n'est pas dans la liste, saisir « AUT » et indiquer l'espèce en commentaire.

Une flore locale ou l'application PlantNet peut éventuellement être utilisée.

- Puis pour chacune des tranches suivantes, noter le **recouvrement** de la végétation ligneuse :
[0 - 0,5 m] ; [0,5 - 1 m] ; [1 - 2 m] ; [2 - 3 m] ; [3 - 4 m] ; [4 - 5 m] ; [5 - 10 m] ; [> 10 m]

On imagine qu'on ait supprimé la végétation au-dessous et au-dessus des hauteurs limites de la tranche et qu'on regarde le recouvrement de ce qui reste.

Les herbacées ne sont PAS à prendre en compte, ni la litière potentiellement épaisse.

Le raisonnement doit commencer par aborder les grands ensembles de manière globale ; notamment visualiser les tranches qui n'ont pas de différence notable entre elles.

L'utilisation de perches graduées est recommandée ; par défaut les opérateurs peuvent se calibrer en hauteur : 2 m représente souvent la hauteur bras levé, 1 m la hanche, 0,5 m le genoux...

9) Différence par rapport aux protocoles de 2015

- Régénération :

En 2015, il indiquait si le semis était de franc-pied ou de taillis.

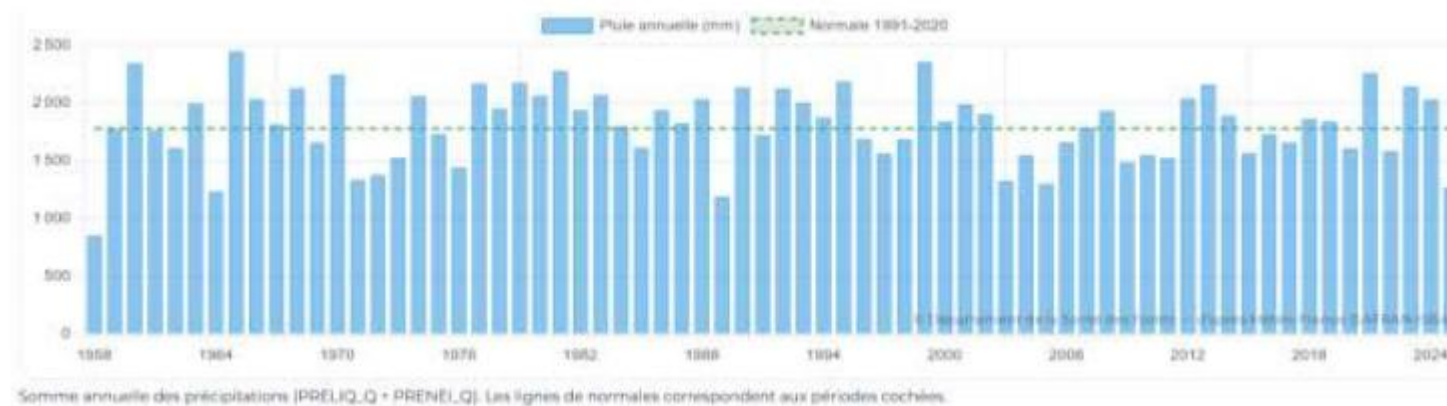
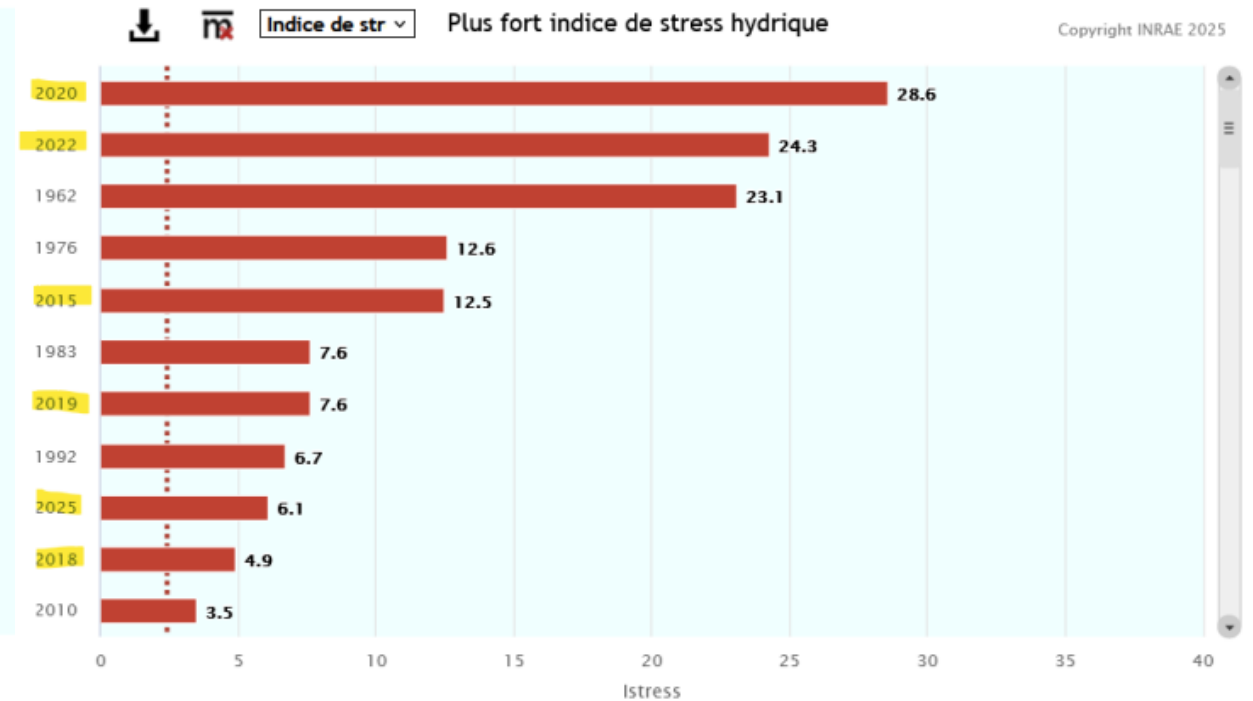
On indiquait pour chaque saisie (recouvrement ou nombre de tiges de chaque essence) s'il y avait des traces d'abroustissement ou pas (variable binaire Présence/ Absence)

- Les perches étaient mesurées dans un rayon de **10m** partout, y compris hors Réserve.
En revanche, hors Réserve, en forêt publique, la distance et l'azimut des perches n'était pas mesurés. On ne disait pas non plus s'il y avait frottis ou écorçage sur ces perches
- Diminution de rayon des perches mais prise des mesures de position de ces perches
- La position des bois morts au sol de plus de 30cm n'était pas indiquée.
- Il n'y avait pas de protocole DFCI
- Les variables Placette Myrtille et Tétrast ont été ajoutées en Réserve



Annexes

Annexe 12 : Données météorologiques issues du logiciel Biljou (INRAE) au Tiocan (RNNHCJ)



Merci pour votre attention.

Rédacteur
Sébastien SINOQUET
06.10.43.41.56
sebastien.sinoquet@onf.fr