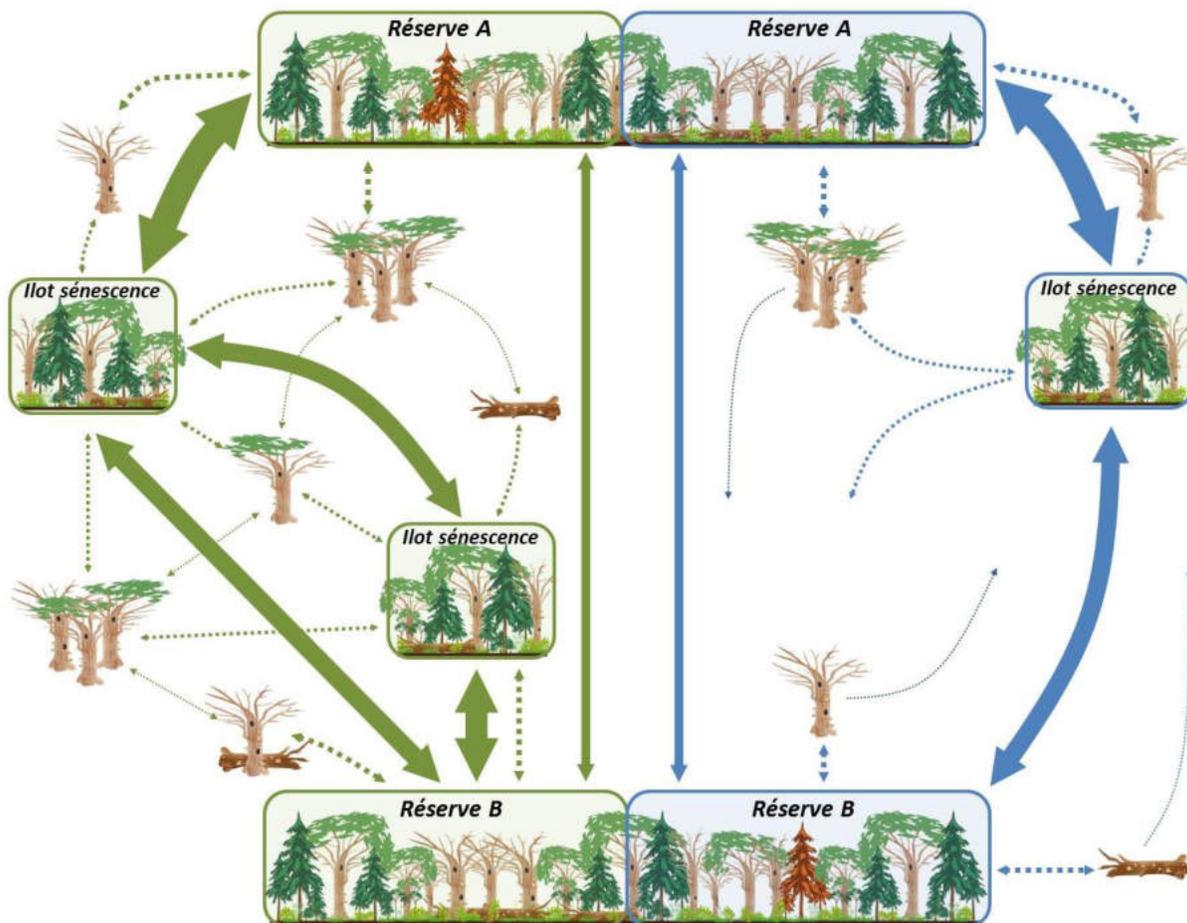


Vieux bois et bois mort Comment ça se trame ?

Marc FUHR (marc.fuhr@inrae.fr)

20 octobre 2023

Qu'est ce qui se trame ? Un réseau de forêts interconnectées avec



- ✓ Des essences locales
- ✓ Des arbres de toutes tailles, dont des **Très Très Gros Arbres**
- ✓ Du **bois mort** abondant et diversifié, sur pied et au sol
- ✓ Un couvert relativement plus ouvert
- ✓ Des **microhabitats** nombreux et diversifiés

Une trame de vieux bois (ou forêt mature) à plusieurs échelles

Réserve forestière

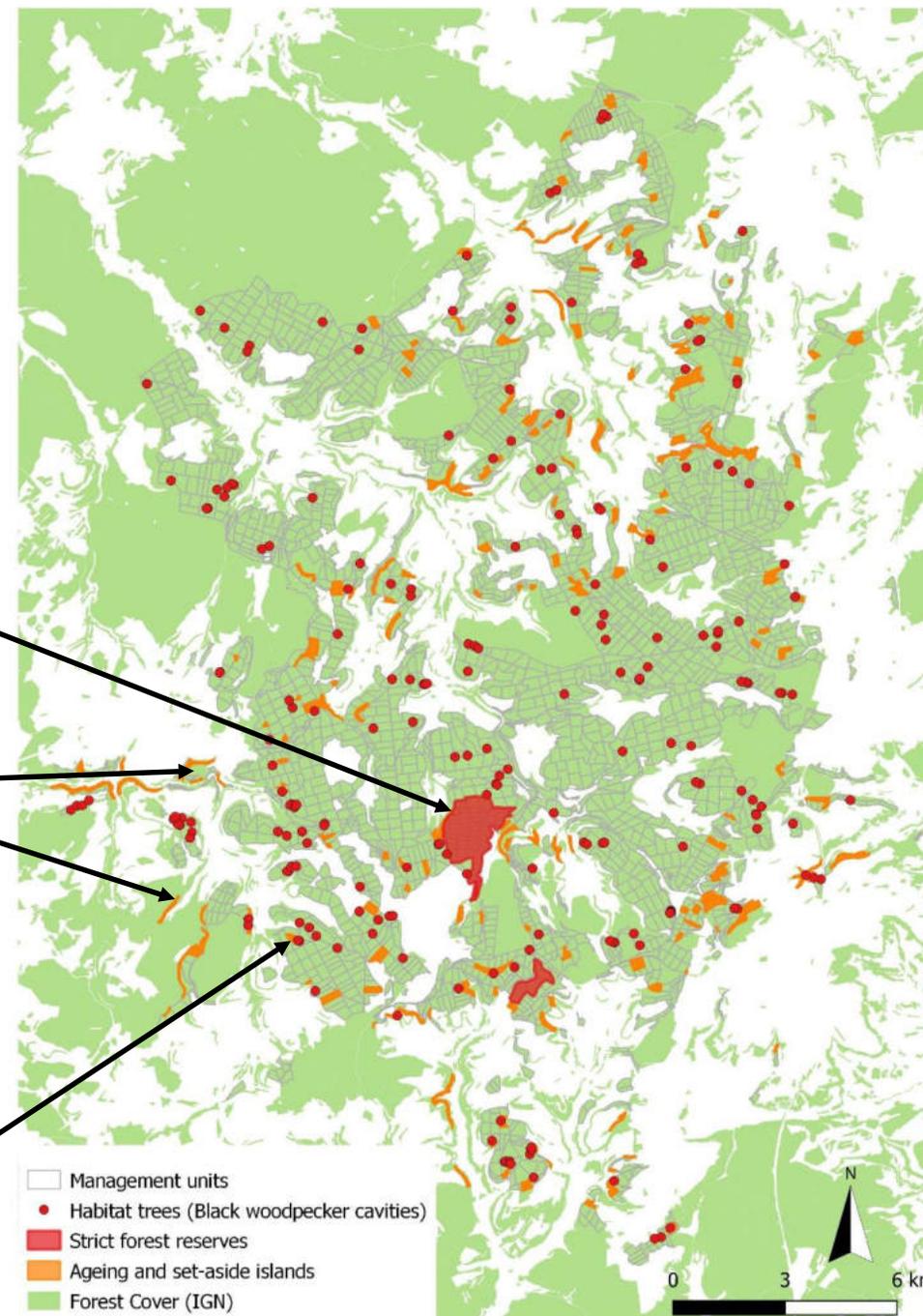
10 à plus de 1000 ha
16 000 ha en FD

Ilot de vieux bois

Environ 1 ha
1% sénescence (FD)
2 % vieillissement (FD)

Arbre bio

1 mort /ha (FD)
2 fin de cycle /ha (FD)



Etape 1 : identifier les éléments de la trame

Approche classique

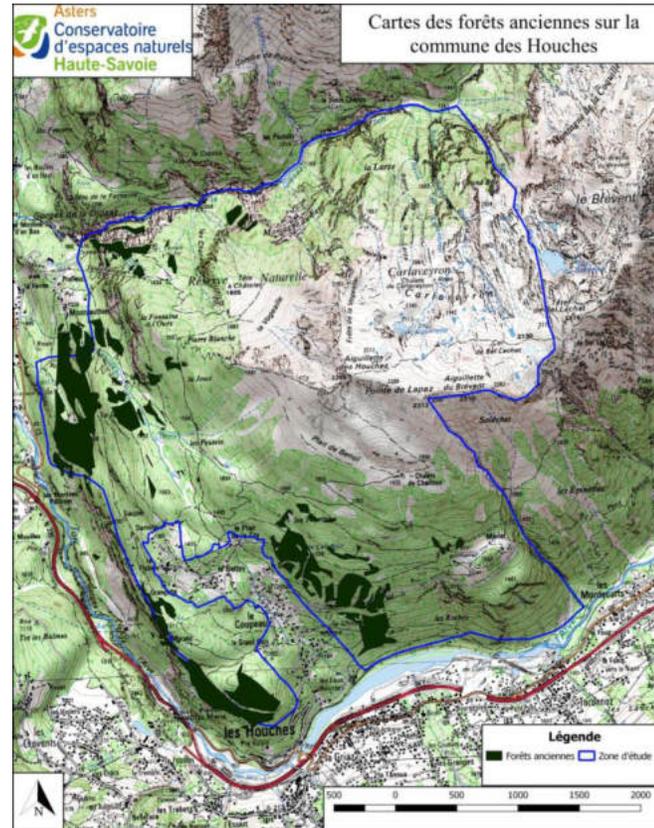
- Compilation de données existantes → **prélocaliser** les surfaces potentiellement intéressantes
- Relevés de terrain → **valider** la maturité (subnaturalité) des forêts prélocalisées
- Petits territoires

Approche par télédétection (LiDAR)

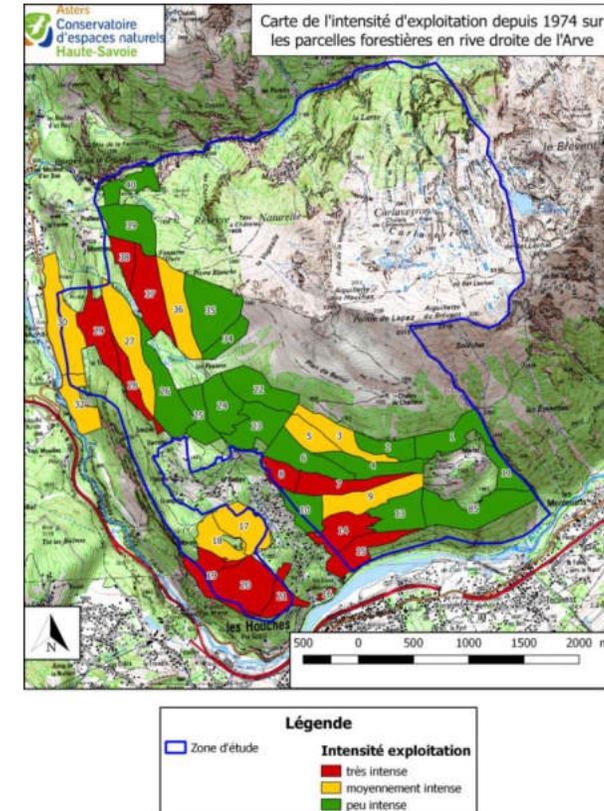
- Caractériser la maturité des forêts sur un réseau de placettes de terrain → **indice de maturité**
- Construire un **modèle mathématique qui relie l'indice de maturité à des variables calculées par télédétection**
- Si la qualité du modèle est bonne, établir une **carte de maturité relative des forêts** sur l'ensemble des surfaces couvertes par les images de télédétection
- Territoires plus vastes

Approche classique : surfaces d'intérêt potentiel

→ **filtres**



Ancienneté des forêts (cartes d'Etat Major, photographies aériennes)



Intensité d'exploitation au cours des 40 dernières années (fréquence et volume / sommiers)

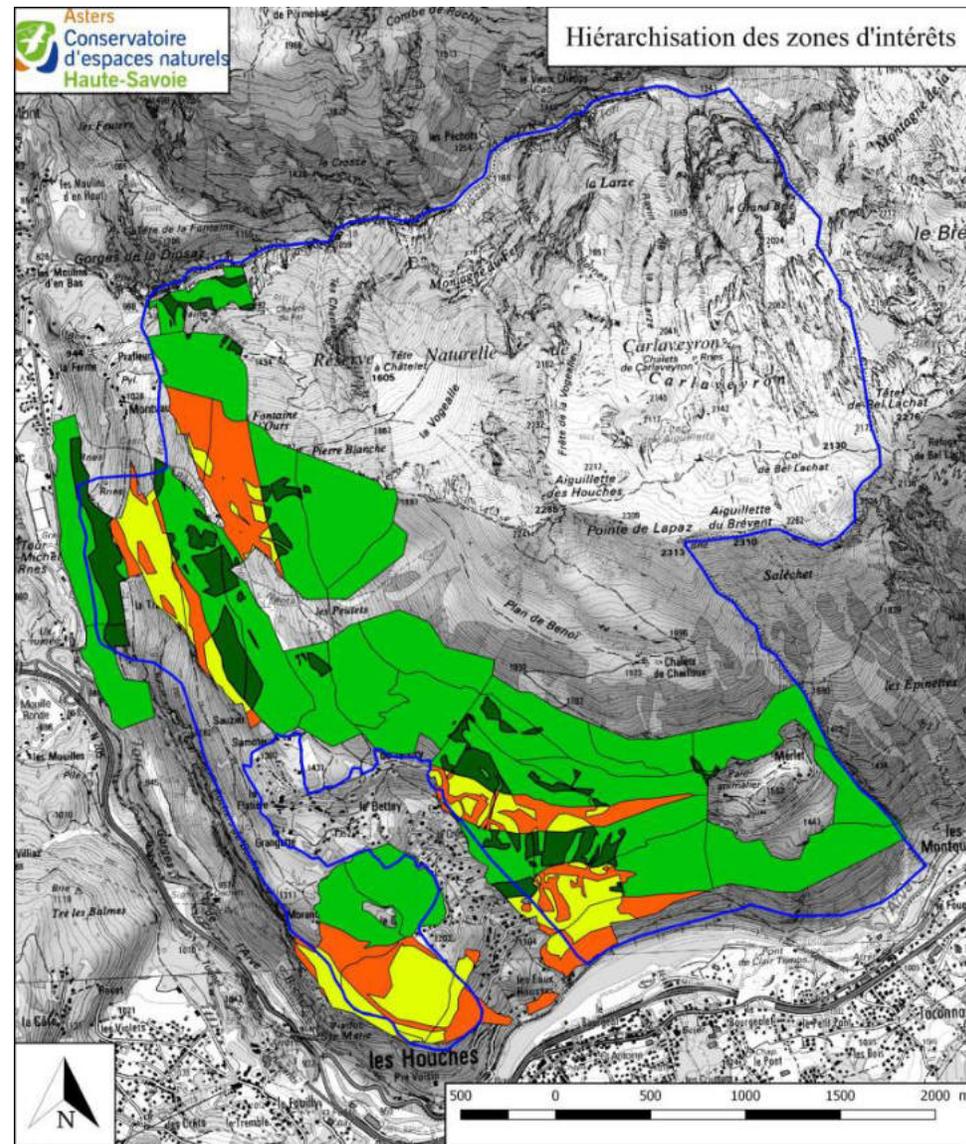
Approche classique surfaces d'intérêt potentiel

1 : zones forestières anciennes
et peu exploitées

2 : zones forestières récentes
et peu exploitées

3 : zones forestières anciennes
et très exploitées

4 : zones forestières récentes
et très exploitées



Approche classique : surfaces d'intérêt potentiel

→ filtres supplémentaires

INVENTAIRE BIBLIOGRAPHIQUE	AVIS DES AGENTS					Pas d'information
	Évoqué spontanément comme		Confirmé après questionnaire comme		Non évoqué ou cité comme exploité régulièrement	
	non exploité	partiellement exploité	non exploité	partiellement exploité		
Dernière coupe > 50 ans	110	21	37	6	39	-
Dernière coupe 30-50 ans	21	13	8	9	49	-
Partiellement exploité	17	28	-	10	66	-
Potentiellement non exploité mais pas certain	20	6	6	9	60	-
Pas d'information	11	0	-	1	23	7
Exploité régulièrement	21	63	-	-	638	-



- ✓ Avis d'experts
- ✓ Photographies aériennes
- ✓ Inventaires arbres bio, arbres à cavité, arbres remarquables...



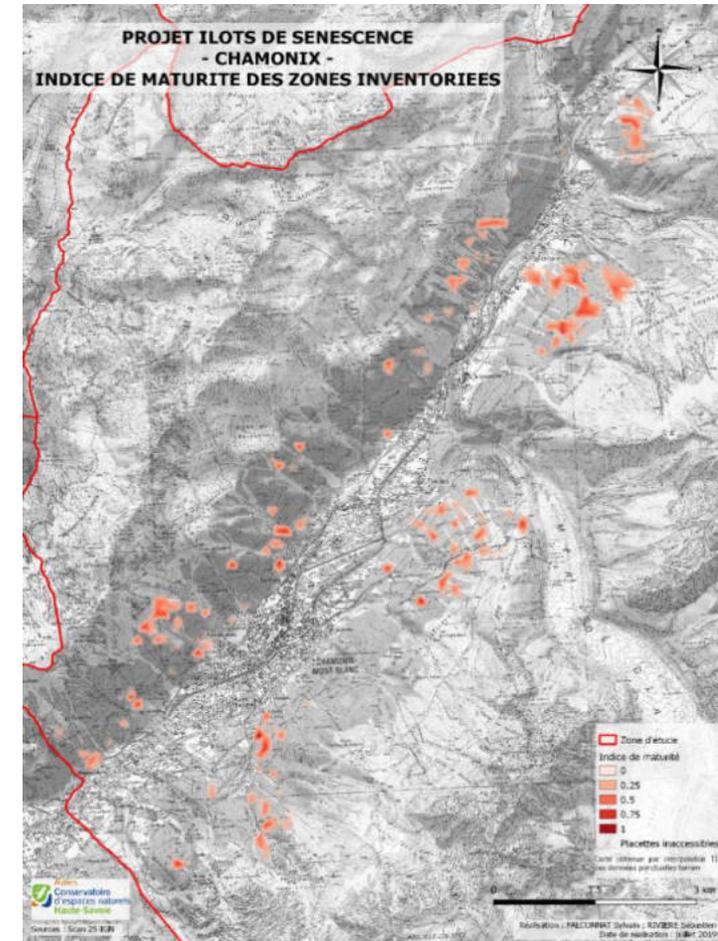
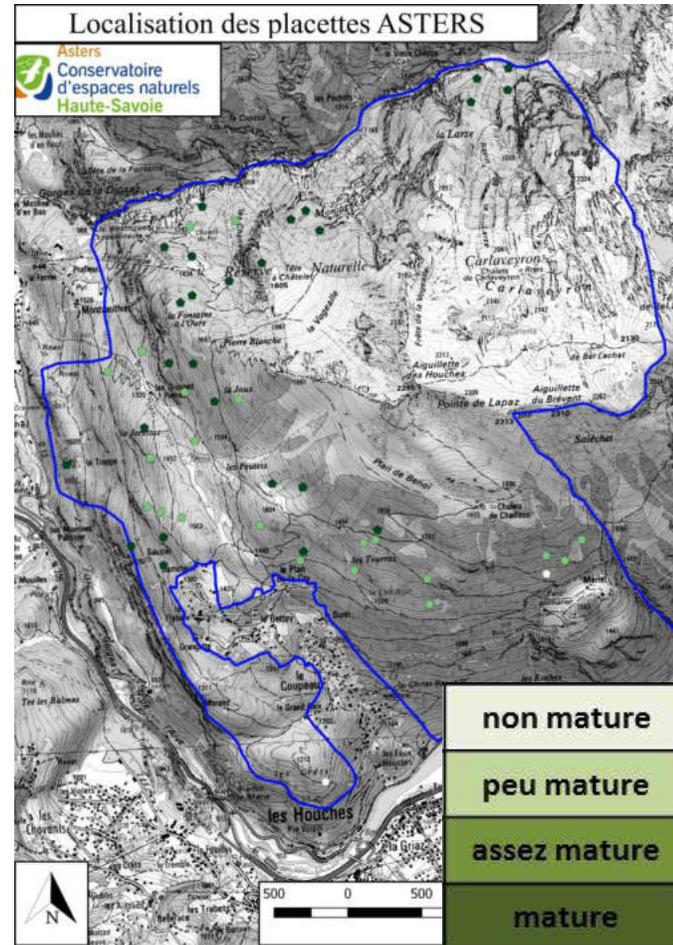
Approche classique : valider l'intérêt des surfaces prélocalisées sur le terrain – les protocoles

PSDRF	WWF (parcelle)	IBP	Protocole socle
N_{TTGB} N_{BMD} N_{BMS} V_{BMT} (yc petites pièces)	N_{TTGB} N_{BMD} N_{BMS} V_{BMT} Age du peuplement	N_{TTGB} N_{BMD} N_{BMS}	G_{TTGB} G_{BMD} V_{BMS} ND_{BMS}
Code écologique arbres	Microhabitats arbres vivants Loges de pics Polypores	Arbres vivants porteurs de microhabitats	Microhabitats arbres vivants
Essences	Nombre de genres N essences indigènes Part dans le total des arbres indigènes	N essences forestières autochtones	N essences participant à la surface terrière
Gros arbres cartographiés Abrouissement Régénération	Sentiment de nature Habitats associés (rocheux, humides, ouverts) Continuité spatiale Ancienneté Empreinte humaine (usages anciens, exploitation, fréquentation) Abrouissement	Habitats associés (rocheux, humides, ouverts) Continuité spatiale Ancienneté	

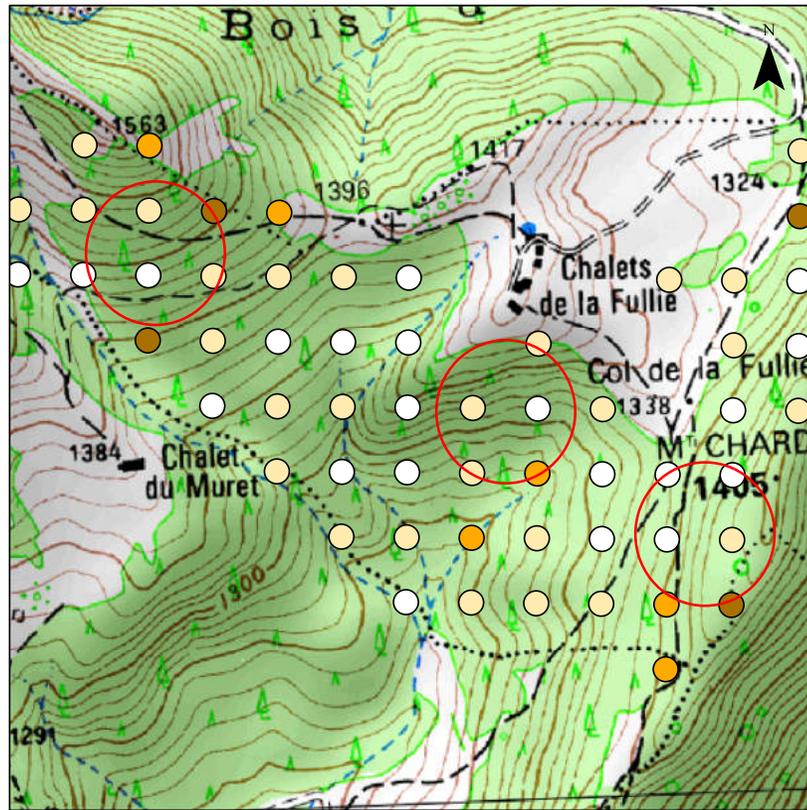
Approche classique : une approche opérationnelle pour des petites surfaces

Exemples en vallée de Chamonix

→ la grande majorité des surfaces pré-localisées est au moins assez mature



Mise en œuvre de la trame : quelques exemples



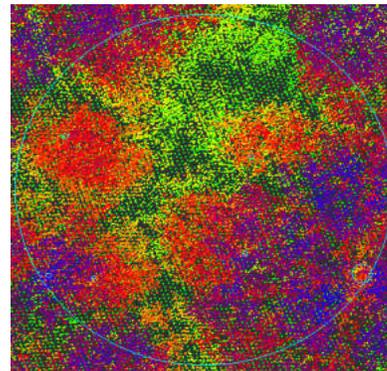
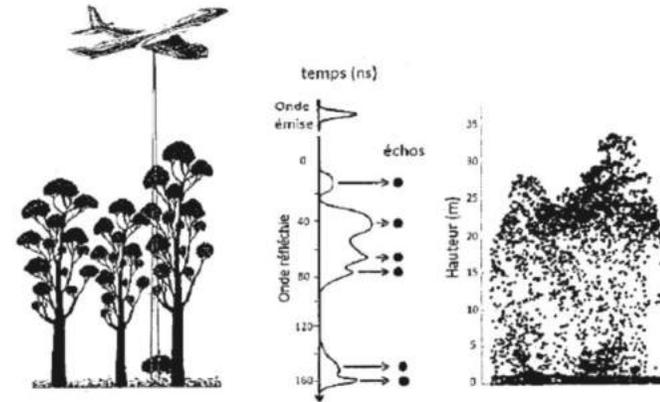
**Ilots de vieux bois
(forêt privée de La Fullie)**



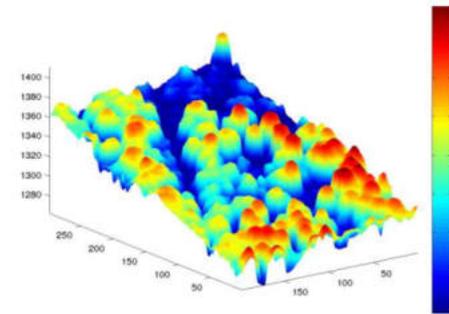
**Lignes de câble
(forêt domaniale de Bellevaux)**

Approche par télédétection LiDAR

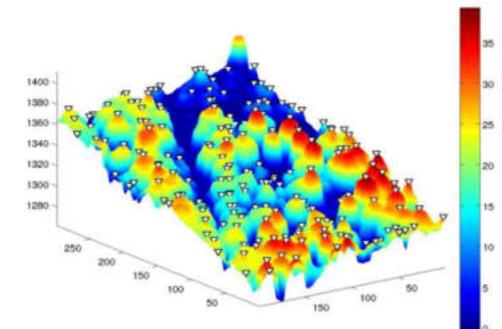
Vue du l'avion : la forêt est décrite par des **métriques** provenant d'un **nuage de points 3D** issu du LiDAR



à partir du **nuage de points**



à partir du **MNC**



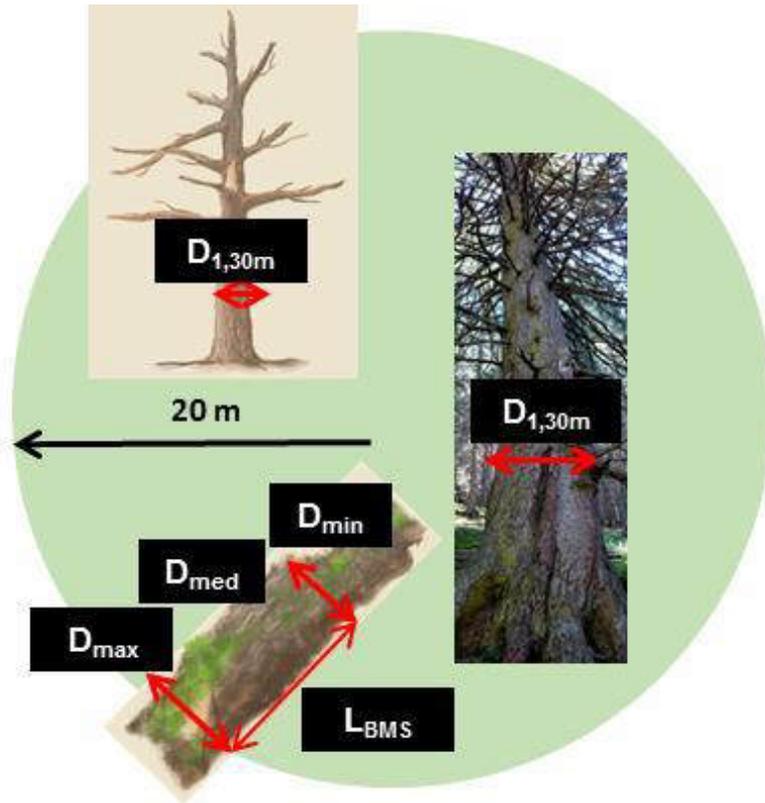
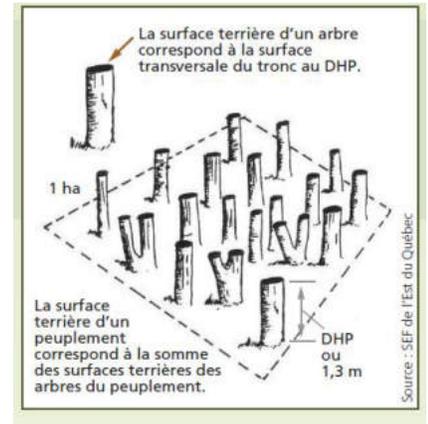
Après détection d'**arbres**

Exemples de métriques

Hypothèses	Métriques « fléchées »
Les plus gros = les plus hauts	✓ zmax, zmean ✓ mCH ✓ TreeSup30.density, TreeSup20.density, Tree.meanCanopyH
Les plus gros = aux couronnes les plus développées	✓ Tree.meanCrownSurface, Tree.meanCrownVolume
Des diamètres hétérogènes = une forêt plus stratifiée verticalement	✓ Zsd, zkurt ✓ SdCH ✓ Tree.sdH, Tree.giniH
Une forêt plus ouverte	✓ p.hmin, p.1st.hmin ✓ Treecanopycover, TreeInf10.density
Du bois mort abondant	✓ imean, isd



Sur le terrain : la forêt est décrite par des **variables** mesurées à l'intérieur de **placettes**



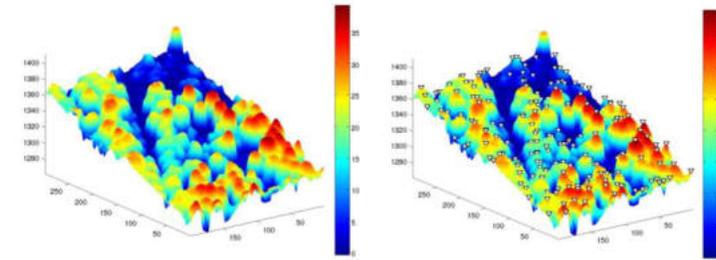
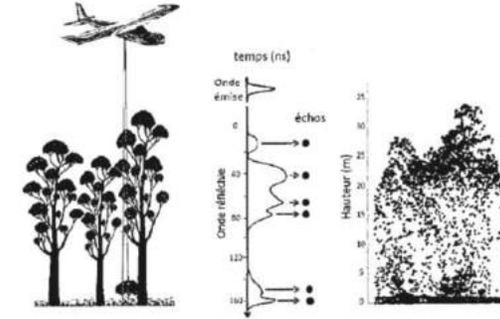
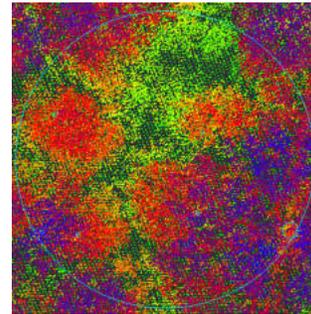
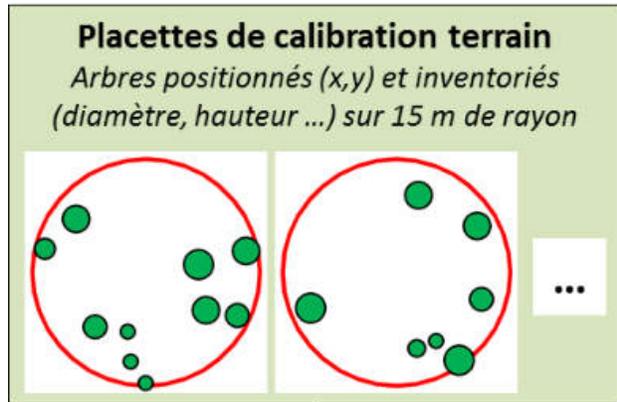
G_{TGB} : surface terrière des très gros arbres vivants

G_{BMD} : surface terrière des gros bois morts debout

V_{BMS} : volume des grosses pièces de bois mort au sol

ND_{BMS} : nombre de stades de décomposition des grosses pièces de bois mort au sol

$$IMAT = \frac{1}{4} \left(\frac{G_{TGB}}{\eta \cdot 99(G_{TGB})} + \frac{G_{BMD}}{\eta \cdot 99(G_{BMD})} + \frac{V_{BMS}}{\eta \cdot 99(V_{BMS})} + \frac{ND_{BMS}}{5} \right)$$



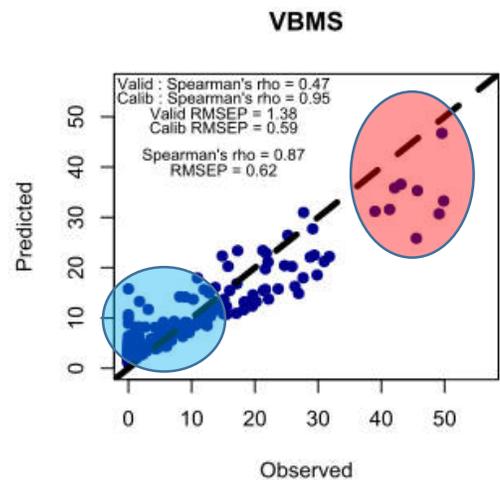
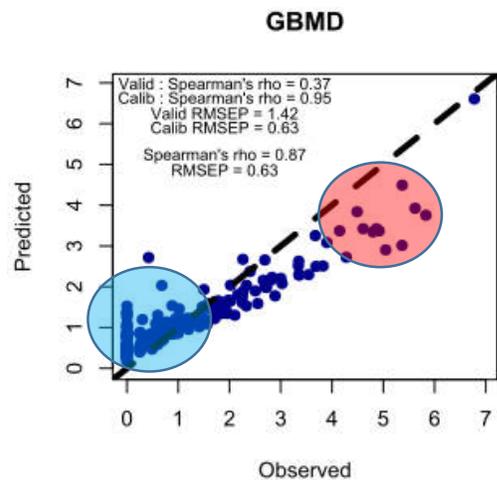
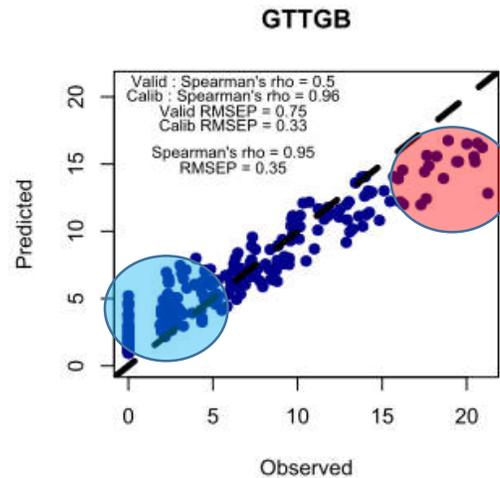
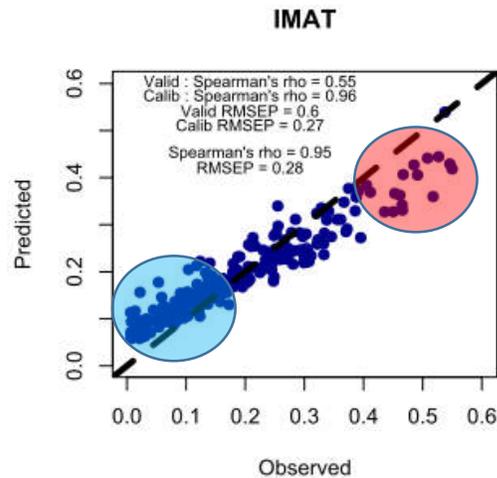
Variables **terrain**

Métriques **LiDAR**

Modélisation

Indice de Maturité = f(métrique X, métrique Y, ...)

Les modèles



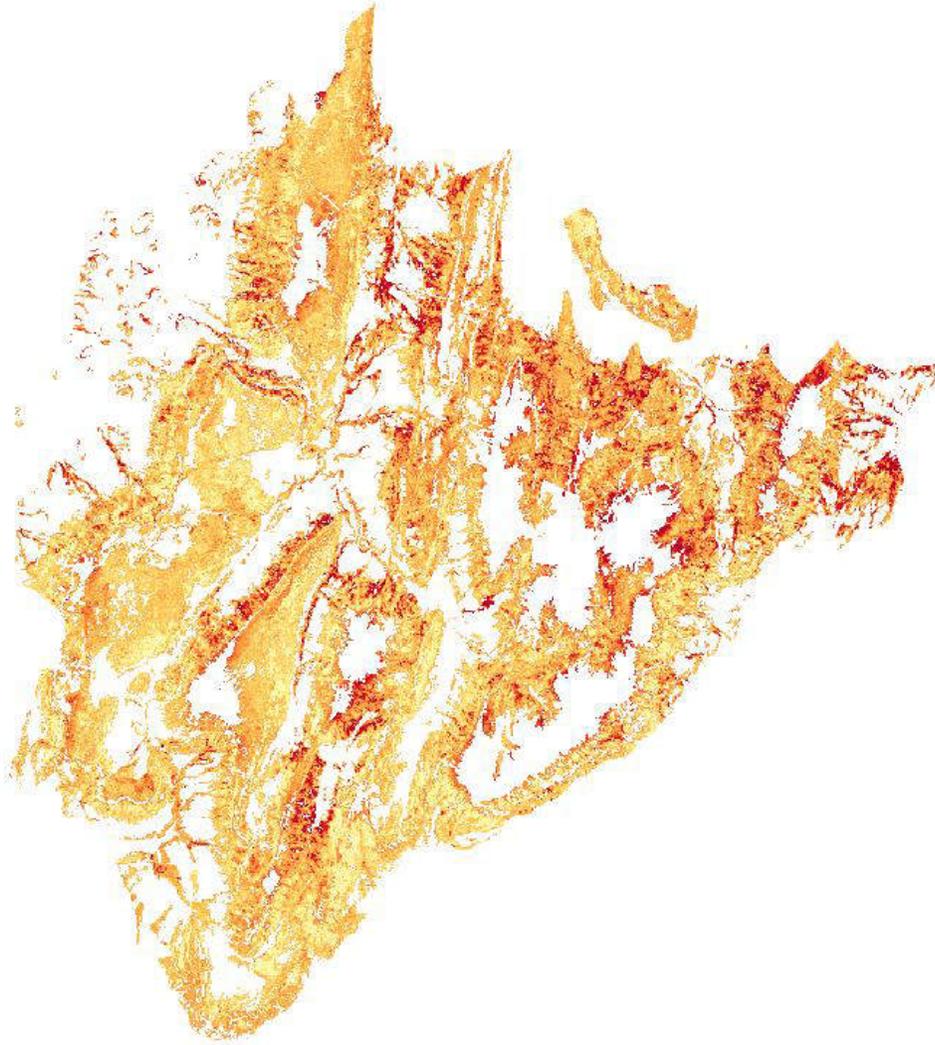
- **Maturité relative** au territoire étudié

• Surestimation de la maturité des placettes les moins matures

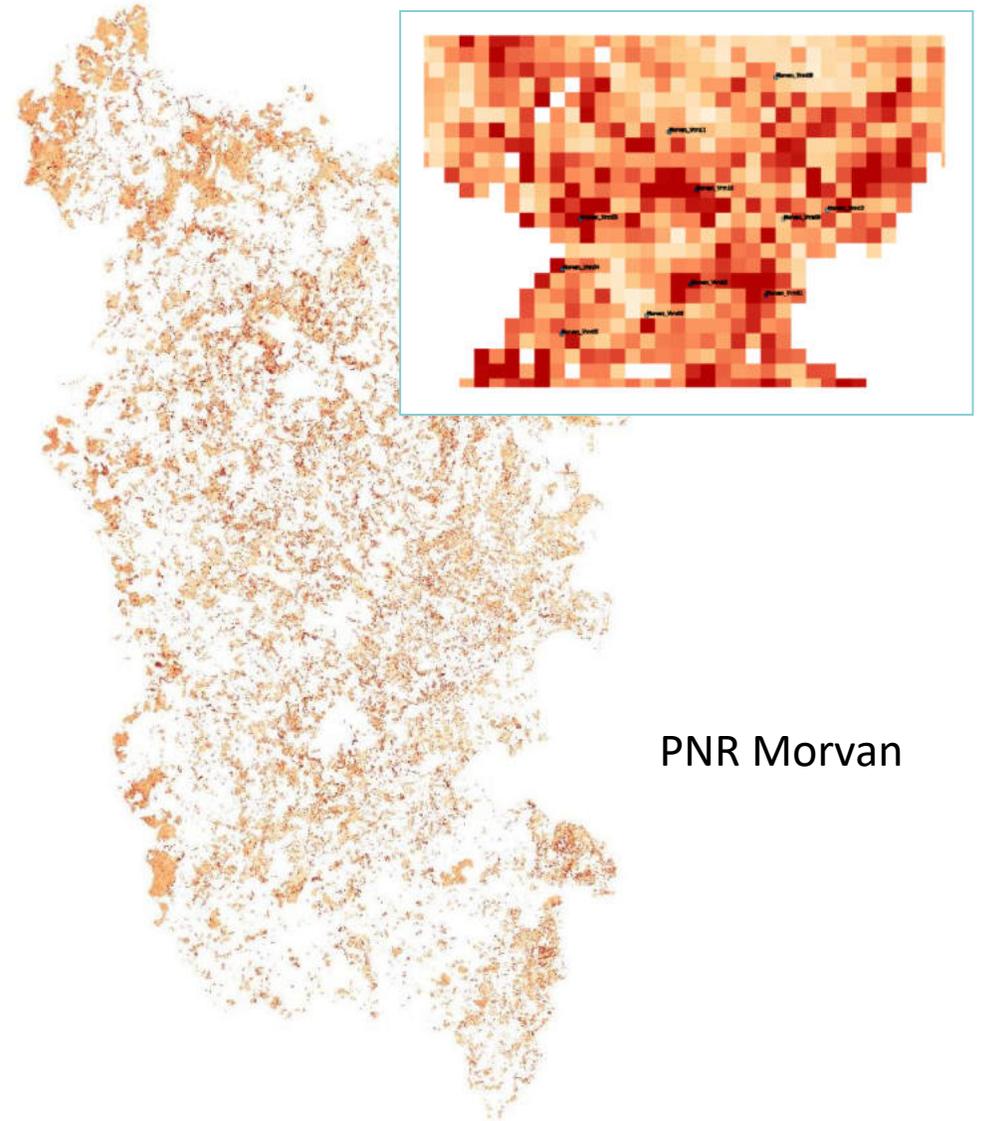
• **Sous-estimation de la maturité des placettes les plus matures (plafond)**

- **Hiérarchie entre les placettes conservée** (Ilots les plus/moins matures sont bien prédits)

Les cartes

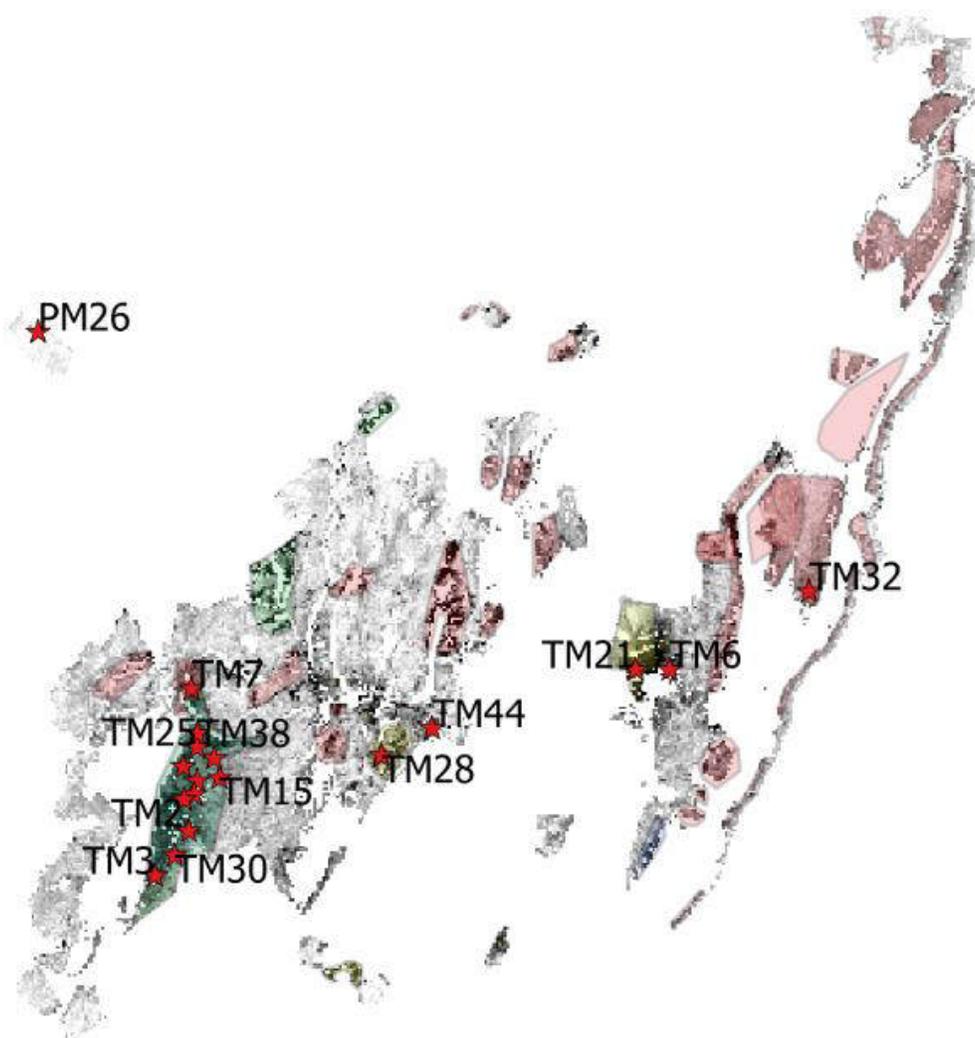


PNR Massif des Bauges



PNR Morvan

Contrôler les cartes !



- ✓ 69 placettes (voisinage homogène, non agrégées dans l'espace)
- ✓ Peu matures (28)
 $0 \leq \text{IMAT prédict} < 0,05$
- ✓ Matures (41)
 $0,15 \leq \text{IMAT prédict} < 0,4$

80 % des placettes prédites matures ont une maturité terrain ≥ 0.3

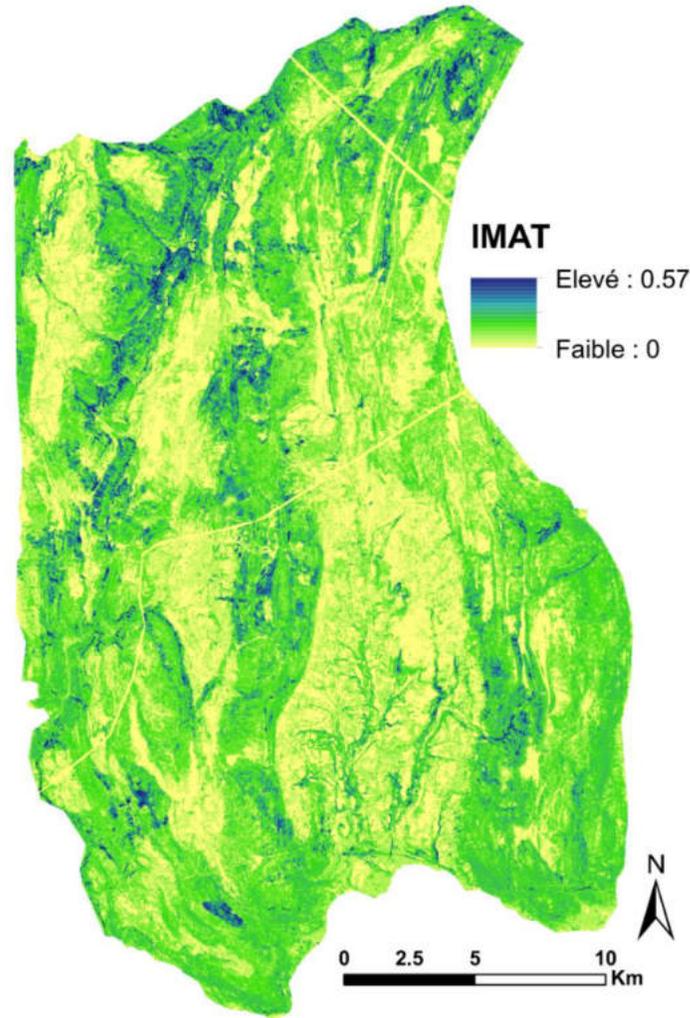
Etape 2 : caractériser la fonctionnalité de la trame

- ✓ Une trame pour quelles espèces ?
- ✓ Des cartes de maturité aux cartes de connectivité

Des préconisations différentes selon la taille des domaines vitaux et les capacités de dispersion des espèces

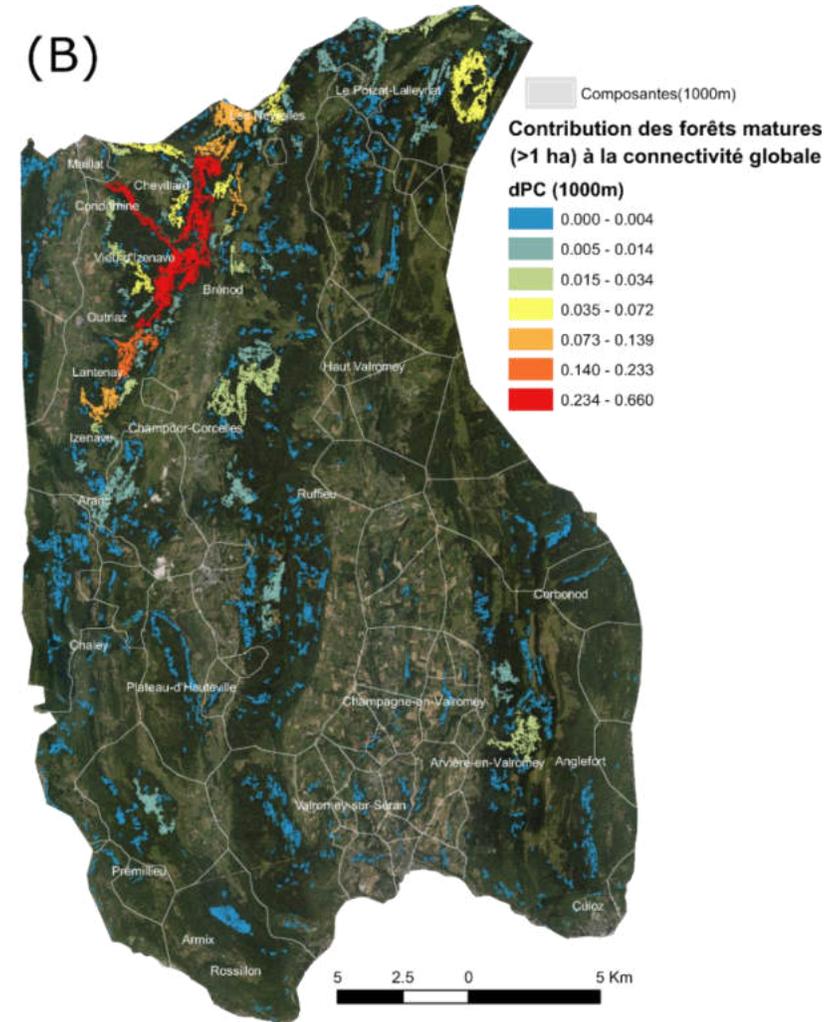
	Bryophytes	Lichens	Champignons	Insectes	Oiseaux	Chiroptères
Surface minimale d'un îlot	1 à 2 ha	> 1 ha	Non connue	1 à 2 ha	1 à 2 ha	1 à 2 ha
Pourcentage minimal de surface en îlot	10 à 15 %	10 à 15 %	6 à 10 %	6 à 10 %	3 à 10 %	6 à 10 %
Essences les plus favorables	Hêtre, Erable, Frêne, Chêne	Hêtre, Sapin, Epicéa, érables	Chêne, Aulne, Hêtre, Sapin, Epicéa	Chênes, Hêtre, Pin sylvestre, Aulne	Hêtre, Chêne, Pin sylvestre, Tremble	Hêtre, Chêne
Type de bois mort	sur pied et au sol	sur pied et au sol	sur pied et au sol	sur pied et au sol	sur pied (et au sol)	sur pied
Quantité de bois mort minimale	10 à 20 m3	10 à 20 m3	10 à 20 m3	10 à 20 m3	5 à 20 m3	indifférent
Microhabitats les plus importants	grosses branches, chablis, souches	souches, grosses branches	cavités, fentes, blessures, attaques de pics	cavités, terreau, blessure, souches, grosses branches	cavités en hauteur, grosses branches, lierre	cavité en hauteur, fente, écorce déhiscente
Densité minimale arbres morts et dépérissants dans l'îlot (/ha)	>20	3 à 10	3 à 5	1 à 5	6 à 10	6 à 10
Densité minimale arbres à cavités dans l'îlot (/ha)	indifférent	indifférent	indifférent	indifférent	6 à 10	11 à 20
Besoins dans la zone tampon	aucun	aucun	aucun	sous-étage et espaces ouverts	sous-étage, espaces ouverts et zones humides/cours d'eau	espaces ouverts et zone humide/cours d'eau
Distance maximale entre deux îlots	NSP	< 500 m	3 à 5 km	< 500 m	1 à 2 km	1 à 2 km

De la carte de maturité relative aux cartes de connectivité



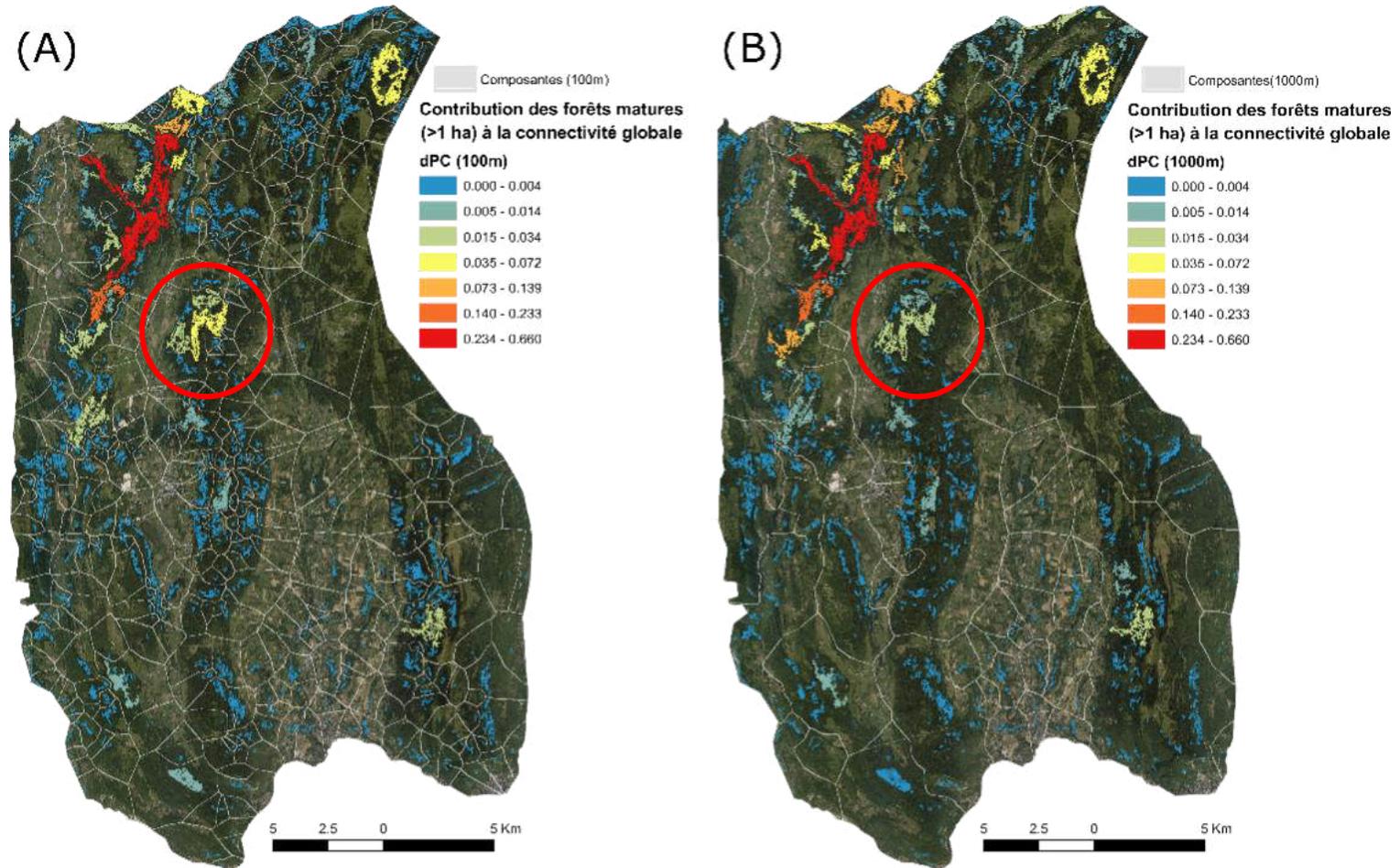
Maturité relative

(B)



Connectivité

Des cartes de connectivité différentes selon l'écologie des espèces

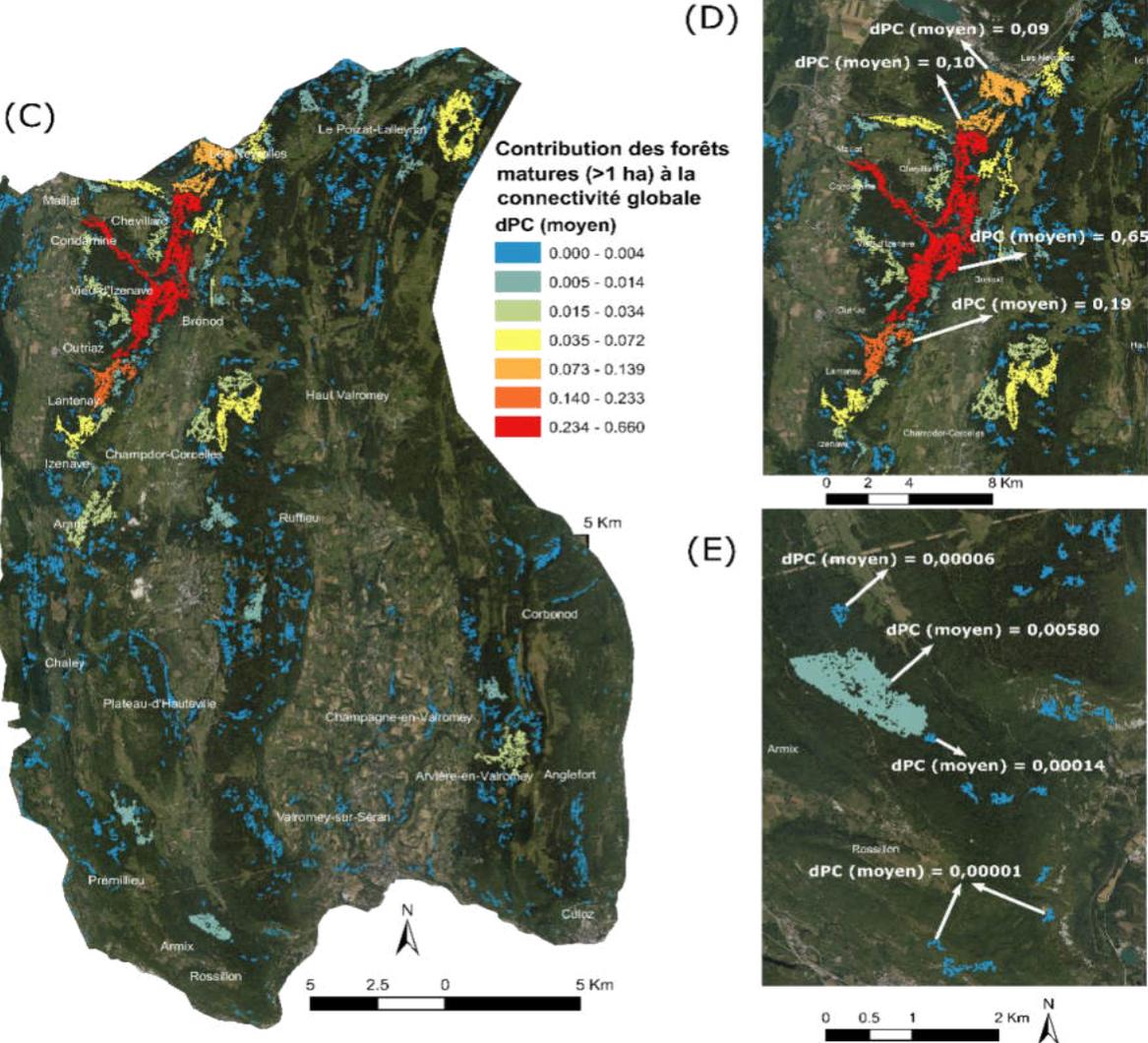


Dispersion : 100 m

Dispersion : 1000 m

Un outil utile

Pour caractériser la connectivité globale à l'échelle d'un massif forestier
 → trame



Pour caractériser la connectivité locale à l'échelle d'une forêt
 → mesures de gestion



Merci pour votre attention