

Vers une composition optimale de la forêt française: une application de la théorie de la sélection de portefeuille aux critères biotechniques

(à paraître dans *Economie Rurale*, début 2017)

Projet Chaire Forêts pour Demain, 2013-2014

Brunette Marielle*, Dragicevic Arnaud, Lenglet Jonathan, Niedzwiedz Alexandra

**Laboratoire d'Economie Forestière (LEF), UMR AgroParisTech/INRA, Nancy*





Contexte

France : 49% de la surface forestière est diversifiée en essences, une proportion restant constante en volume.

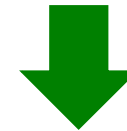
Bénéfices multiples:

- ↗ productivité des peuplements;
- ↗ stabilité face aux aléas naturels;
- ↗ résistance aux maladies et aux attaques d'insectes;
- ↗ biodiversité;
- ↗ diversité des b&s environnementaux fournis.

Théorie de la sélection de portefeuille
(Markowitz, 1952)

Investir dans un portefeuille d'actions diversifiées permet de réduire le risque total des investissements, *i.e.*, "effet de diversification".

Idée : maximiser le revenu en minimisant le risque.



Objectif : mener une réflexion sur la composition optimale des forêts françaises en essences en appliquant la Théorie de la sélection de portefeuille.

=> Peuplement = portefeuille; les essences = titres financiers composant le portefeuille.



Littérature

Composition optimale en essences d'un peuplement forestier (Knoke et al., 2008; Neuner et al., 2013; etc):

Knoke et al. (2008) : mélange d'épicéa et de hêtre dans le sud de l'Allemagne.

Résultat : le mélange qui optimise le portefeuille est d'environ 50% d'épicéa pour 50% de hêtre.

Conclusion : le prix de l'épicéa est sujet à des fluctuations importantes dans les rendements (essence risquée), mais c'est l'épicéa qui offre le meilleur retour financier.

=> L'épicéa (risqué) mélangé avec du hêtre (peu risqué) peut équilibrer les rendements et les risques.

Neuner et al. (2013) : mélange d'une grande variété d'essences, forêt en Bavière.

Résultat : détermination du pourcentage optimal des essences dans le peuplement forestier.

Conclusion : des essences comme l'épicéa ou le douglas se sont avérées être des sources de revenus, tandis que d'autres – y compris les feuillus – servent principalement à atténuer les risques.

⇒ Ces travaux déterminent un **optimum revenu-risque**.

⇒ Nous proposons une approche différente: simulation à partir de données historiques de l'Institut de l'information géographique et forestière (IGN), d'un portefeuille biotechnique construit à partir des productivités observées des essences forestières: **optimum productivité-risque**.



Théorie de la sélection de portefeuille et problématique

Optimum productivité-risque plutôt que optimum revenu-risque, donc ajustement du cadre proposé par Markowitz (1952).



Risque

Markowitz (1952) : variance du revenu.

Nous : variance de la productivité.

=> Mesure pertinente du risque (Tilman et al., 1997; Andreu et al., 2007; Slimani et al., 2014).



Fonction objectif

Markowitz (1952) : minimisation du risque.

Nous : minimisation du risque en maintenant le niveau de productivité actuelle.

=> CC impacte la productivité, à la hausse (Soulé et Knapp, 2006; Knapp et al., 2001), à la baisse (Allen et al., 2010; Lindner et al., 2010; Dale et al., 2000).



Données

- Données IGN (Institut de l'information géographique et forestière).
- Période 1978-2009.
- Analyse pour la France entière, par département et par région.
- Différenciation forêt publique / privée.
- 11 essences:
 - Principales essences commerciales présentes et utilisées en France.
 - Suffisamment différentes pour couvrir une large variété de conditions bioclimatiques.

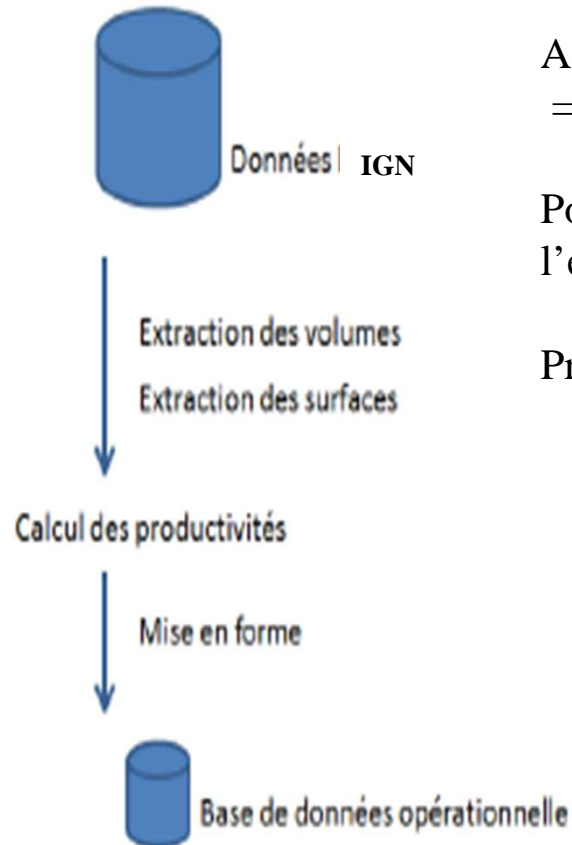
Tableau 1. Liste des essences utilisées dans l'étude

Liste des essences	Nom latin	Nom commun
Résineux	<i>Picea abies</i>	Epicéa commun
	<i>Abies alba</i>	Sapin pectiné
	<i>Pinus sylvestris</i>	Pin sylvestre
	<i>Pinus pinaster</i>	Pin maritime
	<i>Larix decidua</i>	Mélèze d'Europe
	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Douglas
Feuillus	<i>Quercus robur</i>	Chêne pédonculé
	<i>Quercus petraea</i>	Chêne sessile
	<i>Quercus pubescens</i>	Chêne pubescent
	<i>Quercus ilex</i>	Chêne vert
	<i>Fagus sylvatica</i>	Hêtre commun



Traitement des données

Figure 1. Etapes de la construction de la base de données opérationnelle.



Accroissement, recrutement et surface occupée par chaque essence.
=> pour chaque département français, séparation forêt publique / privée.

Pour chaque essence, surface occupée dans les peuplements où elle est l'essence principale.

Productivité moyenne et variance associée sont calculées :

$$\text{Productivité : } P = \frac{\text{Recrutement} + \text{Accroissement}}{\text{Surface}} \quad \text{m}^3/\text{ha}/\text{an}$$

+ construction d'une matrice de variance-covariance.

Productivités annuelles + variances + matrices = données d'entrées pour le modèle de sélection de portefeuille.



Simulateur de gestion de portefeuille

Etape 1 : Calculer la productivité et la vulnérabilité du portefeuille avec la composition actuelle du portefeuille.

Etape 2 : Matrice de variance-covariance, pour chaque unité territoriale et chaque classe de soumission.

Etape 3 : Réaliser des simulations: portefeuille actuel, portefeuille optimal + 7 simulations avec une productivité plus faible et 3 avec une productivité plus élevée.

Etape 4 : Le calcul des variations entre portefeuille actuel et optimal.

Etape 5 : Représentation de la frontière d'efficience.

=> Exemple: Région **Rhône-Alpes**, 11 essences présentes.

Etape 1: Productivité et vulnérabilité du portefeuille

Tableau 2. Données de base sur la forêt en Rhône-Alpes

	Privée			Publique		
	Productivité annuelle	Vulnérabilité	Proportion (%)	Productivité annuelle	Vulnérabilité	Proportion (%)
Chêne pédonculé	2,08	0,01	4,11	1,62	0,88	0,10
Chêne pubescent	1,46	0,04	18,03	1,29	0,08	5,07
Chêne sessile	2,73	0,06	12,67	1,95	0,05	5,84
Chêne vert	0,94	0,02	4,50	0,84	0,11	1,85
Douglas	11,59	1,31	5,61	13,72	3,88	1,79
Epicéa commun	7,20	1,07	12,59	5,15	0,50	25,10
Hêtre	3,33	0,02	16,37	2,67	0,02	27,52
Mélèze d'Europe	2,46	0,16	0,33	2,43	0,18	0,94
Pin maritime	5,06	0,02	1,70	4,84	2,74	0,20
Pin sylvestre	2,62	0,21	15,06	2,15	0,03	8,28
Sapin pectiné	7,80	0,13	9,03	5,38	0,13	23,30

Lecture du tableau :

- Essence la plus présente / la moins présente.
- Essence la plus productive / la moins productive.
- Essence la plus vulnérable / la moins vulnérable.



Etape 2 : Matrice de variance-covariance

Tableau 3. Matrice de variance-covariance, forêt privée, Rhône-Alpes

Poids dans le portefeuille (%)		4,11	18,03	12,67	4,5	5,61	12,59	16,37	0,33	1,70	15,06	9,03
	Essence	Chêne pédonculé	Chêne pubescent	Chêne sessile	Chêne vert	Douglas	Epicéa commun	Hêtre	Mélèze d'Europe	Pin maritime	Pin sylvestre	Sapin pectiné
4,11	Chêne pédonculé	0.0083	-0.0163	-0.0124	-0.0023	0.0308	0.0636	-0.0079	0.0297	-0.0063	-0.0113	0.0233
18,03	Chêne pubescent		0.0340	0.0263	0.0051	-0.0748	-0.1277	0.0152	-0.0687	0.0148	0.0234	-0.0518
12,67	Chêne sessile			0.0221	0.0021	-0.0539	-0.0865	0.0140	-0.0552	0.0141	0.0167	-0.0326
4,5	Chêne vert				0.0077	-0.0393	-0.0472	-0.0044	-0.0163	-0.0033	0.0079	-0.0332
5,61	Douglas					0.3411	0.3509	0.0024	0.2189	-0.0238	-0.0663	0.2246
12,59	Epicéa commun						0.6352	-0.0341	0.2487	-0.0215	-0.1081	0.2989
16,37	Hêtre							0.0154	-0.0201	0.0104	0.0066	0.0032
0,33	Mélèze d'Europe								0.1777	-0.0357	-0.0491	0.12954
1,70	Pin maritime									0.0143	0.0060	-0.0024
15,06	Pin sylvestre										0.0190	-0.0518
9,03	Sapin pectiné											0.1779

Lecture du tableau :

- Plus la covariance de l'essence 1 par rapport à l'essence 2 est élevée, plus il est risqué d'investir au profit de l'essence 1.
- Les essences avec des covariances proches de zéro sont les plus efficaces dans la réduction de la vulnérabilité globale du portefeuille.
- Le pourcentage désigné comme le poids de l'essence dans le portefeuille correspond à la proportion de cette essence dans la région.



Etape 3 : Simulations

Tableau 4. Portefeuilles en fonction de leur productivité pour la forêt privée en Rhône-Alpes

								Optimal				Actuel
Productivité moyenne	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,10	3,25	3,50	3,75	3,10
Vulnérabilité	0,000067	0,000062	0,000071	0,000123	0,000310	0,000691	0,001265	0,002383	0,002998	0,004159	0,005518	0,014874
Pente	18 572	24 014	24 675	16 199	7 247	3 619	2 175	1 299	1 084	841	680	208,21
Proportion de l'essence dans le portefeuille (en pourcentage)												
Chêne pédonculé	13,6	13,35	4,80	8,10	5,08	2,88	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	4,11
Chêne pubescent	26,27	15,29	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,03
Chêne sessile	0,00	0,00	5,64	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,67
Chêne vert	46,53	47,14	48,70	52,67	48,86	44,07	39,27	30,47	26,31	19,52	12,73	4,50
Douglas	4,97	4,12	2,01	5,77	6,65	7,68	8,70	10,21	10,89	11,99	13,09	5,61
Epicéa commun	3,85	1,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,59
Hêtre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,37
Mélèze d'Europe	0,33	2,22	7,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
Pin maritime	4,38	15,48	30,16	23,55	24,78	25,68	26,58	28,15	28,88	30,07	31,27	1,70
Pin sylvestre	0,00	0,00	0,00	6,14	10,46	14,69	18,92	24,91	27,57	31,91	36,25	15,06
Sapin pectiné	0,00	1,04	0,23	2,97	4,17	5,01	5,84	6,26	6,36	6,51	6,65	9,03

Lecture du tableau :

- **Portefeuille actuel** = répartition actuelle des essences en forêt privée en Rhône-Alpes.
 - **Portefeuille optimal** = productivité actuelle mais minimisation de la vulnérabilité.
- => Possible de maintenir la productivité tout en réduisant la vulnérabilité.



Etape 4: Portefeuille actuel et optimal

Tableau 5. Comparaison des portefeuilles actuels et optimaux pour la forêt en Rhône-Alpes

	Privée			Publique		
	Actuel	Optimal	Δ	Actuel	Optimal	Δ
Productivité moyenne	3.10	3.10	0.00	3.09	3.09	0.00
Vulnérabilité	0.0149	0.0024	-0.0125	0.0498	0.0018	-0.0481
Chêne pédonculé	0.04	0.00	-0.04	0.00	0.00	0.00
Chêne pubescent	0.18	0.00	-0.18	0.05	0.00	-0.05
Chêne sessile	0.13	0.00	-0.13	0.06	0.18	0.13
Chêne vert	0.04	0.30	0.26	0.02	0.00	-0.02
Douglas	0.06	0.10	0.05	0.02	0.00	-0.02
Epicéa commun	0.13	0.00	-0.13	0.25	0.19	-0.06
Hêtre	0.16	0.00	-0.16	0.28	0.00	-0.28
Mélèze d'Europe	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.01
Pin maritime	0.02	0.28	0.26	0.00	0.11	0.11
Pin sylvestre	0.15	0.25	0.10	0.08	0.22	0.14
Sapin pectiné	0.09	0.06	-0.03	0.23	0.30	0.06

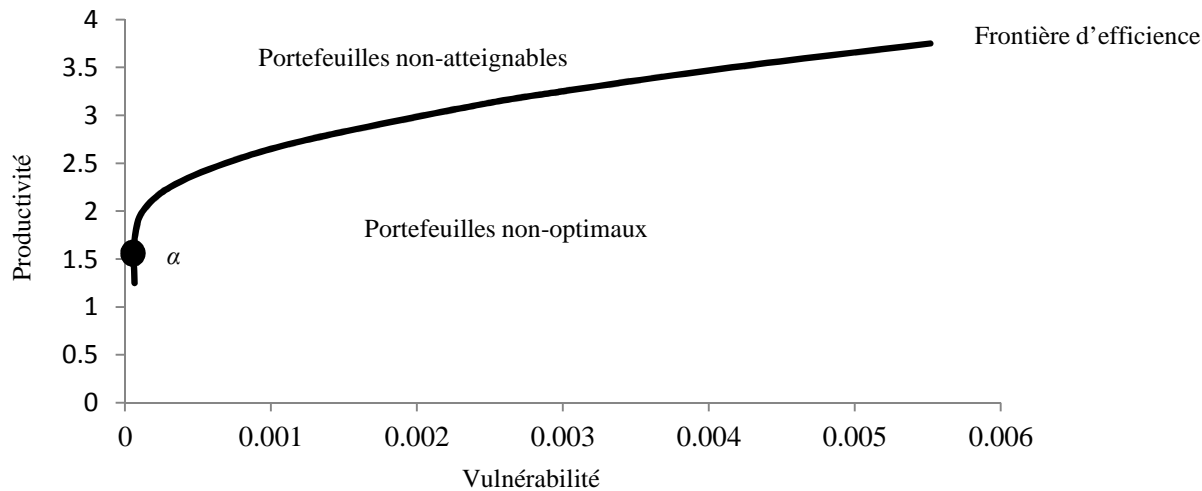
Lecture du tableau :

- Forêt privée : ↗ chêne vert, pin maritime, pin sylvestre et douglas.
- Forêt publique : ↗ pin sylvestre, chêne sessile, pin maritime, sapin pectiné.



Etape 5: Frontière d'efficience

Figure 1. Frontière d'efficience pour la forêt privée en Rhône-Alpes



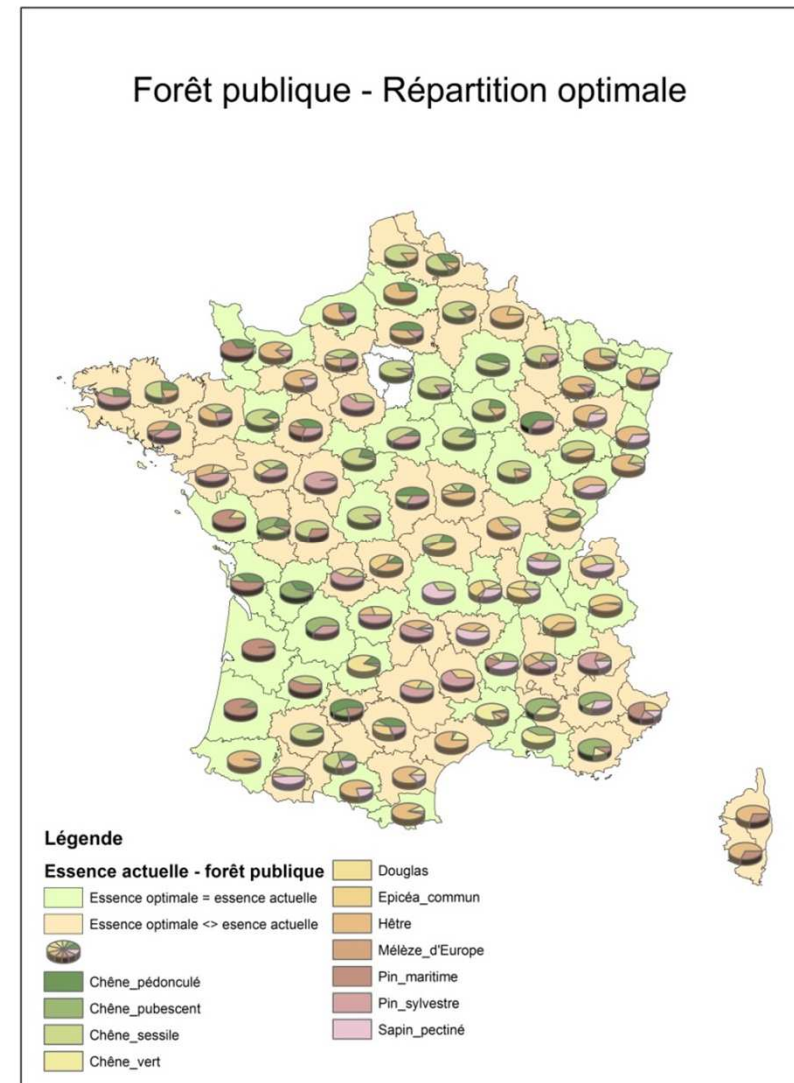
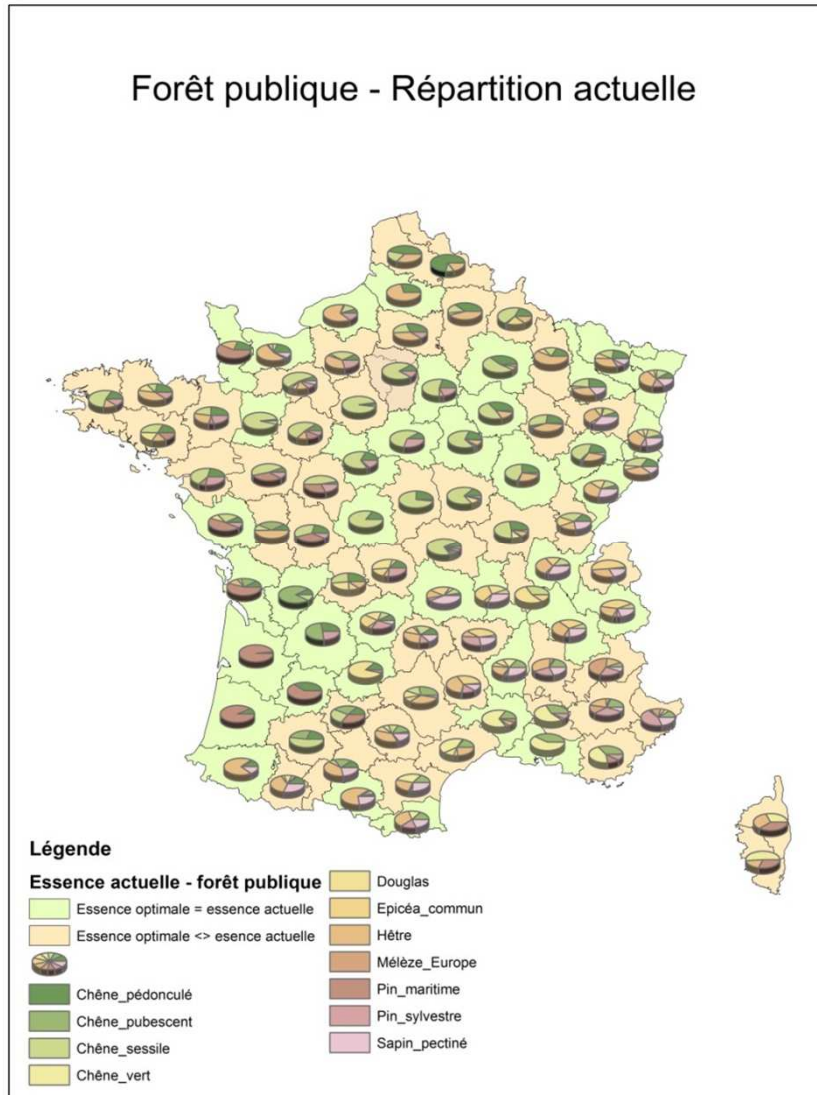
Lecture de la figure :

- Portefeuille actuel = pas indiqué car il est loin de l'échelle retenue (vulnérabilité = 0,014874; productivité = 3,10).
- Partant du point α vers des productivités supérieures = phénomène d'« accélération décroissante » vis-à-vis de la vulnérabilité.
- Portefeuille α de variance minimale (0,000062) n'offre qu'une faible productivité (1,5) comparée à celle actuellement observée.



France entière, forêt publique

Dans 46% des départements, le changement d'essence principale serait optimal.





Conclusion

- En utilisant la théorie de la sélection de portefeuille de Markowitz, l'objectif de cette étude était de déterminer la composition optimale en essences de la forêt française par département et par région.
 - L'originalité de notre approche réside dans le recours à un critère biotechnique, la productivité, en lieu et place d'un critère économique, le prix.
- => Ainsi, en utilisant des valeurs non financières, dépendantes de facteurs biotiques et abiotiques, nous ouvrons la voie à de nouvelles applications potentielles pour la théorie de la sélection de portefeuille.

Extensions possibles:

- Les prix du bois pourraient être introduits, en calculant, via des fonctions de demande inverses, les prix correspondants aux quantités optimales définies par le simulateur.
- La prise en compte des contraintes non marchandes dans le programme d'optimisation, telles que l'accueil du public ou la protection du patrimoine naturel, pourrait accentuer les différences entre les portefeuilles optimaux des forêts publique et privée.
- Calculer les portefeuilles optimaux prévisionnels, via les productivités futures des essences, ce qui permettrait d'intégrer de manière plus explicite l'impact du changement climatique.
- Différencier les préférences vis-à-vis du risque entre les propriétaires publics et les propriétaires privés.



Merci

Projet Chaire Forêts pour Demain, 2013-2014
Brunette M., Dragicevic A., Lenglet J., Niedzwiedz A.

L'UMR Economie Forestière est soutenue par une subvention supervisée par l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre du programme « Investissements d'avenir » (ANR-11-LabX-0002-01) appelé Laboratoire d'Excellence ARBRE.



Laboratoire d'Economie Forestière

UMR AgroParisTech/INRA

14, rue Girardet, CS 4216

54042 NANCY Cedex, FRANCE

Tél : 03 83 39 68 65

Fax : 03 83 30 22 54

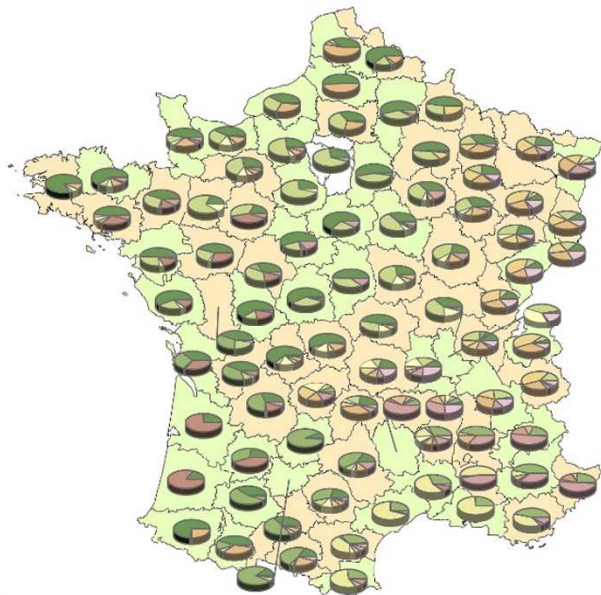
Site : <http://www.nancy.inra.fr/lef>



France entière, forêt privée

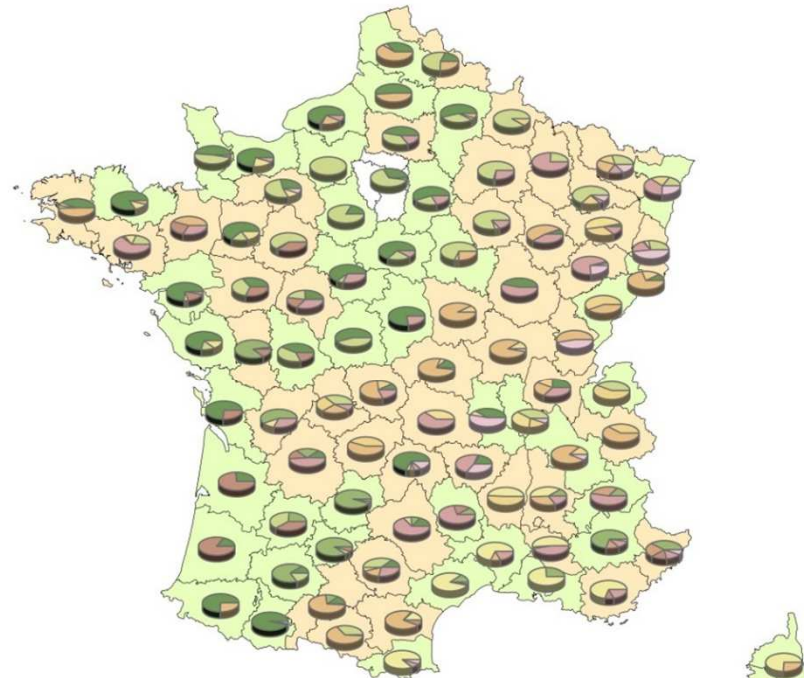
Dans 49% des départements, le changement d'essence principale serait optimal.

Forêt privée - Répartition actuelle



- Légende**
- Essence actuelle - forêt privée**
- Essence optimale = essence actuelle
 - Essence optimale <-> essenc actuelle
 - Chêne pédonculé
 - Chêne pubescent
 - Chêne sessile
 - Chêne vert
 - Douglas
 - Epicéa commun
 - Hêtre
 - Mélèze d'Europe
 - Pin maritime
 - Pin sylvestre
 - Sapin pectiné

Forêt privée - Répartition optimale



- Légende**
- Essence actuelle - forêt privée**
- Essence optimale = essence actuelle
 - Essence optimale <-> essenc actuelle
 - Chêne pédonculé
 - Chêne pubescent
 - Chêne sessile
 - Chêne vert
 - Douglas
 - Epicéa commun
 - Hêtre
 - Mélèze d'Europe
 - Pin maritime
 - Pin sylvestre
 - Sapin pectiné