



L'information grandeur nature

INSTITUT NATIONAL
DE L'INFORMATION
GÉOGRAPHIQUE
ET FORESTIÈRE



L'EXPANSION À LONG TERME DES FORÊTS FRANÇAISES :

UNE ANALYSE EXPLORATOIRE À PARTIR DES DONNÉES DE L'INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL

Anaïs Denardou-Tisserand
Jean-Luc Dupouey
Jean-Christophe Hervé
Timothée Audinot
Jean-Daniel Bontemps

01. INTRODUCTION

01. INTRODUCTION

■ LA TRANSITION FORESTIÈRE (MATHER, 1992)

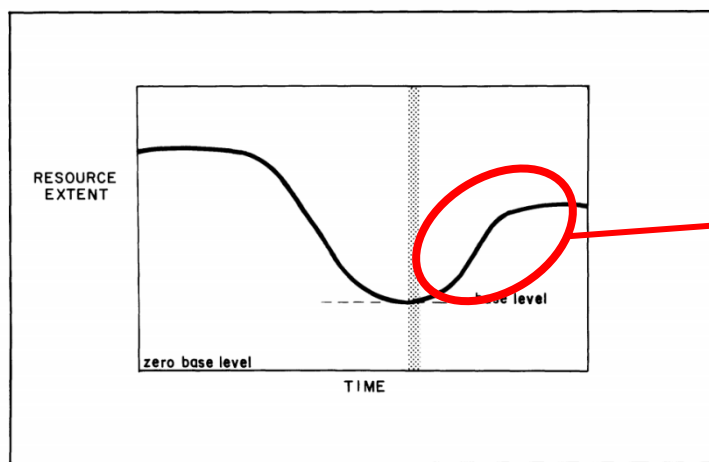
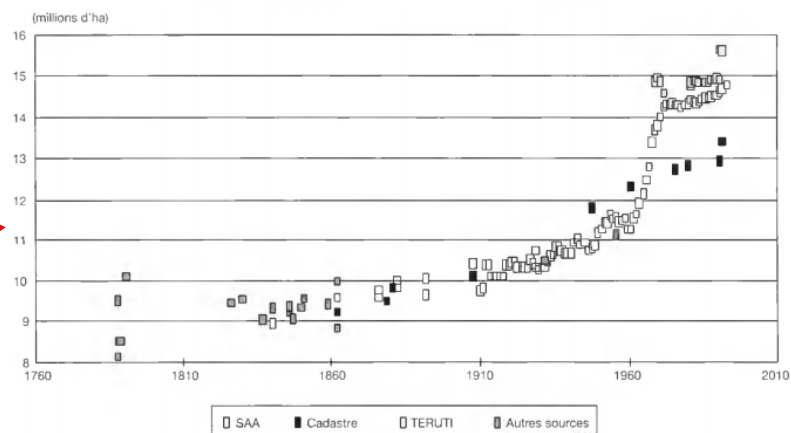


Figure 2 Resource depletion-melioration: stippled band indicates forest transition (after Whitaker 1941)
Mather, 1992



Surface forestière française. Cinotti, 1996

- + 0,7%/an entre 1990 et 2015 (SOEF, 2015)
- La deuxième plus forte expansion absolue d'Europe (après la Turquie, SOEF 2015)

01. INTRODUCTION

■ UNE EXPANSION QUI MET AUJOURD'HUI SURTOUT EN JEU LES STOCKS

- +1,4%/an entre 1990 et 2015 (SOEF, 2015)
- Le stock sur pied a doublé en 50 ans (Hervé et al. 2014)
- Très/trop peu étudiée !

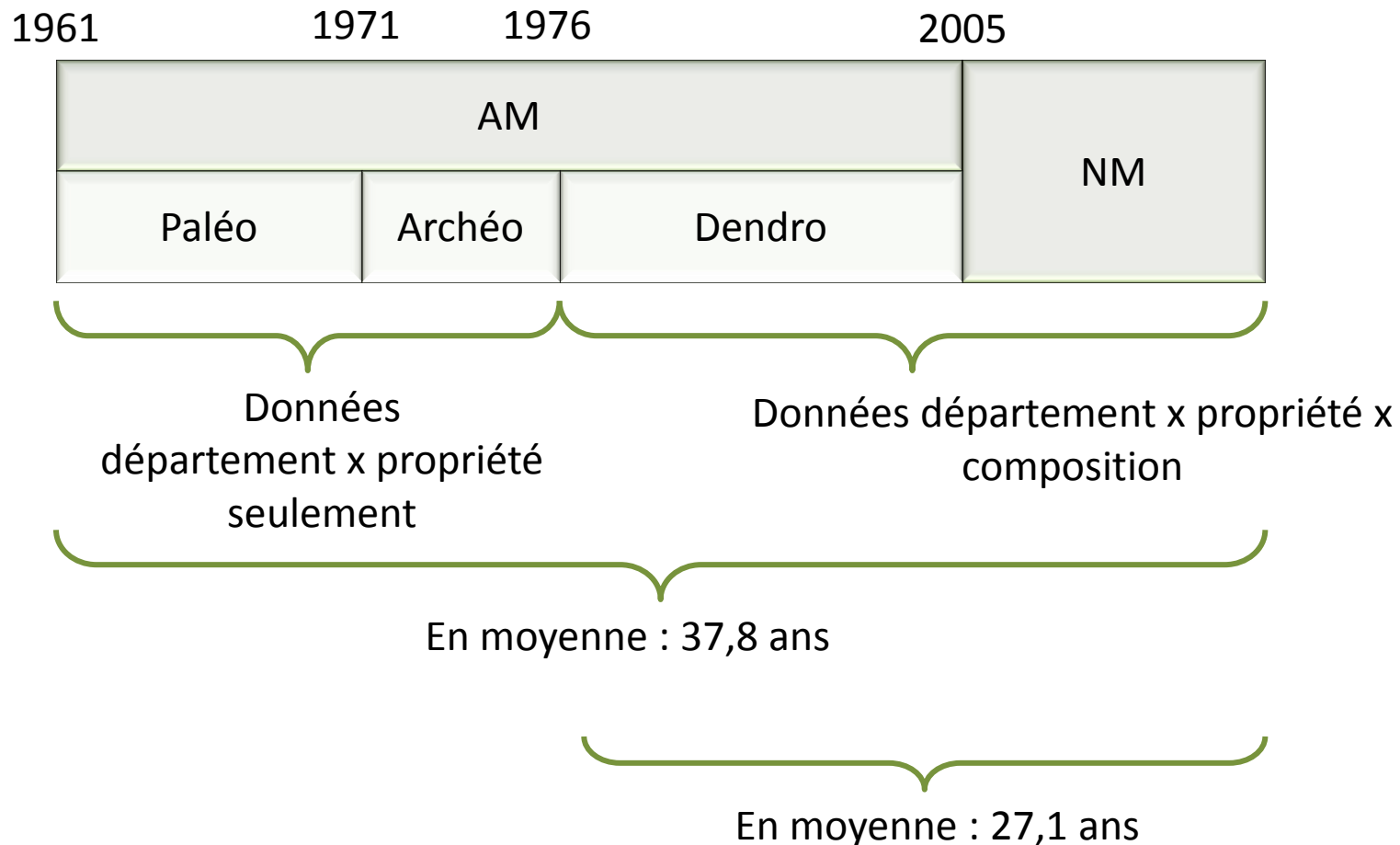
■ PROBLÉMATIQUES :

- Ces expansions présentent-elles des hétérogénéités ?
 - Spatiale et au sein des types de propriété et composition en essence
- Ces expansions sont-elles constantes dans le temps ?
- Quels sont les déterminants de l'expansion en stock ?

02. LES DONNÉES

02. LES DONNÉES DISPONIBLES

■ DONNÉES DE L'IFN



02. LES DONNÉES DISPONIBLES

DONNÉES DE L'IFN

- **DONNÉES AM (AVANT 2005) :**

- Inventaires départementaux
- Répétés à peu près tous les 10 ans
- Inventaires non synchrones des départements

- **DONNÉES NM (APRÈS 2005) :**

- Inventaires nationaux
- Répétés tous les ans



Calcul d'un point moyen (année de référence : 2010)

→ INTERPOLATION LINÉAIRE DES DONNÉES POUR CONSTRUIRE DES SÉRIES ANNUALISÉES

02. LES DONNÉES DISPONIBLES

- **DONNÉES DE LA STATISTIQUE DAUBRÉE (1908):**
 - A été numérisée, corrigée et inter-comparée avec d'autres statistiques (stage de M1 de Timothée Audinot)
 - Grain départemental
 - Surfaces seulement
 - Données ventilées par essences et par propriété
 - Manque Alsace et Moselle (annexion) → complétée par statistique allemande de 1908

02. LES DONNÉES DISPONIBLES

- PARTITION :
 - Spatiale : départements
 - Types de propriété : domanial, autres forêts publiques (« communal »), privé
 - Types de compositions en essence (résineux, feuillus)

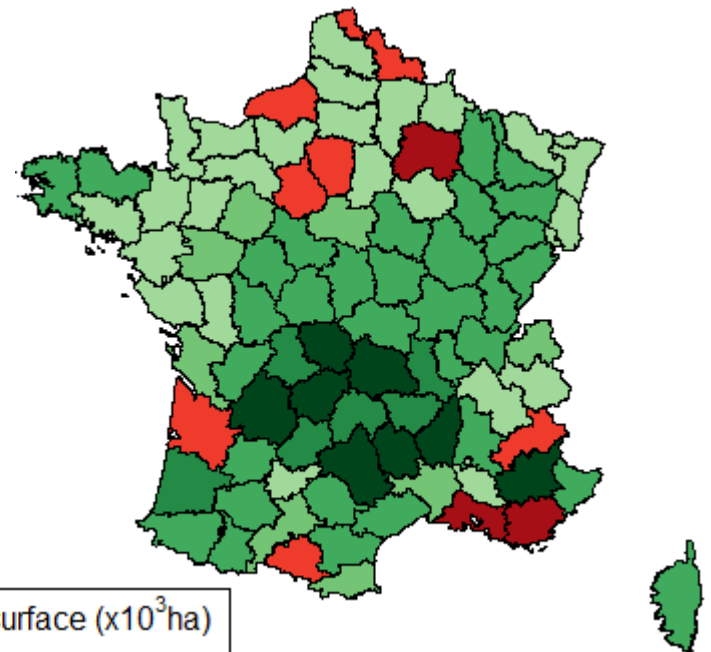
03. DES EXPANSIONS HÉTÉROGÈNES

03. DES EXPANSIONS HÉTÉROGÈNES

■ EXPANSION EN SURFACE DE 1908 À 1975

- +2,6 millions d'ha (+25,6%)
- +39 000 ha/an
- Plus intense dans le Massif Central

→ Politiques de reboisement (FFN)



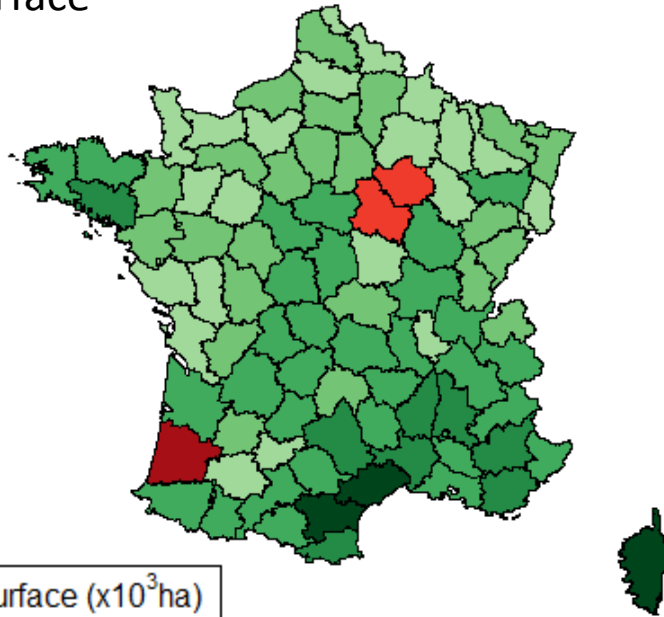
variation de surface (x10³ha)

- 100 < diff
- 60 < diff <= 100
- 20 < diff <= 60
- 10 < diff <= 20
- 0 < diff <= 10
- -10 < diff <= 0
- diff <= -10

03. DES EXPANSIONS HÉTÉROGÈNES

■ EXPANSION EN SURFACE DE 1975 À 2010

Surface



variation de surface ($\times 10^3$ ha)

- 100 < diff
- 60 < diff <= 100
- 20 < diff <= 60
- 10 < diff <= 20
- 0 < diff <= 10
- -10 < diff <= 0
- diff <= -10

- +2,5 millions d'ha (+18,9%)
- +71 000 ha/an **accélération**
- Plus intense dans le Sud et la Bretagne

→ Accrus naturels (déprise agricole, changement d'utilisation du sol...)

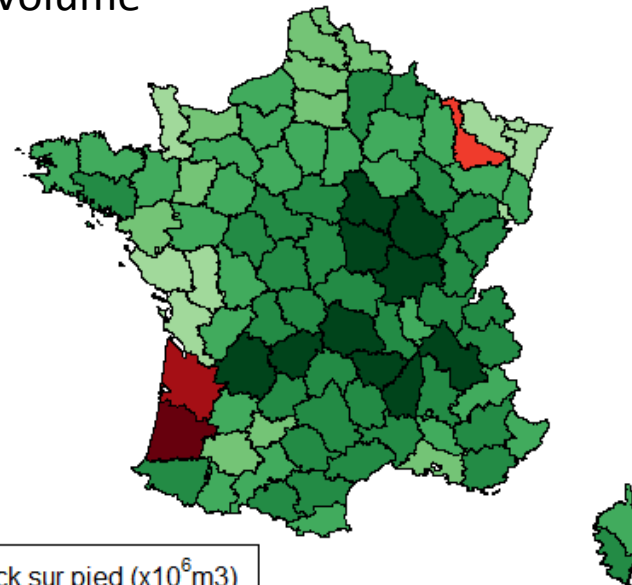
03. DES EXPANSIONS HÉTÉROGÈNES

■ EXPANSION EN STOCK DE 1975 À 2010

- +950 millions de m³ (+61,4%)
- + 27 millions de m³ /an
- Plus intense dans le Massif Central et la Bourgogne

→ Capitalisation des anciennes plantations

Volume



variation du stock sur pied (x10⁶m3)

- 20 < diff
- 10 < diff <= 20
- 5 < diff <= 10
- 2.5 < diff <= 5
- 0 < diff <= 2.5
- -2.5 < diff <= 0
- -5 < diff <= -2.5
- diff <= -5

03. DES EXPANSIONS HÉTÉROGÈNES

■ UNE EXPANSION DES FORÊTS PRIVÉES ET DES FORÊTS FEUILLUES

■ 1908 - 2010 :

Propriété	Variation de surface		Part dans l'expansion totale (%)
	Absolue (x10 ³ ha)	Relative (%)	
Domanial	+106	+8	2
Communal	+335	+16	7
Privé	+4 670	+68	91

Composition	Variation de surface		Part dans l'expansion totale (%)
	Absolue (x10 ³ ha)	Relative (%)	
Feuillus	+2 820	+38	73
Résineux	+1 050	+37	27

03. DES EXPANSIONS HÉTÉROGÈNES

- UNE ÉTUDE DES COMPOSITIONS DIFFICILE À CAUSE DU CHANGEMENT DE MÉTHODE
 - Les compositions sont détectées avec une meilleure résolution en NM
 - Etude des variations de surface de ces compositions en combinant AM et NM impossible

 - Mais : cohérence intra méthode
 - L'étude séparée reste possible

03. DES EXPANSIONS HÉTÉROGÈNES

■ L'EXPANSION PAR COMPOSITION EN AM (1987-1994)

Composition	Variation de surface		
	Absolue (milliers d'ha)	Annuelle (milliers d'ha/an)	Relative (%)
Feuillus	+320	45	+3,5
Résineux	+90	10	+2,0

■ L'EXPANSION PAR COMPOSITION EN NM (2006-2014)

Composition	Variation de surface		
	Absolue (milliers d'ha)	Annuelle (milliers d'ha/an)	Relative (%)
Feuillus	+ 1 060	130	+ 11,0
Résineux	+ 60	8	+ 1,5

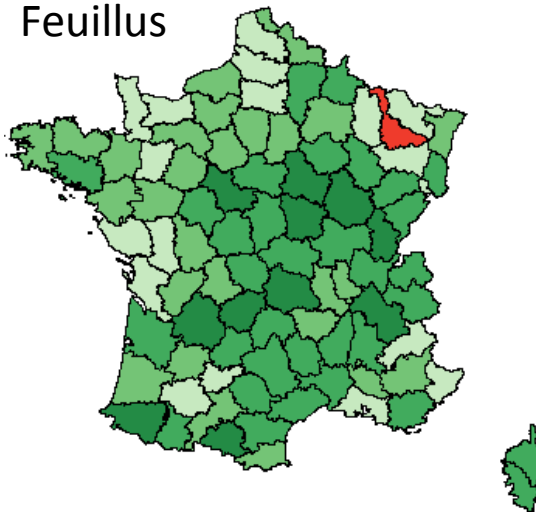
- Ralentissement voire stagnation de l'expansion des forêts résineuses
- Une expansion de plus en plus rapide de la surface des forêts feuillues

03. DES EXPANSIONS HÉTÉROGÈNES

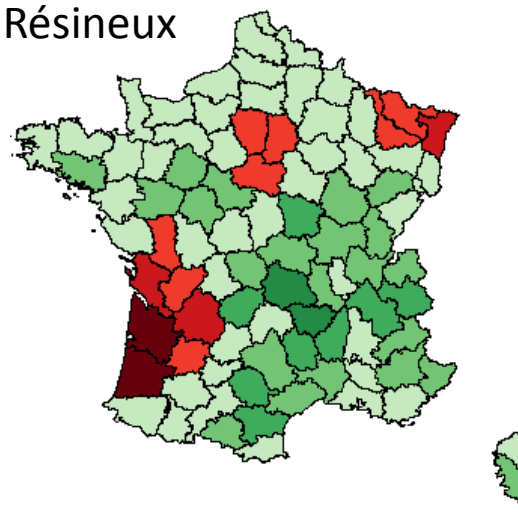
■ EXPANSION EN STOCK (1975-2010)

Composition	Variation de stock	
	Absolue (millions de m ³)	Relative (%)
Feuillus	+480	+40
Résineux	+130	+20

Feuillus



Résineux



variation du stock sur pied (x10⁶m³)

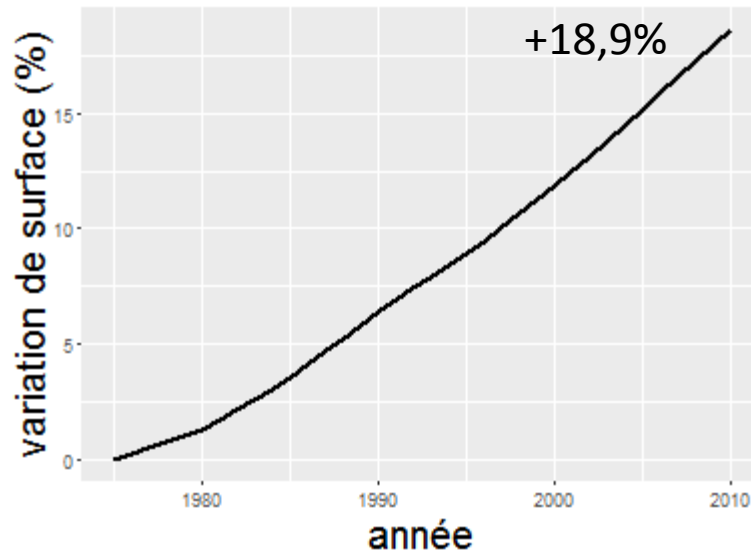
- 20 < diff
- 10 < diff <= 20
- 5 < diff <= 10
- 2.5 < diff <= 5
- 0 < diff <= 2.5
- 2.5 < diff <= 0
- 5 < diff <= -2.5
- diff <= -5

04. ETUDE DU CHANGEMENT DE VITESSE DE CES EXPANSIONS

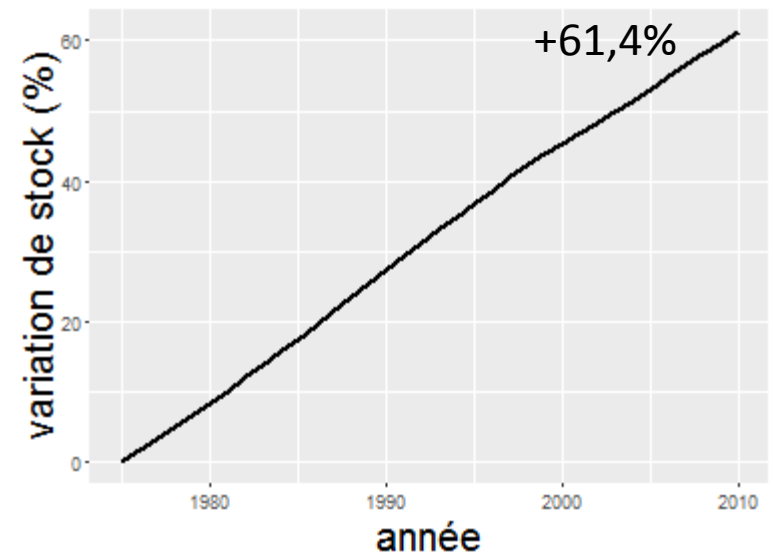
04. ETUDE DU CHANGEMENT DE VITESSE DE CES EXPANSIONS

- UNE EXPANSION QUASI CONSTANTE DANS LE TEMPS DEPUIS 1975

surface

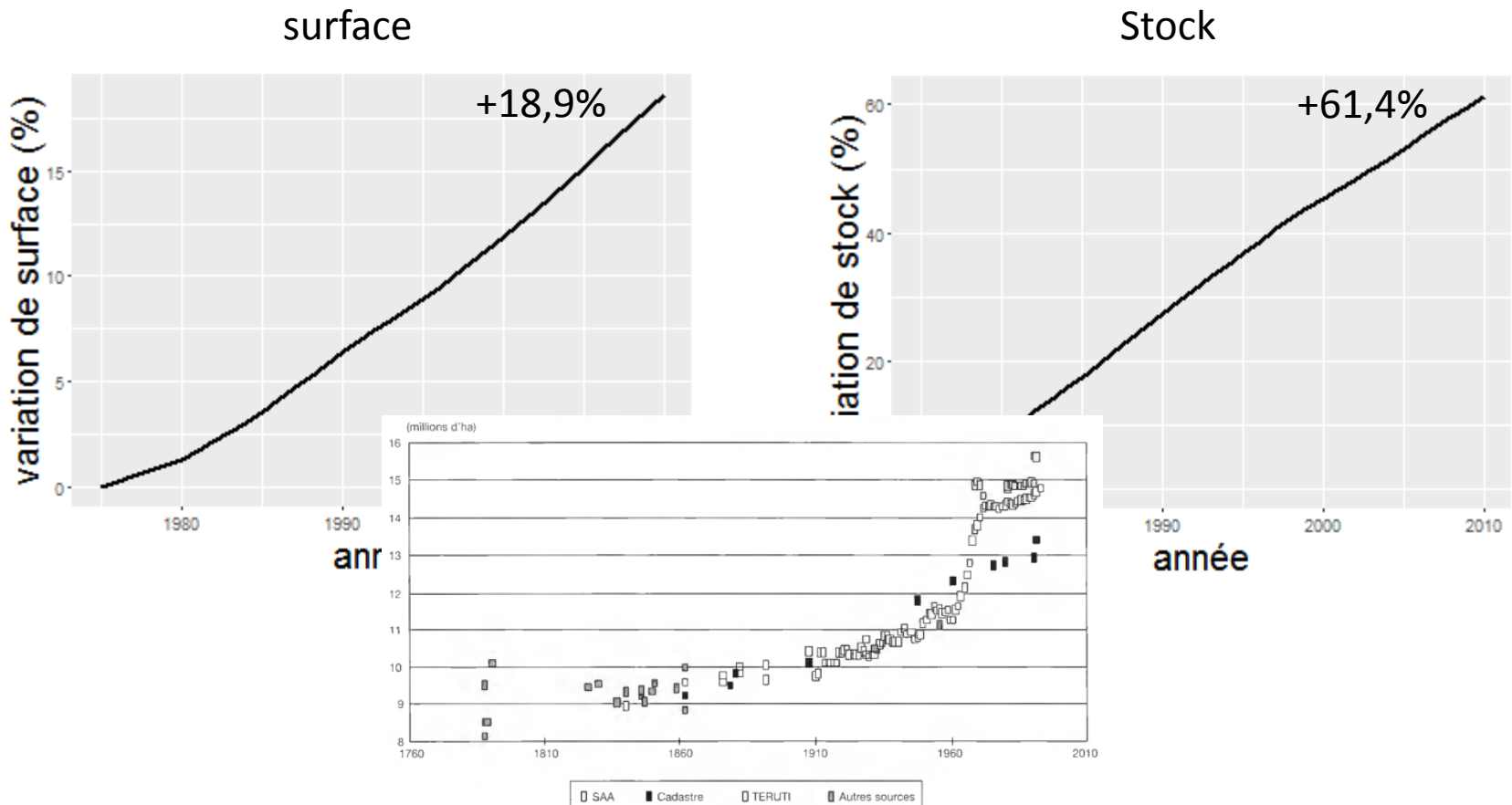


Stock



04. ETUDE DU CHANGEMENT DE VITESSE DE CES EXPANSIONS

- UNE EXPANSION QUASI CONSTANTE DANS LE TEMPS DEPUIS 1975

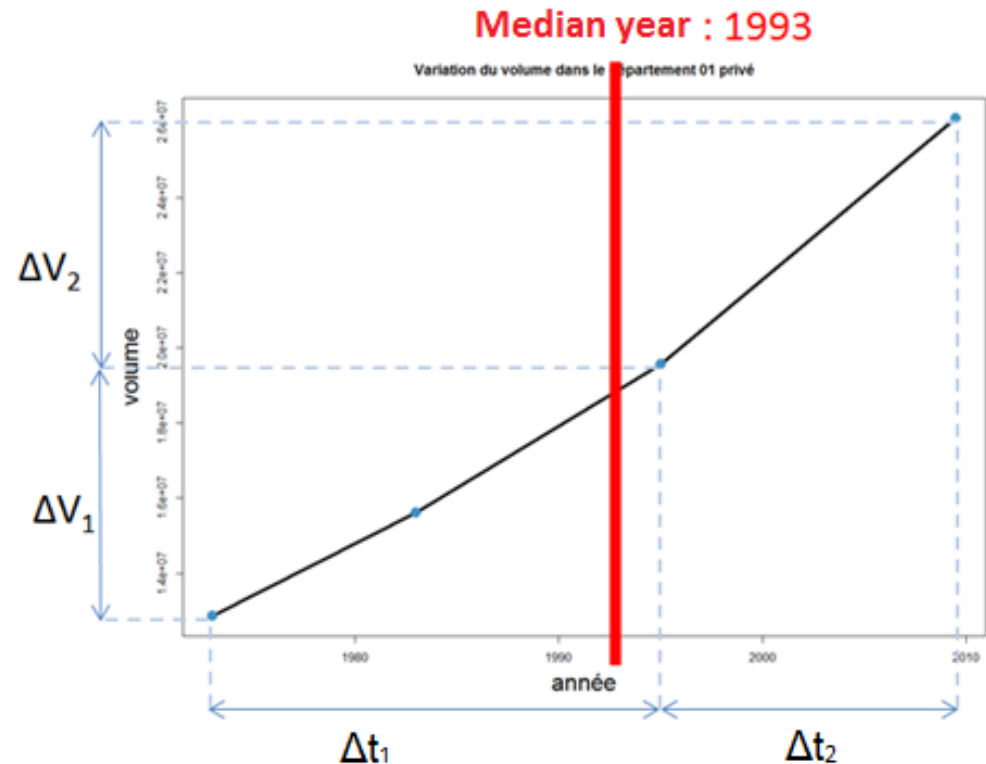


04. ETUDE DU CHANGEMENT DE VITESSE DE CES EXPANSIONS

■ MÉTHODE

- Pour chaque département : séparation du jeu de données en deux parties autour de l'année médiane
- Calcul sur chaque partie de la vitesse d'expansion : $V_i = \Delta X_i / \Delta t_i$ (avec X la surface ou le stock)
- Calcul d'un changement de vitesse : $A = V_2 - V_1$

- Pour les surfaces : étude sur l'AM seulement

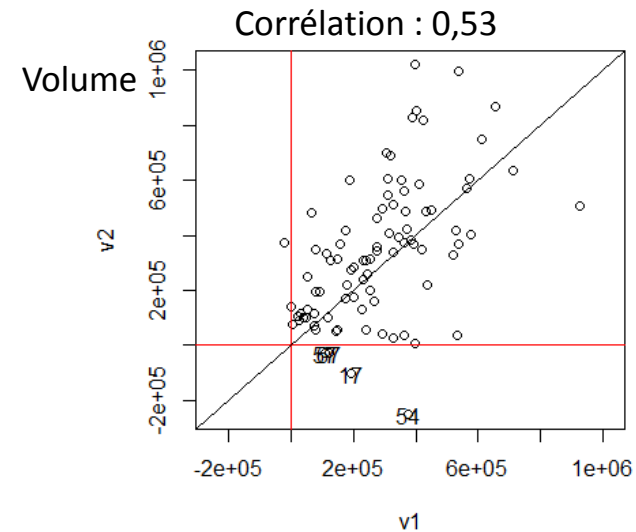
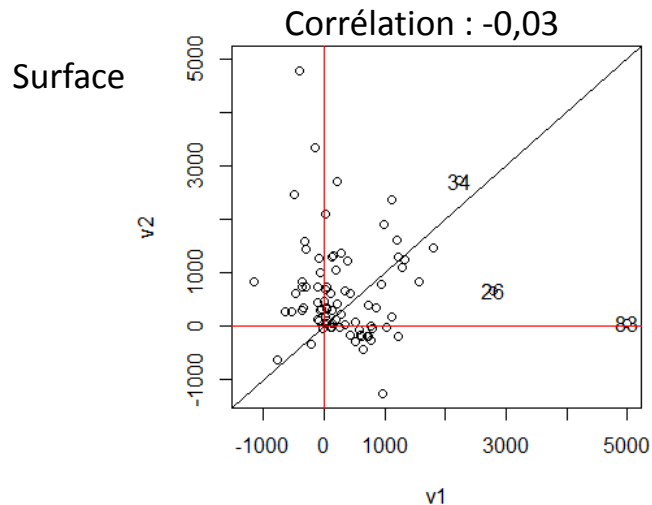


04. ETUDE DU CHANGEMENT DE VITESSE DE CES EXPANSIONS

■ RÉSULTATS

■ Forêt entière :

- Surface : pas de variation de vitesse moyenne (p-value = 0,07) moyenne des augmentations : +256 ha/an
- Volume : accélération de l'expansion (p-value = 0,02) avec une augmentation de +54 mille m³/an



■ Par type de propriété :

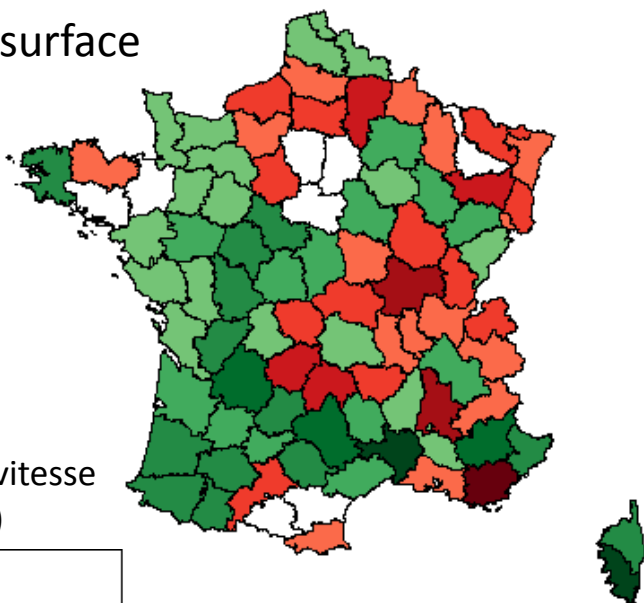
- Surface et volume : en publique, pas de variation de vitesse
- Surfaces privées : accélération de l'expansion (p-value = 0,04) avec une augmentation de +265 ha/an
- Stocks privés : accélération de l'expansion (p-value = $<10^{-3}$) avec une augmentation de +64 mille m³/an

04. ETUDE DU CHANGEMENT DE VITESSE DE CES EXPANSIONS

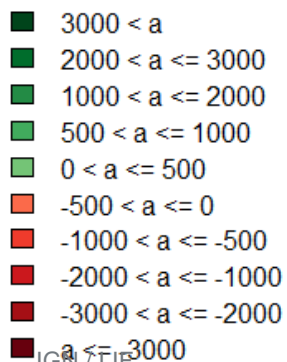
■ RÉSULTATS

■ Localisation des accélérations

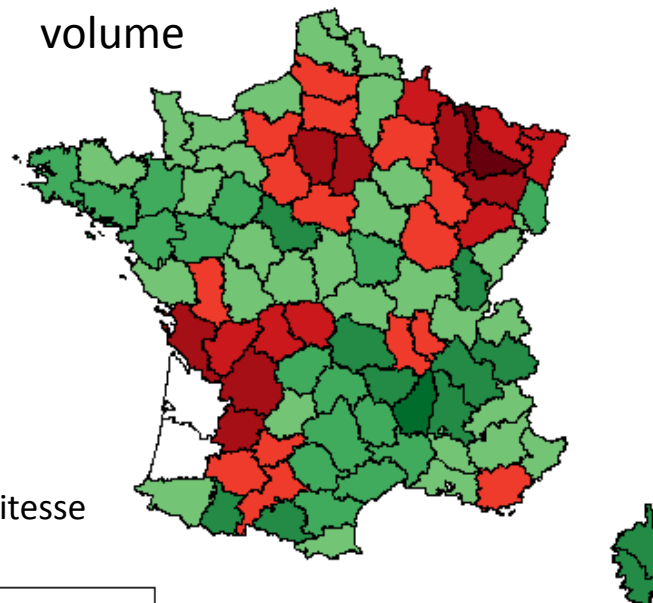
surface



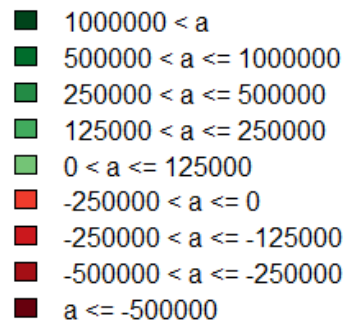
Variation de vitesse
(ha/an)



volume



Variation de vitesse
(m³/an)



■ 23/03/2017 ■ 24/32

05. APPROCHE CAUSALE DE L'EXPANSION DE STOCK

05. ETUDE CAUSALE

■ MÉTHODE

- But : relier les variations de stock à des propriétés de la forêt
- Hypothèses :
 - L'expansion dépend :
 - Du stock initial (+) relation capital-production
 - De la densité du stock (-) saturation
 - De l'augmentation récente de surface (+) développement différé

05. ETUDE CAUSALE

■ MÉTHODE

- $\Delta V_{t_0 \rightarrow t_0 + \Delta t} = a \Delta t + b V_{t_0} \Delta t + c V_{t_0}/S_{t_0} \Delta t + d \Delta S_{t_0 - \Delta t} \Delta t$ with $\varepsilon \sim N(0, \sqrt{V_0})$
 - Δt : temps entre deux inventaires
 - V_{t_0} : volume initial
 - V_{t_0}/S_{t_0} : densité initiale du stock
 - $\Delta S_{t_0 - \Delta t}$: récente variation de surface
- L'étude se fait soit sur la période totale soit entre deux inventaires consécutifs

05. ETUDE CAUSALE

■ RÉSULTATS

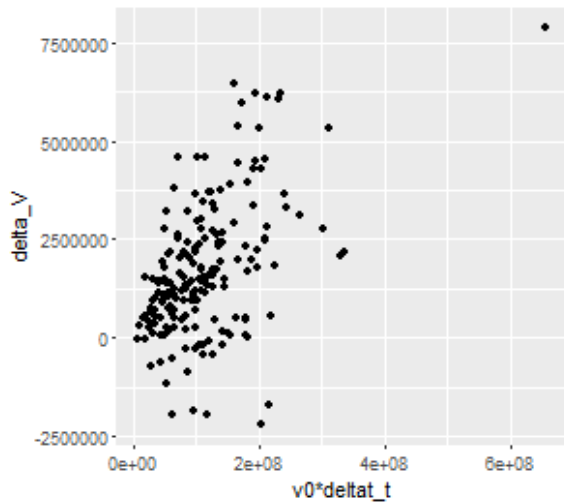
■ Tableau récapitulatif

	Volume initial	Densité initiale	Récente augmentation de surface	Part des variations expliquées (%)
Période totale	+	-		43
Forêts privées sur des périodes successives	+	-	+	49
Forêts privées feuillues sur des périodes successives	+	-	+	47

05. ETUDE CAUSALE

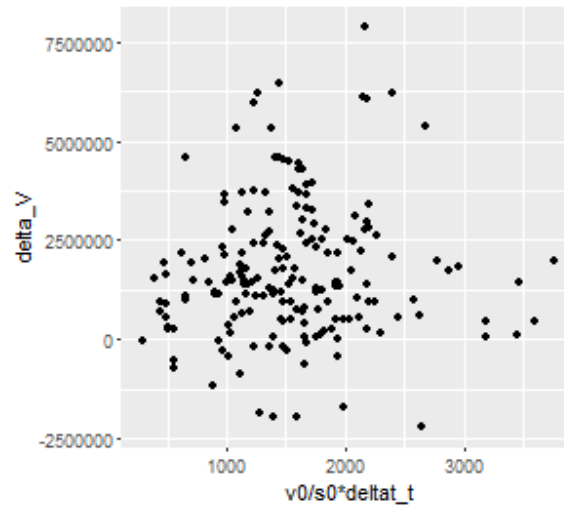
■ RÉSULTATS

Stock initial



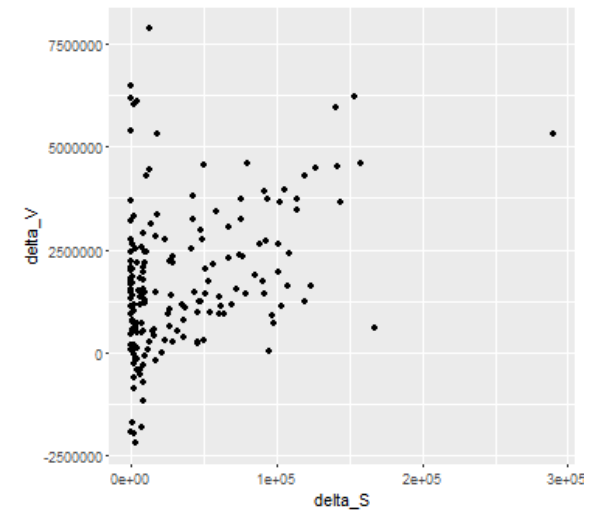
r^2 partiel = 0,22

Densité initiale



r^2 partiel = 0,03

Augmentation récente de surface



r^2 partiel = 0,03

06. CONCLUSION

06. CONCLUSION

- Une expansion en surface ET en stock
- Des expansions plus intenses dans les forêts privées et les forêts feuillues
- Différence de localisation entre l'expansion en surface et celle en stock. Expansion différée en stock
- Ralentissement récent de l'expansion en surface des forêts résineuses → arrêt de politiques de boisements (+tempêtes)

■ CHANGEMENT DE VITESSE DE L'EXPANSION

- Accélération de l'expansion du stock sur pied et de la surface dans les forêts privées
- Accélération en surface principalement localisées dans l'Ouest
- Accélération en stock principalement localisées en Bretagne et dans le Sud-Est
- Une expansion qui ne ralentit pas → contraire aux résultats de Cinotti, 1996 (données Teruti)

06. CONCLUSION

■ APPROCHE CAUSALE

- Il est possible d'expliquer jusqu'à 49% de l'expansion de stock dans les forêts privées
- L'expansion dépend :
 - Du stock initial (+)
 - De la densité initiale du stock (-)
 - De l'expansion récente en surface (+)
- L'effet principal est celui du stock initial
- Ces résultats sont encourageants pour une approche par modèle démographique de l'expansion