

# Relations entre résistance au vent, descripteurs du peuplement et sylviculture



Francis Colin, Philippe Riou-Nivert

UMR Lerfob INRA-AgroParisTech

IDF/CNPPF, Paris



# 3 approches

- Empirique, liée à l'observation, à « dire d'expert » : propriétaire, gestionnaire, ingénieur vulgarisateur (Ex: Becquey, 2001)
- Phénoménologique (statistique, empirique), liée à l'ajustement sur les dégâts, d'un modèle statistique comprenant les facteurs et variables disponibles
- Mécaniste, avec 3 composantes :
  - Aérodynamique échelles paysage et peuplement
  - Transfert d'une énergie cinétique à l'arbre
  - Résistance biomécanique de l'arbre

Pour pouvoir comprendre et réagir efficacement, aucune approche n'est à négliger.

Elles sont complémentaires ; aucune à elle seule ne parvient à tout expliquer.

Mais globalement, on doit tendre vers moins d' « empirisme ».

# Démarche phénoménologique

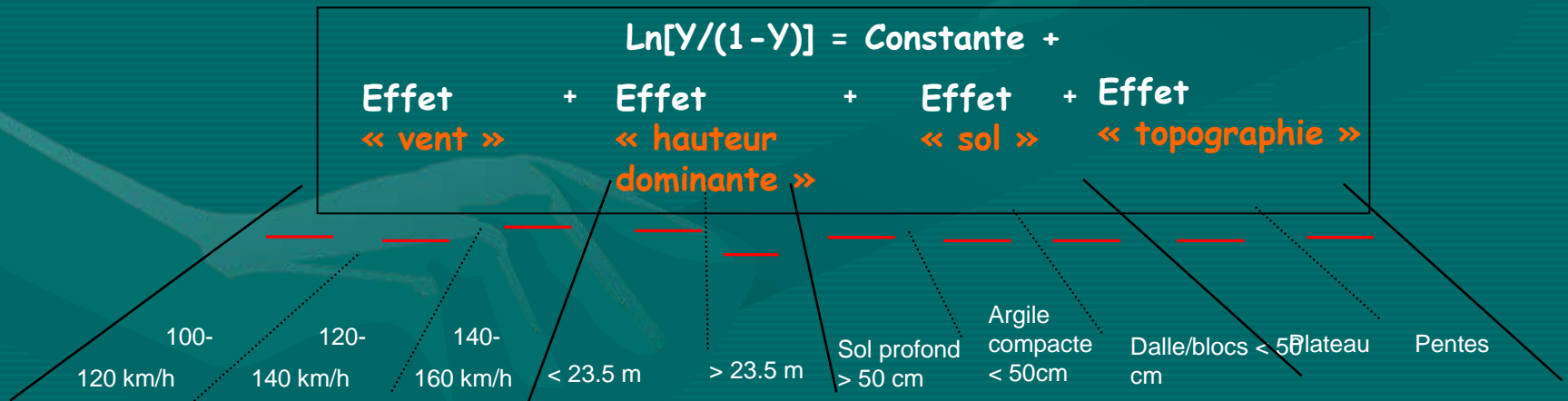
- A la base, des proportions de dégâts :

	endommagé	indemne
exposé	a	b
non-exposé	c	d

Odds ratio =  $(a/b) / (c/d)$

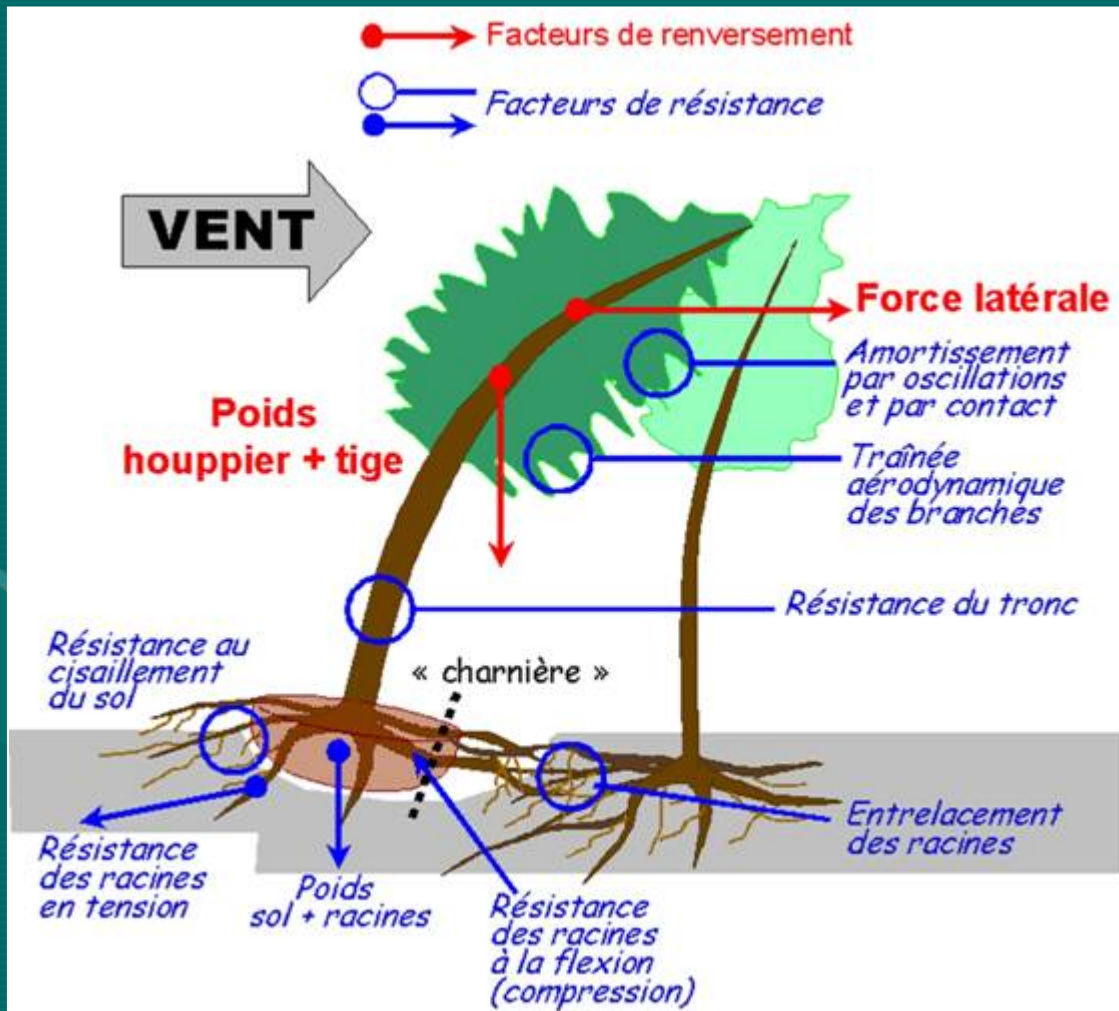
Risque relatif =  $(a/[a+b]) / (c/[c+d])$

- Le modèle logistique : exemple du Hêtre (Bock et al., 2002, 2005)



$Y = \text{taux de dégâts en nombre de tiges} = \text{nombre de tiges endommagées} / \text{nombre de tiges total}$

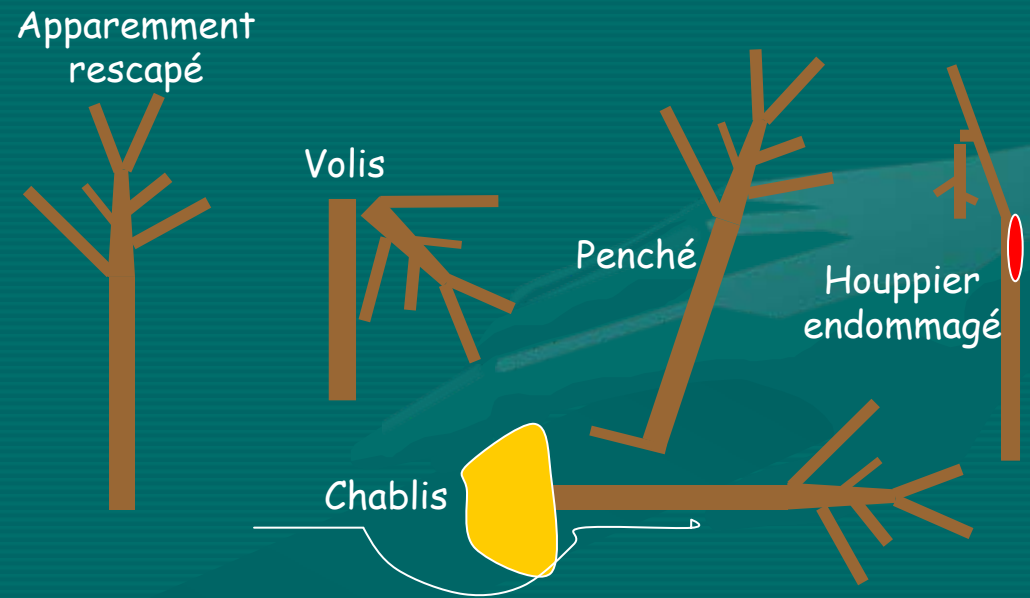
# Organisation des facteurs



## Facteurs :

- Très liés (A déjà « contenu » dans B) ;
- additifs (A+B), interagissant ( $A + B + A*B$ ) ;
- Confondants ;
- En série ... (A → B → C)

# Types de dégâts « arbre »



Taux de dégâts :

- Différentes regroupements des dégâts
- $N$  endommagés /  $N$  total
- $G$  endommagée /  $G$  total
- couvert endommagé / surface placette

# Jeux de données

- Données IFN large gamme de situations, reflètent sylviculture courante, mélanges présents ; problèmes de reconstitution des hauteurs
  - Piton (2001)
  - Renaud et Hervé (2005)
  - Renaud (2005)
- Données issues de parcelles de gestion ; pas de mélanges ; sylvicultures régionales
  - Hêtre N-E : Bock et al., 2002, 2005
  - Angelier et François, 2004
  - ONF STIR Massif central 2002 (Sapin Massif central)
  - Genay et al., 2005 (Douglas Massif central)
- Données issues de parcelles expérimentales (large gamme de sylvicultures)
  - Najar et al., 2002 (Pin maritime, Aquitaine)
  - Rosa (2004)
- Données issues de réseaux de surveillance
  - DSF (Renaud 2002 )
    - Etudes réalisées par l'IDF, l'ONF, l'INRA, le FCBA avec le soutien du GIPECOFOR
    - N'ont pas fait l'objet de publications de rang A  
→ pas de relecture par des spécialistes
    - Rapports internes, RDVT, articles FE, Forêt Wallonne...

# Stratégies de gestion du risque

Sur l'aléa (les vents forts) pas d'action possible

Sur les enjeux (la production forestière), 3 stratégies :

Acceptation : on « ne change rien » ; par chance ça pourra passer

Mitigation : on fait en sorte que l'enjeu soit moins vulnérable

Evitement : on place un enjeu moins vulnérable, on met l'enjeu à un autre endroit

Et il faut tenir compte des évolutions futures

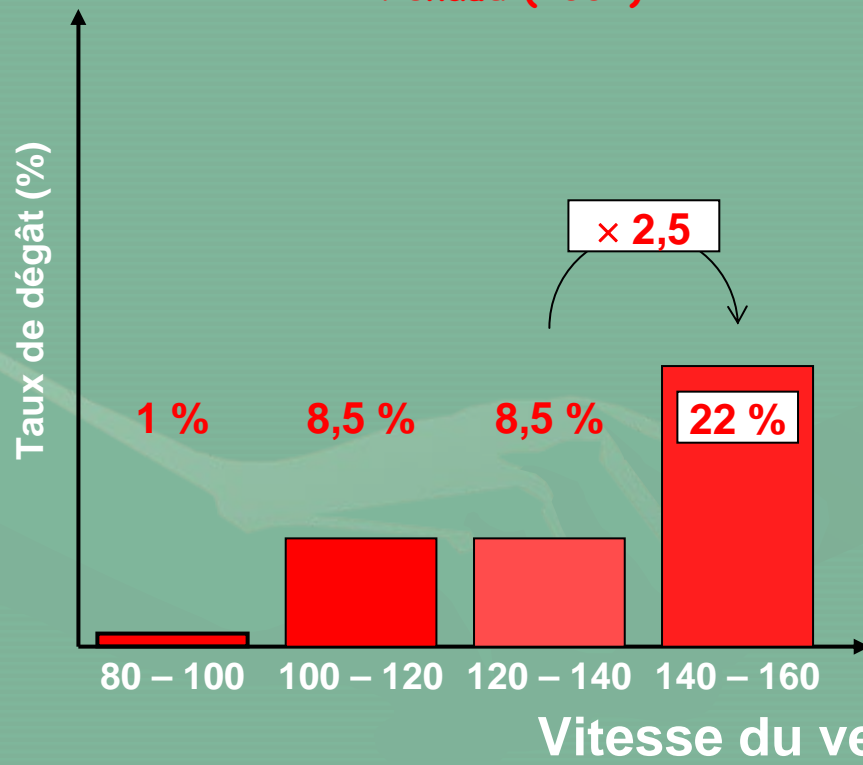
# Les facteurs qui interviennent et les mesures sylvicoles



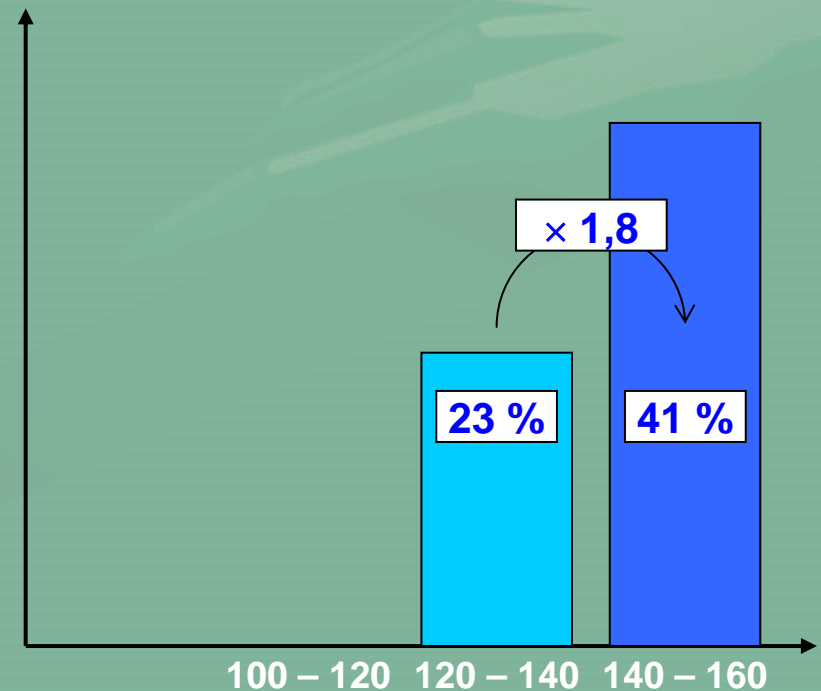
# Effet du vent

Vitesse instantanée (des rafales ou non, laps de temps 0.5 à qq s) moyenne (sur plus de 10 mn)

Toutes essences confondues (France)  
Renaud (2001)



Hêtre (NE France)  
Bock et al. (2002)



# Conséquences gestion

- Très grande variabilité de l'aléa
- MAIS régions régulièrement parcourues
- → historique et calcul temps de retour
- Inscrire le risque « tempête » dans l'aménagement
- Décider de la stratégie :
  - Évitement (on met les grands enjeux ailleurs)
  - Acceptation (Pin maritime, peuplier)
  - Mitigation (gestion en tenant compte du risque, promotion de productions plus rapides)

# Hauteur

"Synthétise" plusieurs effets :

fertilité,

âge,

faiblesses mécaniques croissantes avec l'âge (attaques pathogènes),

le caractère régulier/irrégulier,

la "prise" au vent,

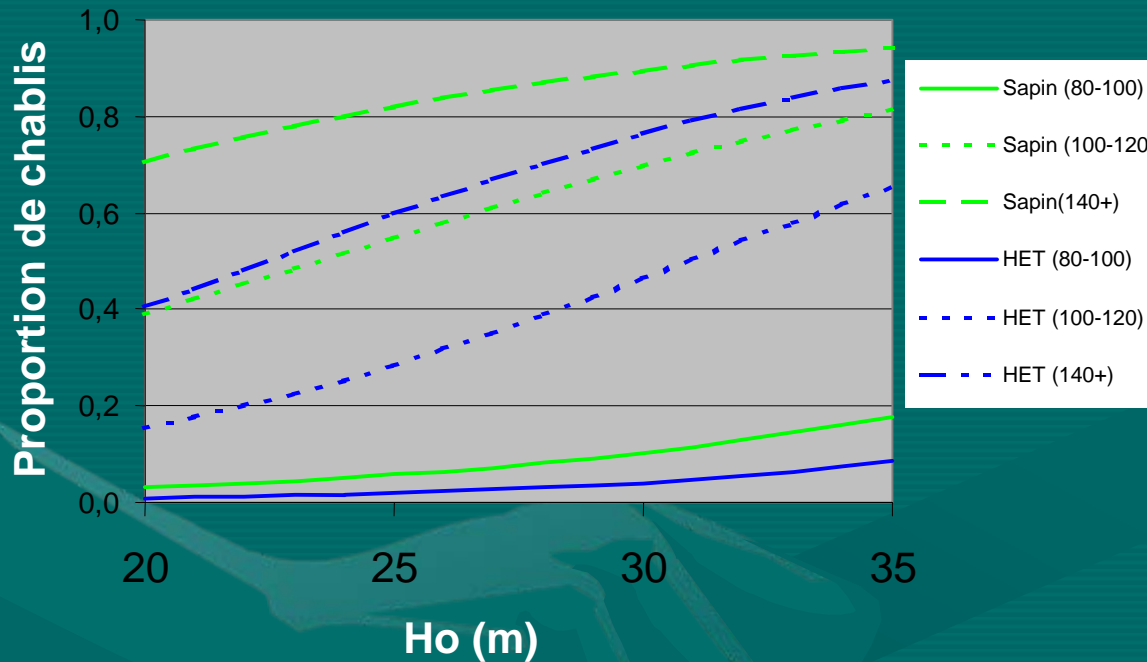
les possibilités d'oscillation des houppiers

# Ho et H<sub>seuil</sub>

- **Sapin Epicéa** [Piton, 2002, **Haut Rhin**, **1029 parcelles**
  - <12m : peuplements très stables
  - 12-25 m : instable, éclaircie récente déstabilise
  - >25 m : instable, éclairci ou non
- **Sapin Franche-Comté et Massif Central** **415 parcelles** [Angelier & François, 2004]>
  - 27,5 m dégâts > 20% → instabilité, stratégie d'acceptation du risque
- **Douglas Massif Central** **69 parcelles** [Angelier & François, 2004]
  - 28 m dégâts forts
- **P. maritime** [Piton, 2002, **Gironde+Landes**, **2195 placettes**] : pas de propositions
- **Chêne** : [Piton, 2002, **Haut Rhin**] **PAS D'EFFET de Ho** mis en évidence
  - [Piton, 2002, Yonne, **720 placettes**] [**Ho significatif**]
    - > 30 m si vent fort : risques
- **Hêtre** [Piton, 2002, **Haut Rhin**, **192 placettes IFN**] (**Ho significatif**) :
  - <22m : peuplements stables
  - 22-35 m : certaine instabilité
  - >35 m : condamné en cas fort coup de vent
- **Hêtre** [Bock et al. 2002 **145 parcelles Lorraine**] :
  - > 23,5m → instable

# Ho et vent

Exemple : Renaud J.P, 2002.  
réseau européen santé des forêts  
45 placettes Hêtre, 22 placettes Sapin



*Attention : les situations rencontrées et bien quantifiées jusqu'à présent sont très particulières (sols très humides, rafales probablement très fortes)*

*→ on pourrait être trop pessimiste !*

**Accentuation de l'effet Ho quand VMI augmente puis 'tassement'**

# Sols forestiers

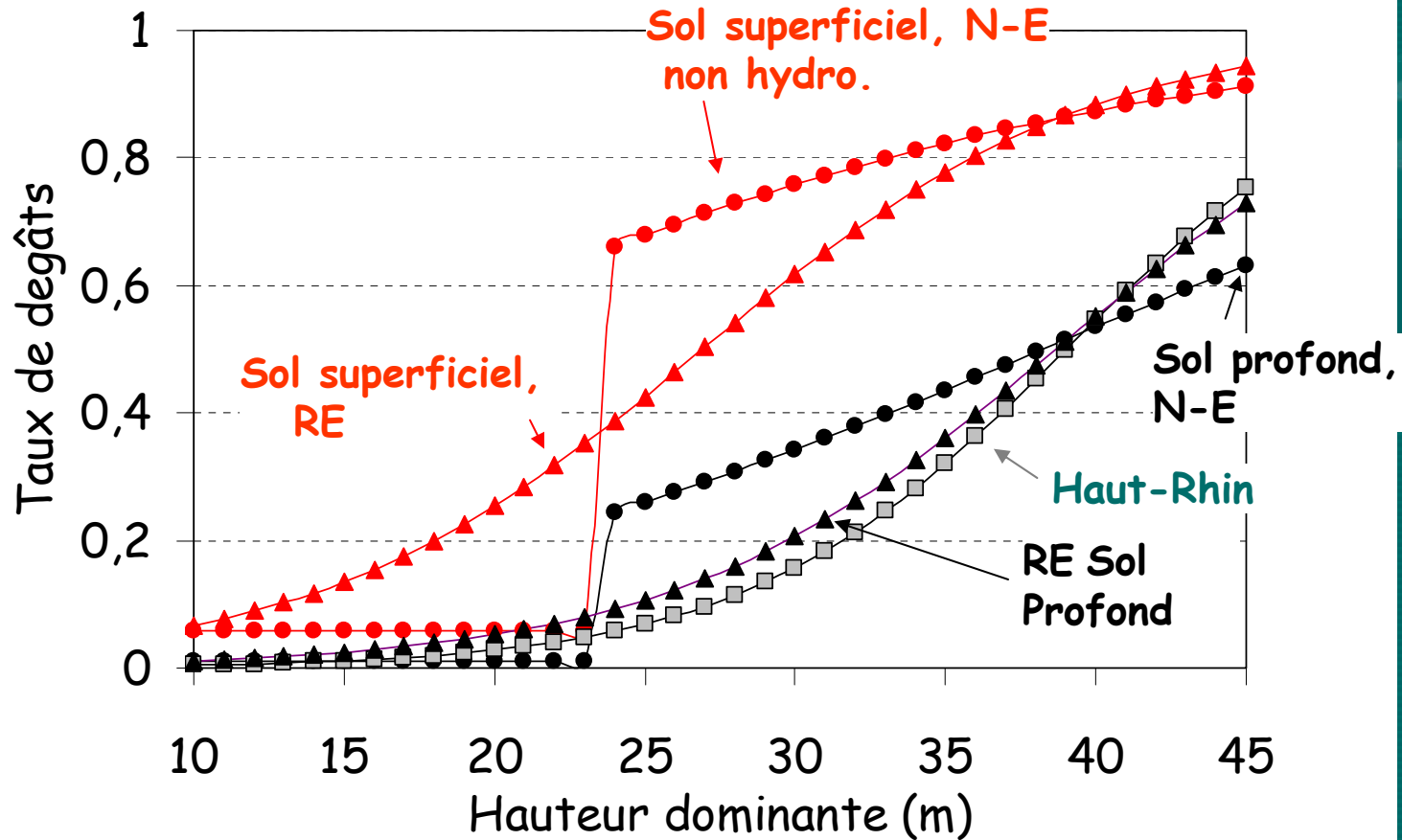
- On ne choisit pas ses ...sols forestiers  
[Badeau et al, 1999] : davantage de sols bruns, sols hydromorphes et sols podzolisés  
→ **sols contraignants**
- Sols hydromorphes  
→ **stratégie d'évitement (pas d'efforts sylvicoles)**  
ou au contraire mitigation (drainage, billons)  
(cf Lévy & Lefèvre 2001) mais **Problème des coûts**
- Les essences forestières s'y acclimatent plus ou moins  
→ **adéquation sol - espèce**
- Les sols ne sont déjà pas bons, il ne faut pas les dégrader  
(mécanisation à surveiller)  
→ **préventif**

**Attention en décembre 1999 sols détrempés**  
→ **généralisation difficile**

# Sol et Ho

Ex : Hêtre

Vinckler &, 2004



Bonne cohérence des modèles :

- Modèles avec seuil de Ho (Bock&, 2002)
- Modèles sans seuil (Piton, 2002 ; Renaud, 2001)

# Conséquences gestion

- Obtenir rapidement les diamètres commercialisables → éclaircir rapidement
- Sur sols superficiels ne pas chercher longues grumes (dans le sens  $L_{grume} = f(\text{fertilité})$  ;  $L_{grume} = \frac{1}{4} H_0$  finale)
- Mais éclaircies → houppiers longs
- → Introduire l'élagage (voir coûts)



# Topographie et exposition

*Attention : les expositions, favorables ou non, dépendent de la direction du vent de la tempête.*

*En 1999 : Ouest-Sud Ouest dans la majorité des régions.*

- Exposition Est significativement favorable,  
Ouest aggravante
- Hêtre (Bock 2002) dégâts plus forts sur plateau que sur haut de pente

# Conséquence gestion

- Des situations exposées sont connues
- Les identifier
- Les intégrer dans les aménagements

# Un classement des essences

(Renaud et Hervé, 2005, Colin et al., 2009 ; Renaud, 2001)

- Tremble <
- < Epicéa < Douglas < Pin sylvestre
- < Chataîgnier < Laricio < Pin Noir
- < Merisier < Hêtre < Bouleau
- < Sapin < Grandis
- < Sessile < Pédonculé
- < Charme < Frêne

Peuplier, pin maritime replacés ultérieurement

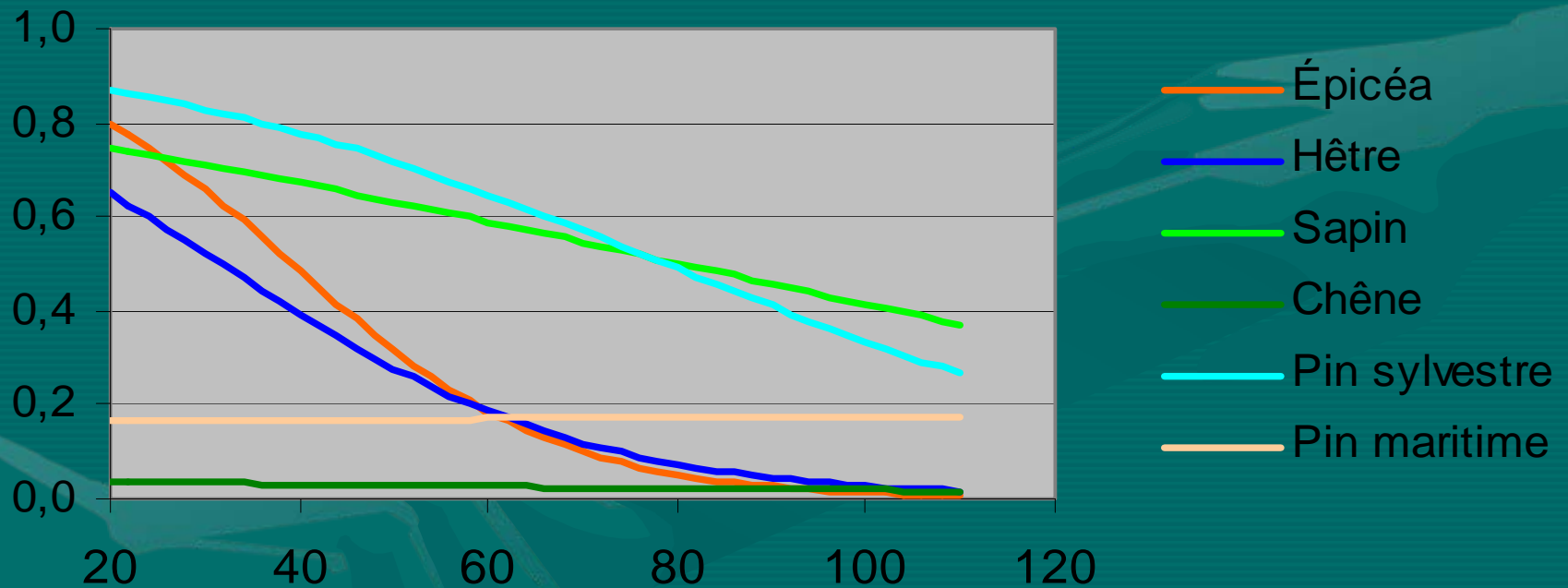
Pin maritime au même niveau qu'Epicéa, Douglas, P. sylvestre (Riou-Nivert, 2005)

# Conséquences gestion

- Charme, Frêne à davantage valoriser
- Merisier à produire rapidement → ouvrir
- Quand cela est économiquement possible, introduire des essences résistantes → favoriser les mélanges
- Quelle stratégie pour les vulnérables ?
  - Acceptation : Ex Peuplier, Douglas, Epicéa, Pin maritime ?
  - Evitement : ne plus planter l'Epicéa hors de son aire ? Pin maritime ?
  - Mitigation : être exigeant par rapport à l'application de sylvicultures appropriées
- Tenir compte de l'adéquation station - essence

# Sol et espèce

$P(\text{dégâts})=f(\text{Profond.})$



Simulation  $H_o = 30$  m, Vent  $> 120$  km/h

# Essence et santé

**Epicéa** : *Fomes (Heterobasidion annosum)* → pourritures de tronc → volis

**Pin maritime** : *Fomes (Heterobasidion annosum)*, *Armillaire* → pourritures de racines

**Peupliers** : *Fusarium*

**Chênes sessile, pédonculé** : *Collybie (Collybia fusipes)*

Cf dépérissements pédonculés à Tronçais  
(Guillaumin et al, 1983) ;

Marçais & Caël, 2002

Classes d'infection par la Collybie	Arbres non endommagés	Arbres faiblement endommagés	Arbres fortement endommagés
Chablis % (nb d'arbres)	10% ( sur 135)	16% (sur 147)	30% (sur 86)
Risques relatifs	-	1,5	2,9

# Conséquences gestion

- Respecter scrupuleusement l'autécologie
- Utilisation de variétés résistantes

# Eclaircies des résineux

- Plus elles sont récentes et fortes, moins le peuplement est acclimaté
- Grande variété des manières de les quantifier : intensité, prélèvement dans les 5 ans, délai depuis, nb d'éclaircies passées, type (par le haut/le bas , systématique/sélective)

Piton, 2001 :

Effet majeur du taux de prélèvement  $V_{\text{prélevé}}/V_{\text{avant}}$  dans les 5 ans avant tempête  
Pin maritime, Sapin, Epicéa, Pin sylvestre

ONF : Douglas : effet éclaircie si temps = 1 an

Najar et al., 2002 : Pin maritime : moins de 2 ans



# Eclaircies des feuillus

Pas d'effet : **Hêtre, Chêne**

Exception : **Chêne** :

Yonne [720 placettes IFN]  
(- fort que pour résineux)

# Conséquences pour la gestion

- Un peuplement éclairci est fragilisé
- Etre très prudent avec les résineux
- Eclaircir quand le peuplement n'a pas atteint les hauteurs critiques
- Les éclaircies doivent être nombreuses et fortes avant Hseuil (→ acclimatation des arbres)
- Au-delà de Hseuil, pas d'éclaircies  
ou éclaircies espacées et fortes (pour ne pas intervenir souvent)

# Effet du mélange

(Von Lüpke et Spellmann 1995)

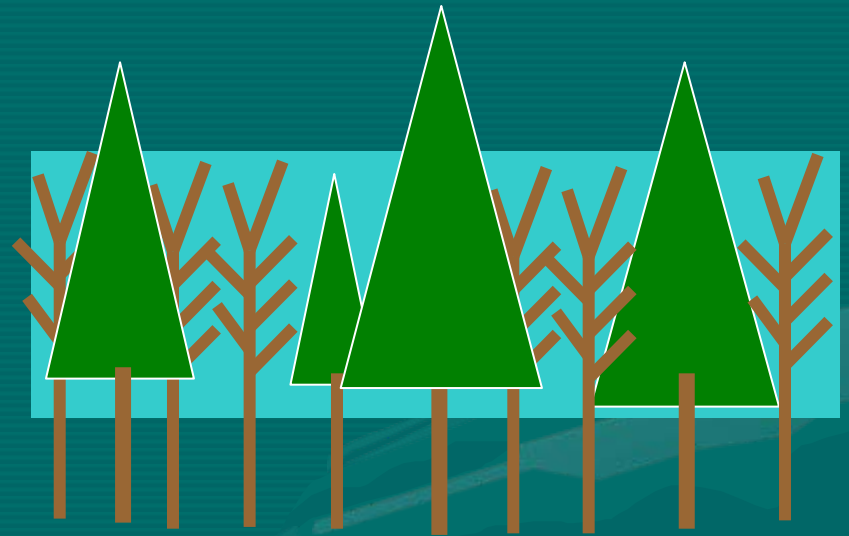
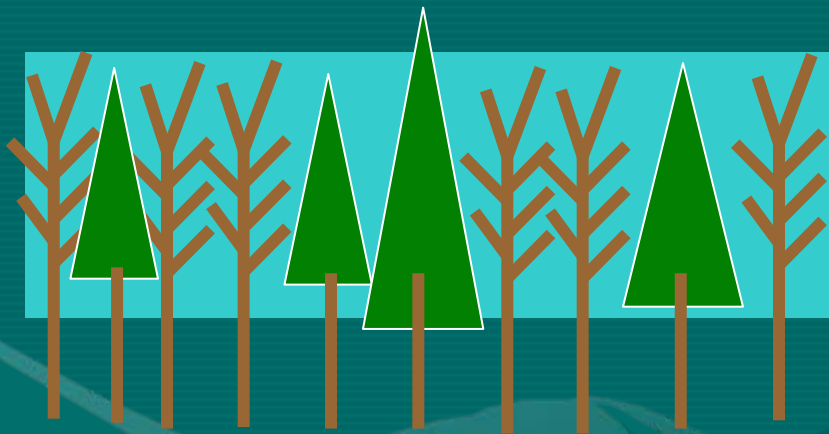
A types de station équivalents

auteurs	région	Type de sol	Épicéa pur	Hêtre (10-49%) dans épicéa	Epicéa (10-49%) dans hêtre	Hêtre pur
Heupel et Block 1991	Hunsrück 2 600 ha Rheinland-Palatinat	* Brun / brun pseudogley	19 - 12 %	-	4-1%	<1%
		* Pseudogley / brun pseudogley	42-19 %	-	3-2 %	-
		* pseudogley	15 - 57 %	-	10-8 %	-
König et al. 1995	Eichstätt Bavière 2 Forstämter (9 800 ha)	Profond limoneux	68 %	70 %	65 %	25 %
Wangler, 1974	Bade-Wurtemberg	* Pseudogley (moraine)	14 %	13 - 9 %	-	0 %
		* Sol bien drainé de plateau	7 %	0 %	-	0 %

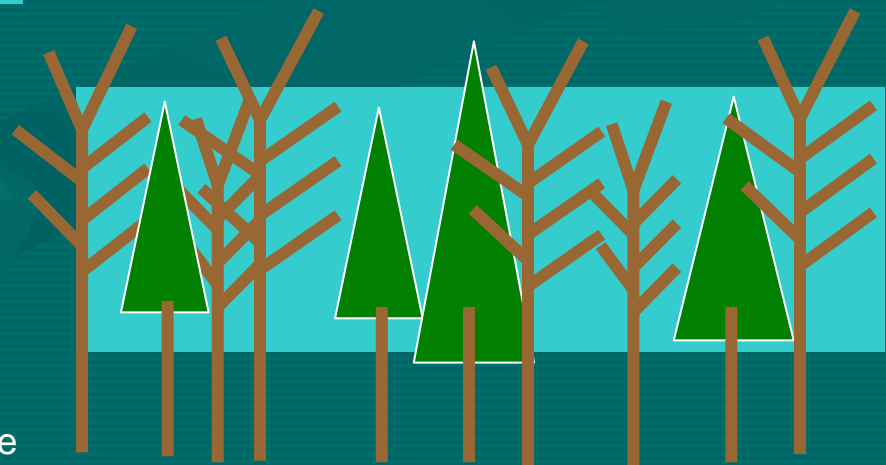
# Fertilité et statut social

(Ex. Hêtre - Epicéa, v Lüpke et Spellmann, 1995)

Forte réserve hydrique  
Pauvre en bases  
Climats froids



Réserve hydrique normale  
Sols riches  
Climats Sud Allemagne, Suisse



## « Anciens » peuplements de pin maritime : vers un panel diversifié de propositions ; transformation industrielle à adapter

Stratégie	Acceptation	Mitigation	Evitement
Facteurs			
Hauteur	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Récolter plus tôt (moins haut) → produits moins gros</li> <li>- Amélioration génétique : récolter plus vite (aussi haut) → risques plus faibles sur une révolution</li> </ul>	Changement de production : pour une moins haute : TCR et TTCR Pour une plus rapide : Eucalyptus, P. taeda, Peuplier
Sol et sol*hauteur	Le pin maritime est bien adapté	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drainage raisonnable</li> <li>- travail du sol,</li> <li>- désherbage superficiel</li> </ul>	- Éviter les sols très hydromorphes de landes humides
Eclaircie		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ouvrir 3 fois / 5 fois</li> <li>- ouvrir plus fortement avant H seuil (= 20 m)</li> </ul>	
Densités		Planter à densité quasi définitive + élagage régulier ??	
Essences	Pin maritime bien adapté	Renforcer l'ancrage par P. taeda, P. laricio, chênes ?	Remplacer Pin maritime / Pin teada ; Eucalyptus (ancrage ?)
Topographie			Topex, cartes de risques

# Conclusions

## Les études phénoménologiques évoquées dans cette présentation

- ont vu leurs résultats peu diffusés
- sont propres à l'événement de décembre 1999 (sols détremvés)
- permettent de quantifier l'effet des facteurs les plus influents
- et de démêler les relations entre facteurs
- doivent être systématiquement poursuivies
- en harmonie avec les études mécanistes (nouvelles variables, échelles)
- en tenant compte des « dires d'expert ».

**Merci**

