

Résultats économiques de la sylviculture du pin maritime et théorie de la viabilité

Jean-Philippe Terreaux* et Michel Chavet**

* Irstea

** Cabinet Michel Chavet

Projet: Optimisation et viabilité de la gestion forestière en présence de risques

GIP ECOFOR

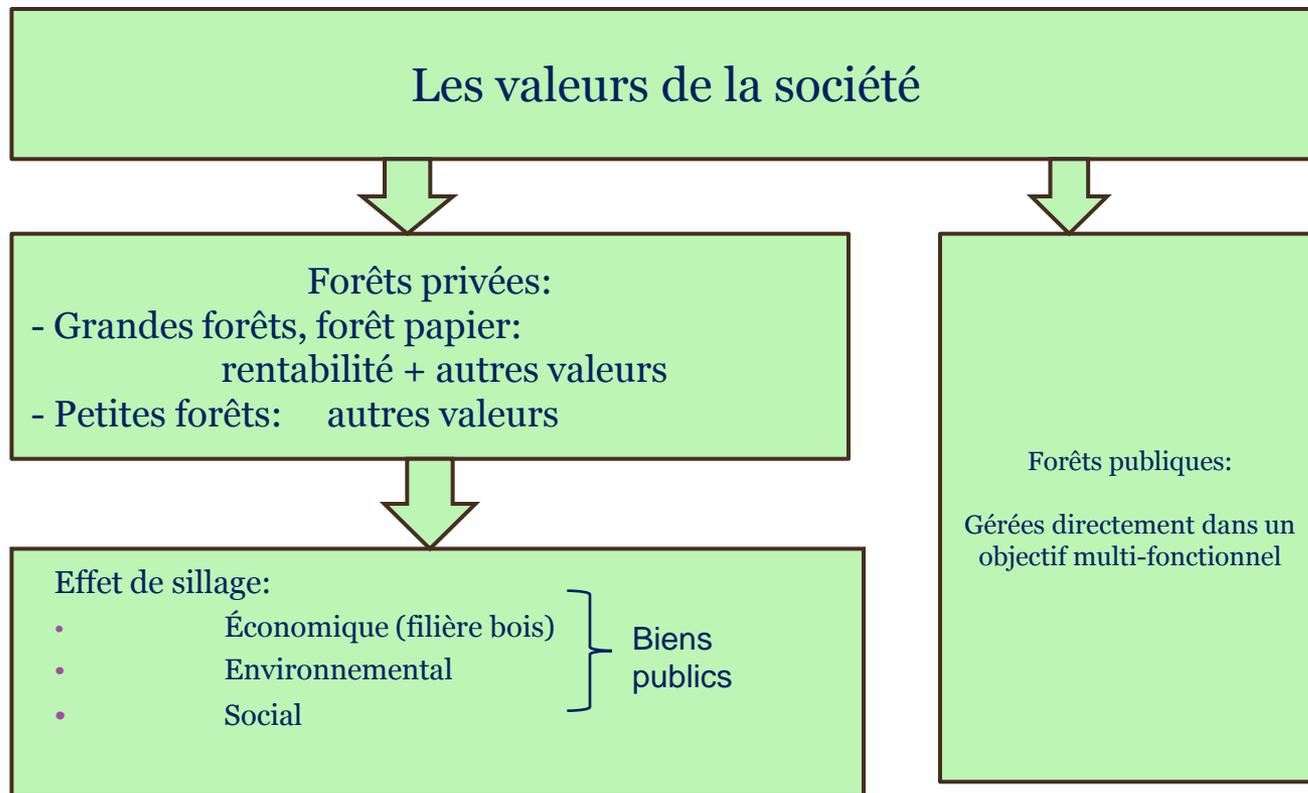
Paris le 22 septembre 2015

Plan de l'exposé

1. La forêt comme source de diversification d'un patrimoine
2. Sur la durée de retour d'une tempête dévastatrice en forêt d'Aquitaine
3. Le changement climatique entrainera-t-il une augmentation du risque de vents tempétueux dommageables pour les sylviculteurs de pins maritimes du sud-ouest ?
4. Théorie de la viabilité et gestion des risques en forêt

1. La forêt comme source de diversification d'un patrimoine

- La forêt
 - produit du bois (et quelques autres produits/services rémunérés) pour le propriétaire forestier
 - produit des « externalités » pour la société : c'est l' « effet de sillage »
- D'où, pour la société, qui souhaite bénéficier de différents 'services':
 - soit la détention directe de la forêt par l'Etat (forêts domaniales) et les collectivités (forêts communales)
 - soit la délégation *via* la propriété forestière, à des propriétaires privés, de l'activité économique qu'est la sylviculture



2/ Attractivité de la forêt comme investissement (sa place dans rentabilité/risque /liquidité).

Intérêt de la forêt dans le patrimoine du propriétaire:

- regarder le triptyque: rentabilité, risque, liquidité

Forêt peu « liquide » : Par le long terme de la production forestière, mais aussi par les lourdeurs, les aléas, ou les difficultés de l'achat et de la vente de parcelles.

Pour le risque, la forêt paraissait peu rentable, mais peu risquée.
Qu'en est-il? Est-ce un bon outil de diversification ?

Pins maritimes en Aquitaine

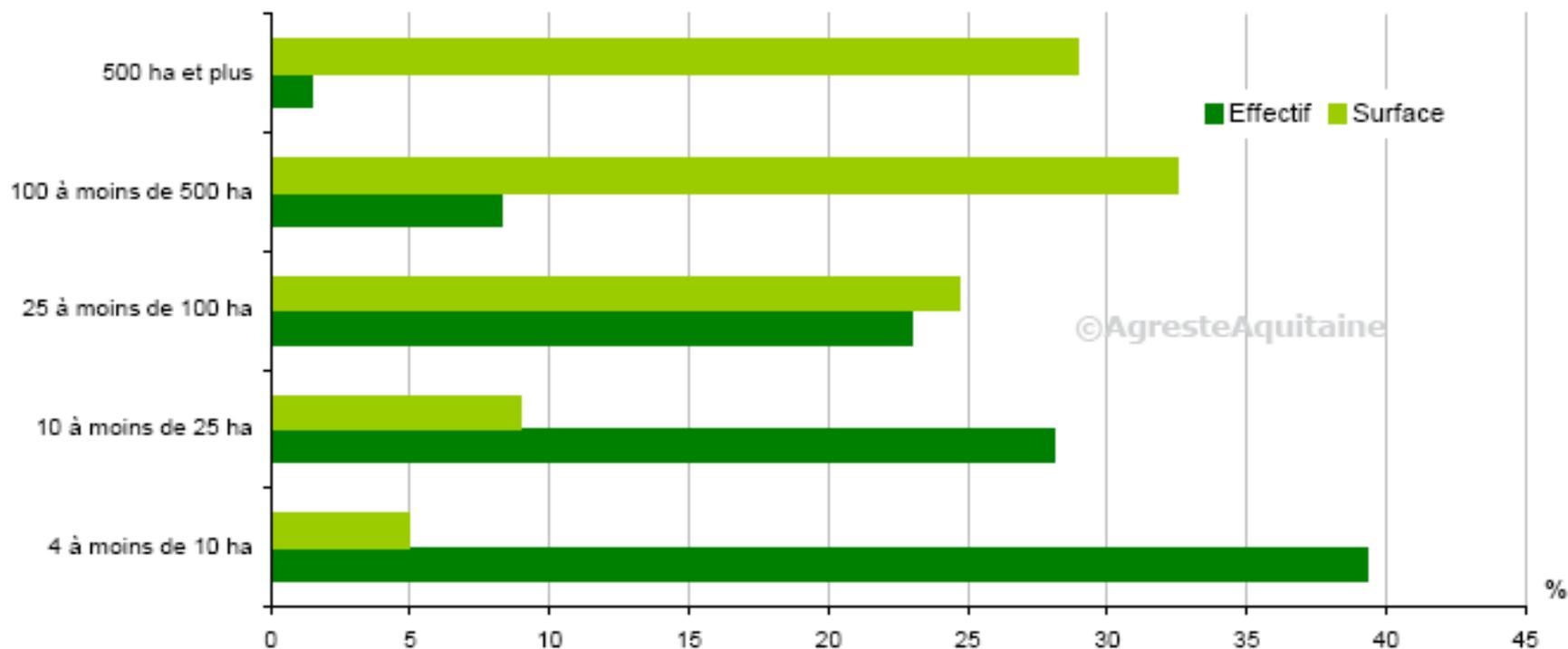
~ 1 000 000 ha



La structure de la propriété (pin maritime en Aquitaine)

Les propriétés de plus de 100 ha couvrent 61% de la surface du massif

Répartition des propriétés forestières d'au moins 4 ha et de leur surface



Source : Enquête CEFIL 2012

Du côté du propriétaire privé

- Recherche à exprimer / à développer certaines valeurs
- Sous contrainte que ce ne soit pas trop ‘ruineux’ :
 - Notion de risque acceptable ; Coût d’opportunité du capital et insertion dans un triptyque
rentabilité / risque / irréversibilité
 - Différentes approches de la gestion des risques :
Définition et mesure du risque ;
Intégration dans la décision (optimisation / viabilité)

- Risques ‘naturels’

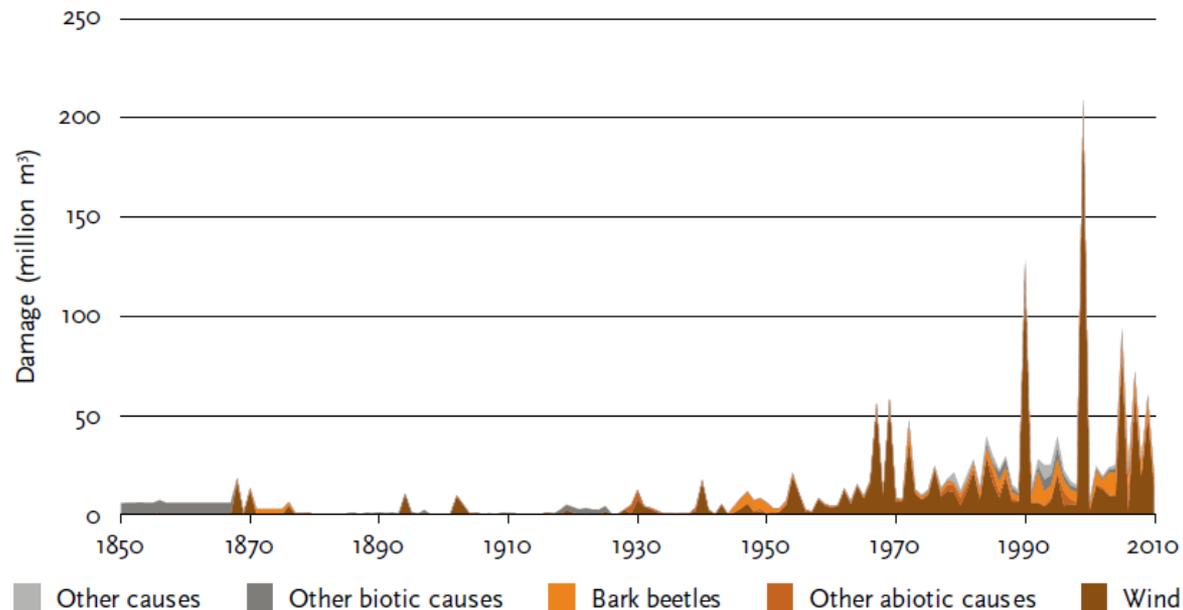


Figure 1. Total damage occurring in European forests (million m³) due to different disturbances. The category “other causes” includes anthropogenic damage, unidentified causes and mixed causes. (modified from Schelhaas 2008).

Extrait de Gardiner, 2014

Ce graphique illustre comment, au niveau européen, comme au niveau régional en Aquitaine, les tempêtes sont devenues un enjeu majeur.

On examine l'impact du risque tempête en Aquitaine sous deux aspects:

- Risque entrepreneurial : fluctuation des prix des bois induits par la tempête

N.B. : baisse importante du prix du bois après 2009; mais possibilité (coûteuse) de repousser la coupe des arbres non atteints.

Dans ce cadre on examine si la forêt peut être un outil de diversification du patrimoine global du propriétaire (partie 2 de l'exposé).

- Risque catastrophique : impact direct du vent sur les arbres (parties suivantes de l'exposé)

Sur la forêt de Pin maritime comme outil de diversification d'un patrimoine

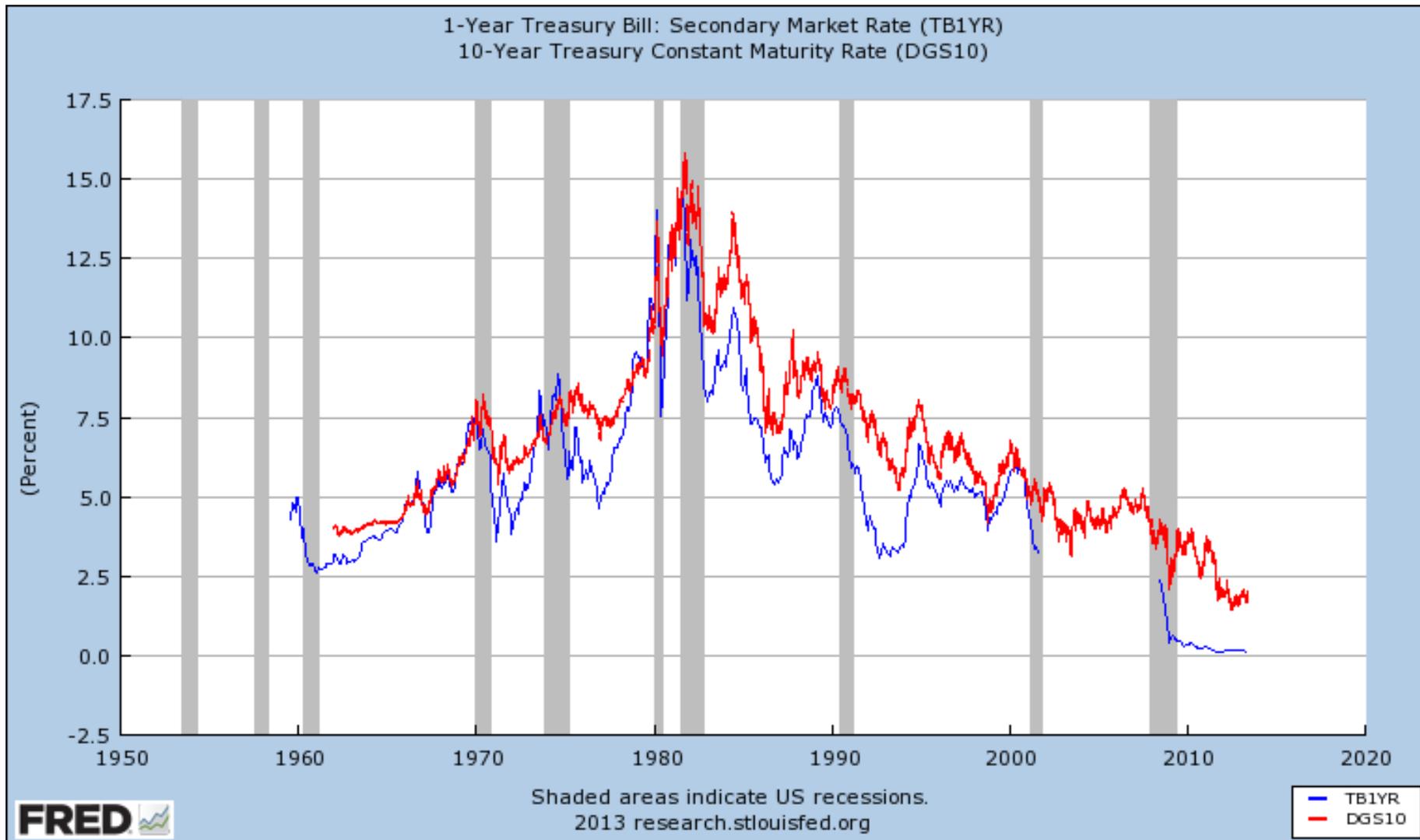
On examine ici quelle pourrait être la place de parcelles forestière dans un patrimoine diversifié composé aussi de :

- Actions françaises, suivant l'indice du CAC40 de Paris
- Actions américaines, suivant le DJIA (Dow Jones Industrial Average)
- Or (côté à Londres)
- Les bons du Trésor Américain à 10 ans

Ces investissements ont été choisis principalement pour la disponibilité de données sur une longue période (1966-2012).

La forêt produit du bois d'industrie et du bois d'œuvre. On utilise les mêmes données que précédemment.

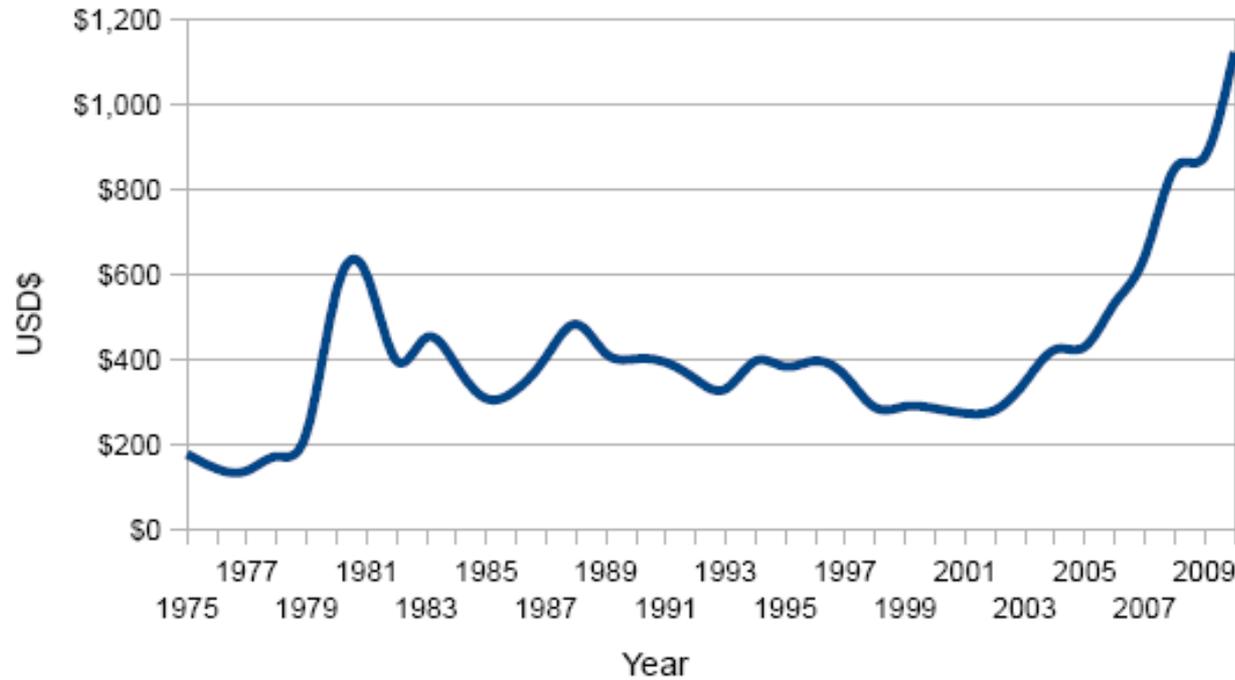
Bons du Trésor américain à 10 ans (en rouge).





Comparaison de l'US DJIA (en rouge) et le CAC40 (en bleu).
Même base initiale en 1992 (source Commodity Systems Inc.)
On constate ici des évolutions similaires chaque année, mais qu'après 20 ans, les petits écarts cumulés conduisent à des valeurs très différentes.

Gold, London P.M. Fix Price



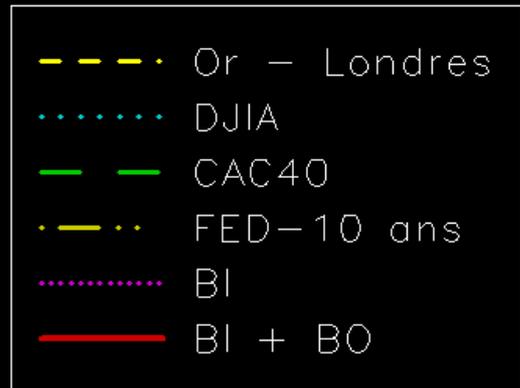
L'or en US \$
Londres,
1 once



Quelques détails:

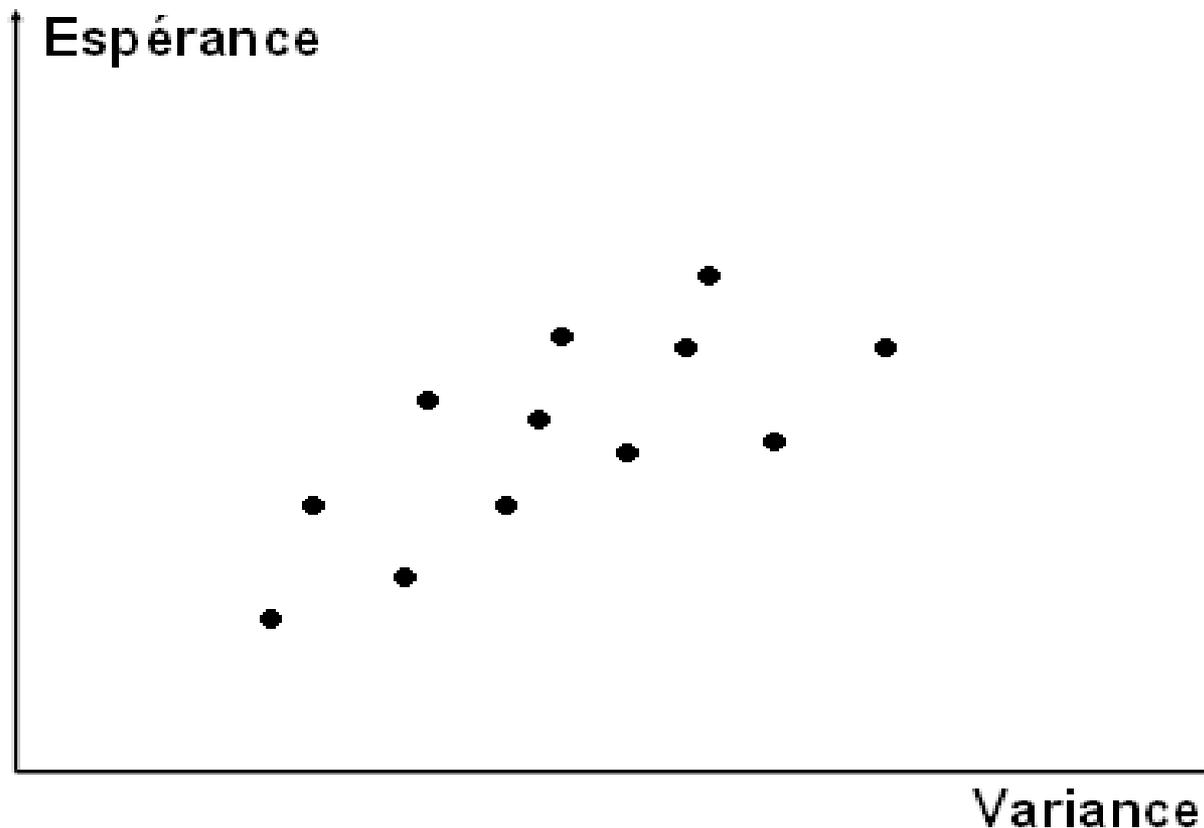
- On utilise des données entre 1966 et 2012. L'indice CAC 40 n'existait pas avant 1988, mais a été recalculé (Thèse de doctorat de D. Le Bris).
- On suppose que tous les intérêts (pour l'US 10-year Treasury bond) ou les revenus (DJIA or CAC40), ou que les produits de la vente des bois sont réinvestis dans l'investissement considéré.
- Toutes les cotations sont traduites en euros (reconstitué, avant sa création).
- Les cotations sont déflatées, en utilisant le taux d'inflation officiel (pour la consommation des ménages en France).

Première comparaison
de l'évolution des patrimoines
valeur 100 en 1966;

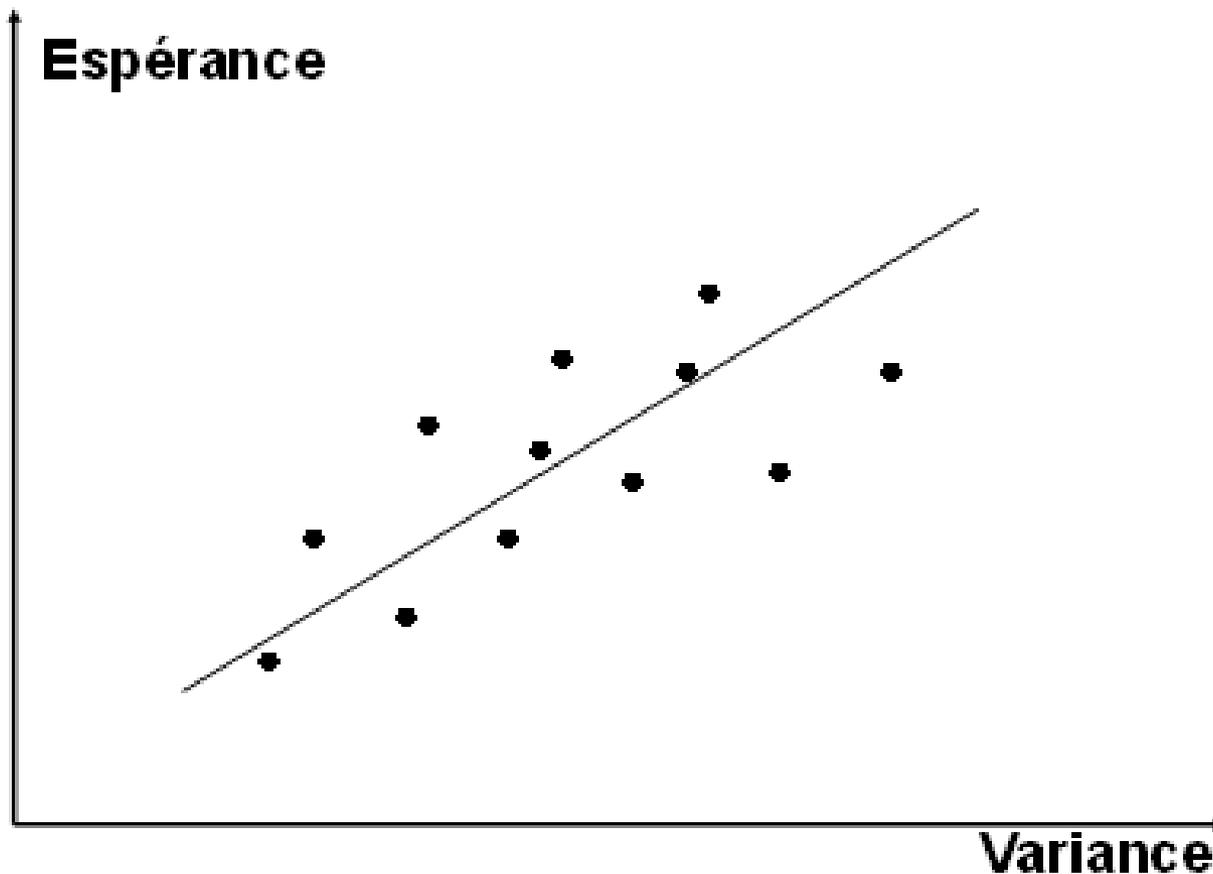


Quel est l'intérêt de la diversification, et potentiellement de la forêt comme vecteur de diversification ?

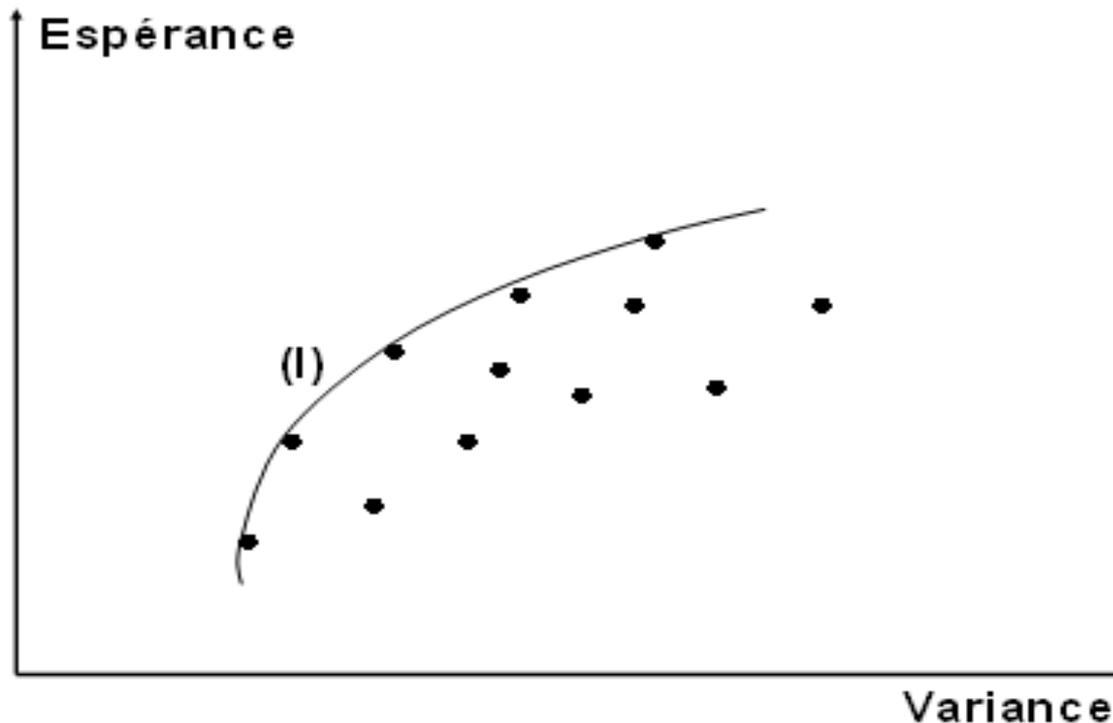
Différents résultats d'investissements dans un plan espérance-variance



Un économètre calculerait la meilleure relation.
entre espérance et variance,
et conclurait au fait que l'on ne peut augmenter
l'espérance de gain, sans augmenter la variance,
c'est-à-dire le risque associé.



Un investisseur plus avisé indiquerait qu'à espérance de gain donné il est préférable de se placer à variance minimale (minimiser le risque) et qu'il est optimal de ce fait de se placer sur une frontière d'efficacité, l'enveloppe en haut à gauche des points.

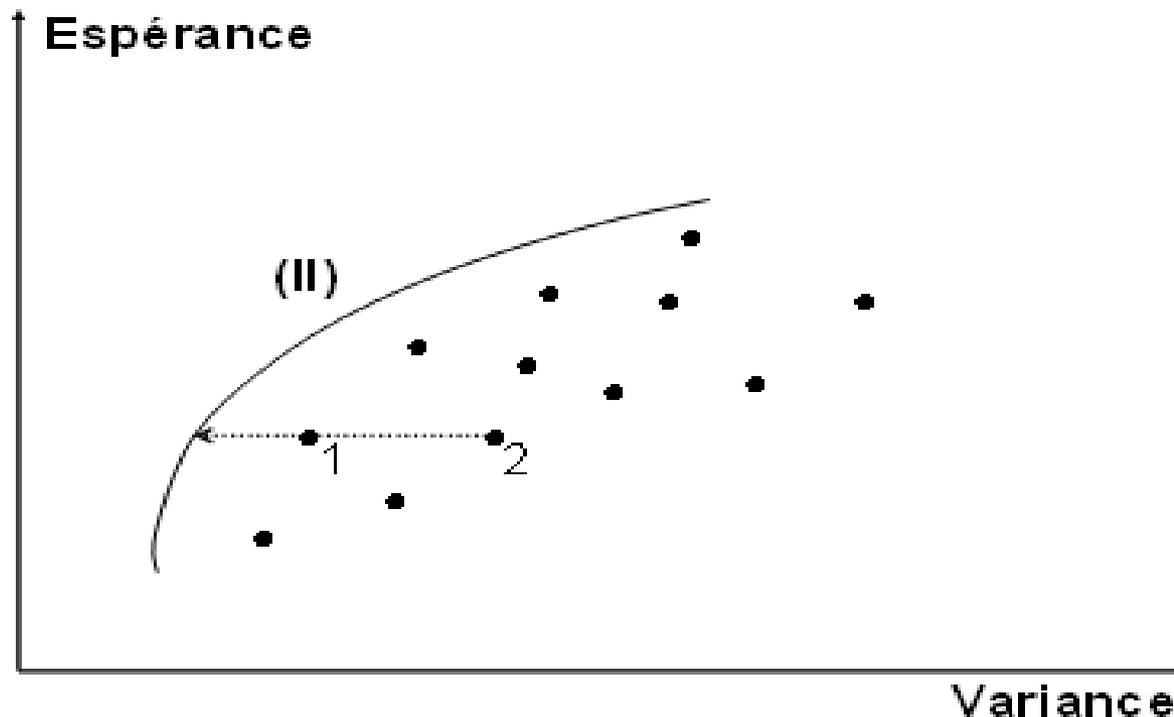


Un économiste irait plus loin:

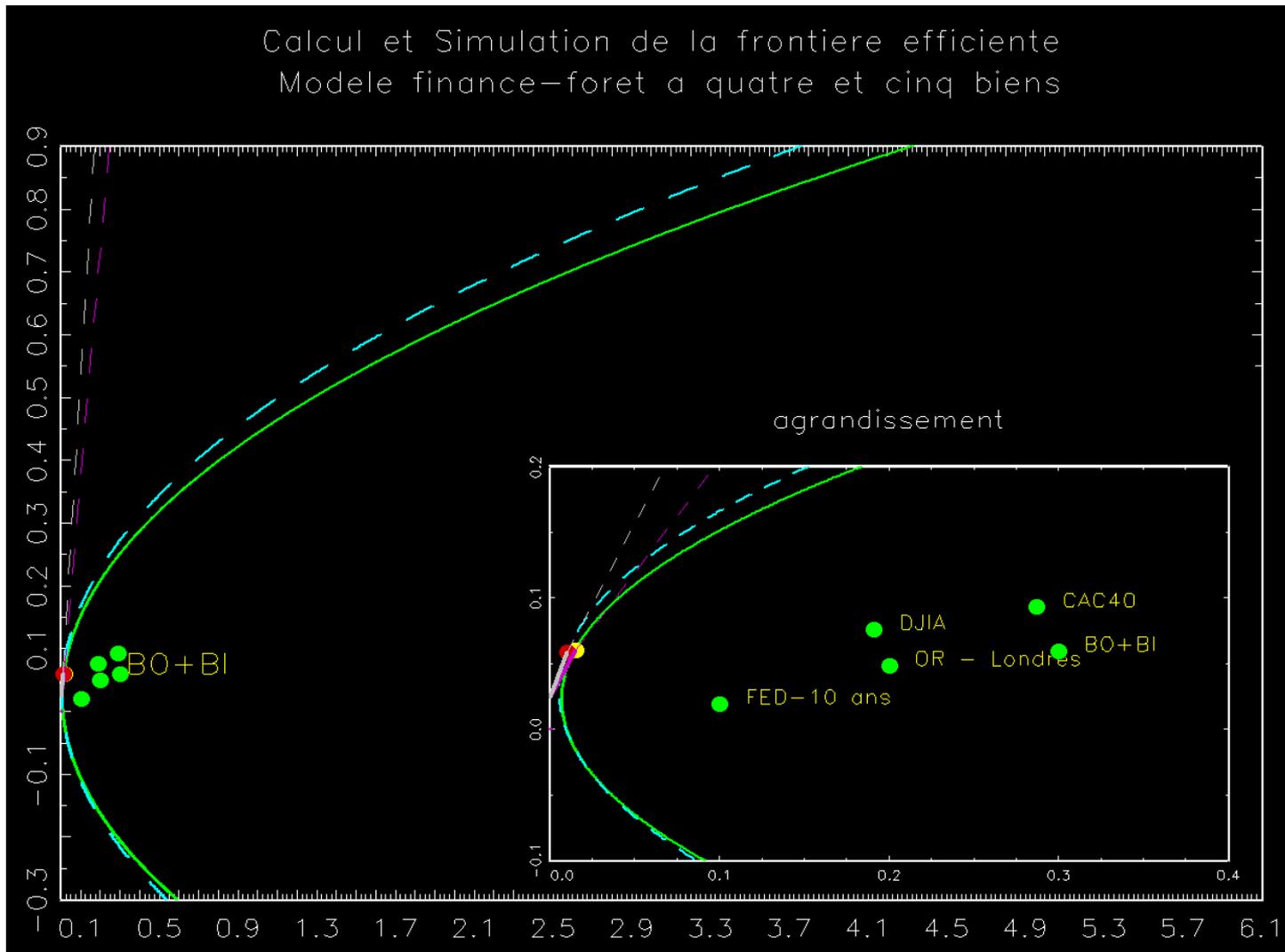
à espérance égale, deux investissements dont les rendements sont dé-corrélés (l'un augmente quand l'autre diminue), par diversification, conduiront à la même espérance, mais à une variance plus petite que la plus petite des deux variances.

En optimisant la diversification, on peut alors décaler la courbe d'efficience vers la gauche, jusqu'à une courbe limite.

On peut alors calculer si une diversification accrue (par la forêt) décale ou non de beaucoup cette courbe vers la gauche.



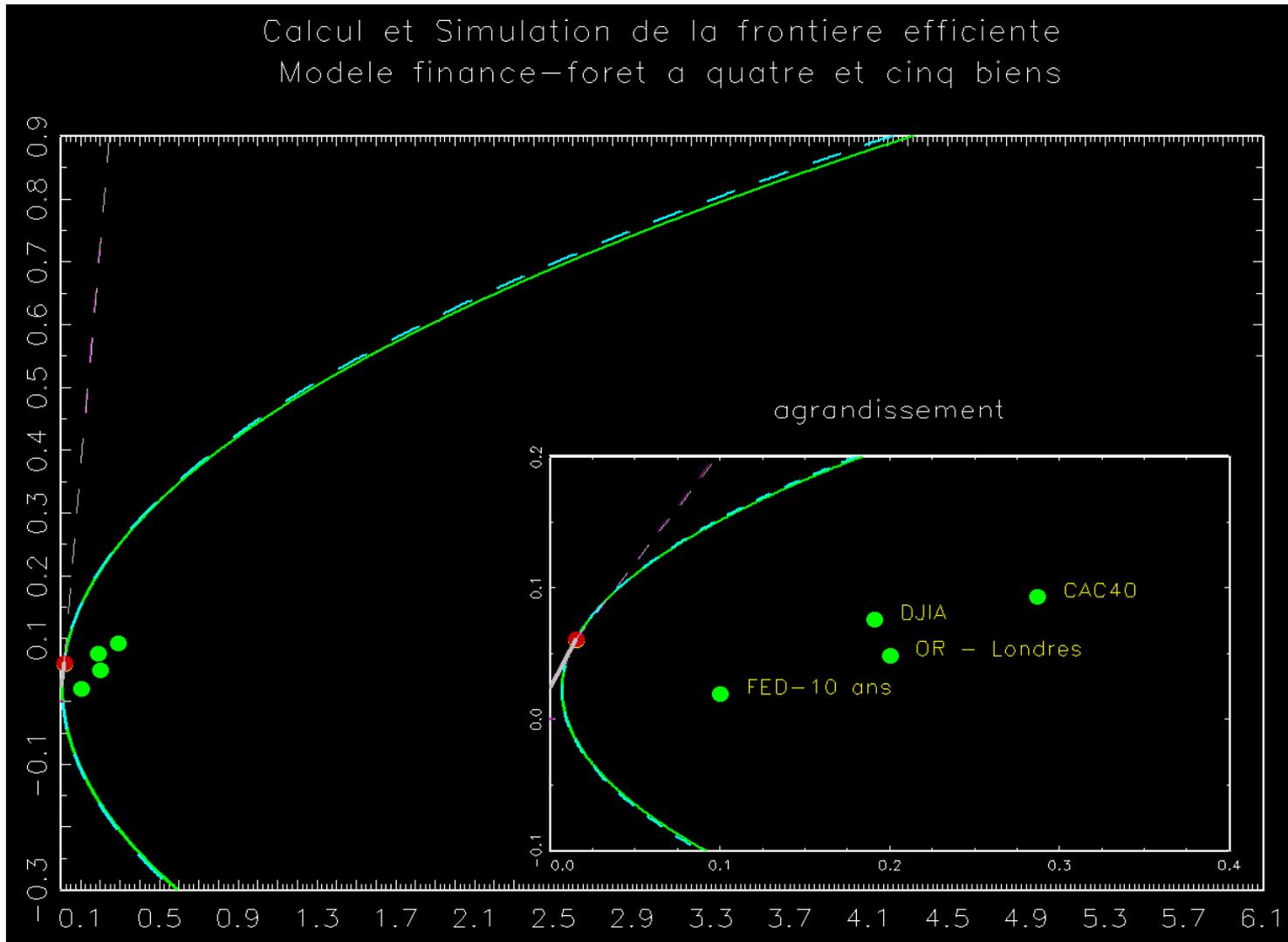
- Résultats avec les données de 1966-2012; seul risque : les fluctuations des cours du bois, mais en supposant que la tempête de 2009 n'a pas entraîné de chute des cours.
- La forêt permet de décaler un peu la courbe d'efficacité : elle avait, avant 2009, sa place, modeste, dans un portefeuille bien équilibré.



Avec les prix réels :

Les deux frontières d'efficacité sont quasiment les mêmes: la forêt n'a plus sa place dans un patrimoine bien équilibré.

En plus, cela devient un investissement très risqué (écart type > 2.5).



- Dans ce cadre, la production forestière privée peut être découragée, et l'Etat ne profite plus des aménités ni des externalités liées aux activités des sylviculteurs privés.
- La sylviculture privée ne repose plus que sur les « valeurs » exprimées / développées par les propriétaires, tant que le coût n'est pas trop élevé.
- Ce coût peut être augmenté par divers risques, mais aussi minoré par une stratégie de gestion des risques adaptée.
- Cette stratégie va dépendre de la place de la forêt dans le patrimoine du propriétaire.

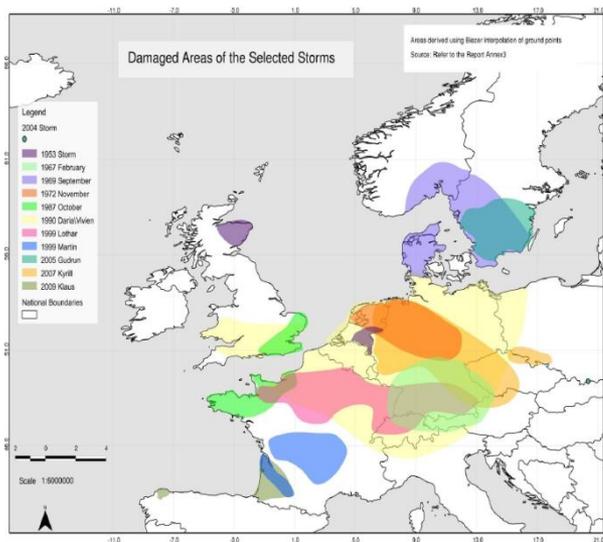
Partie 2 : La durée de retour des tempêtes

Les risques rares

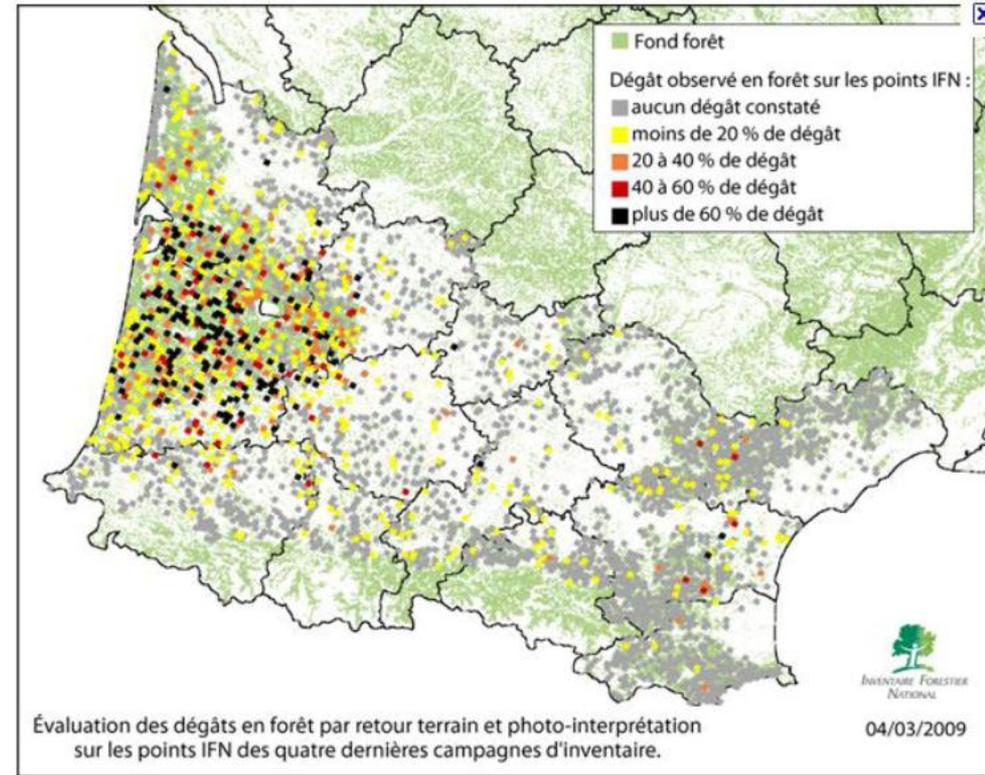
La durée de retour de Martin et Klaus

Durée de retour d'une tempête dévastatrice

Deux grandes tempêtes
en Aquitaine :
1999 (Martin) et 2009 (Klaus)



Source : EFI, Gardiner et al., 2010



Dégâts observés en forêt sur les points IFN
Source : Inventaire Forestier National, 2009

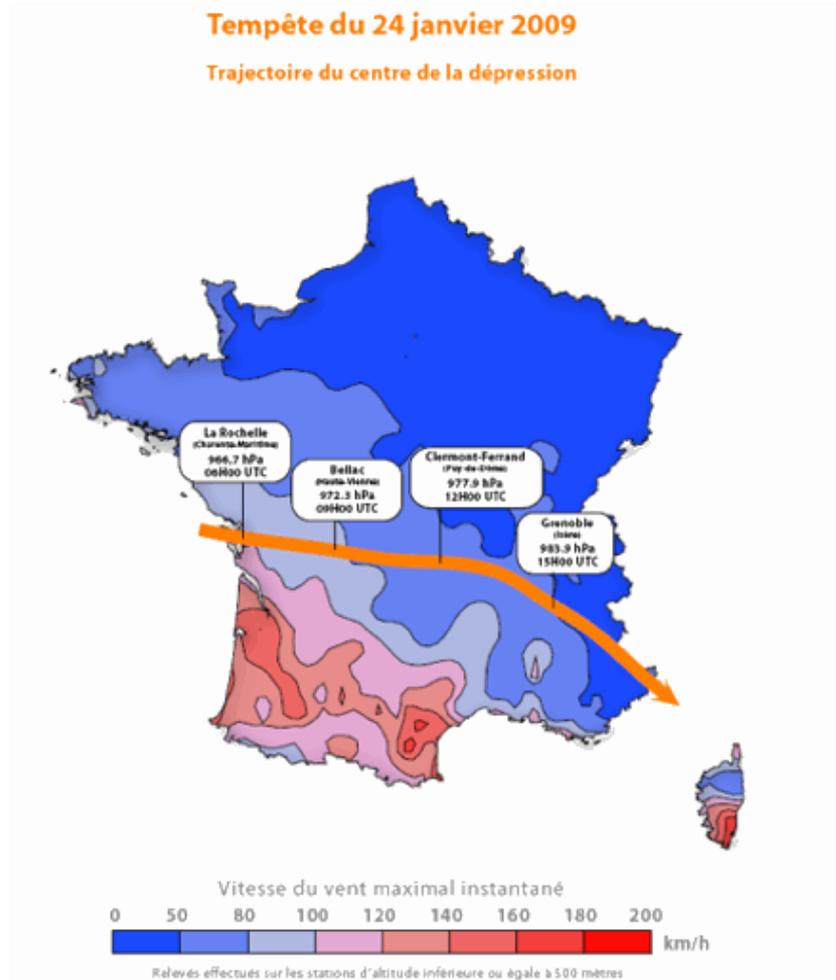
Source : T. Belouard et al., 2010, Expertise sur l'avenir du massif forestier des Landes de Gascogne, Production, ressource. 25 p

Tableau 2 : surface des pinèdes de la région Aquitaine selon la classe d'âge et la classe de dégât

Classe d'âge	Classe de dégâts			Total
	Absence de dégâts	Moins de 40%	Plus de 40%	
Moins de 10 ans ou non recensable	130 201	22 327	3 200	155 728
10 - 20 ans	46 831	90 029	32 357	169 217
20 - 30 ans	30 621	49 594	47 047	127 262
30 - 40 ans	25 960	43 625	49 347	118 932
40 - 50 ans	26 471	36 408	23 649	86 528
50 - 60 ans	29 502	29 054	26 752	85 308
60 ans et plus	40 981	18 360	20 670	80 011
Absence d'arbres	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Total	333 491	289 397	203 022	825 910

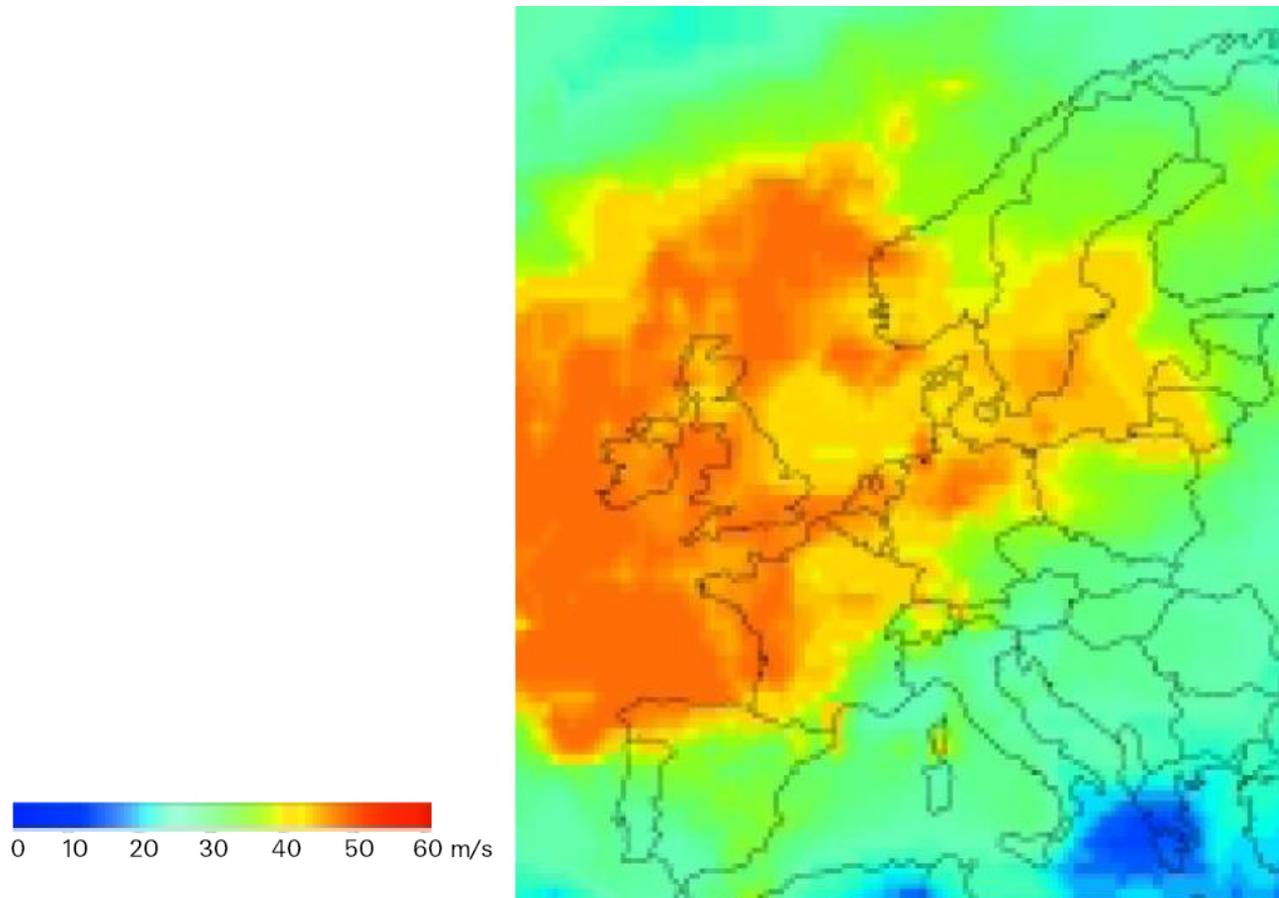
trajectoire et intensité de la Tempête Klaus

source : www.meteo-paris.com



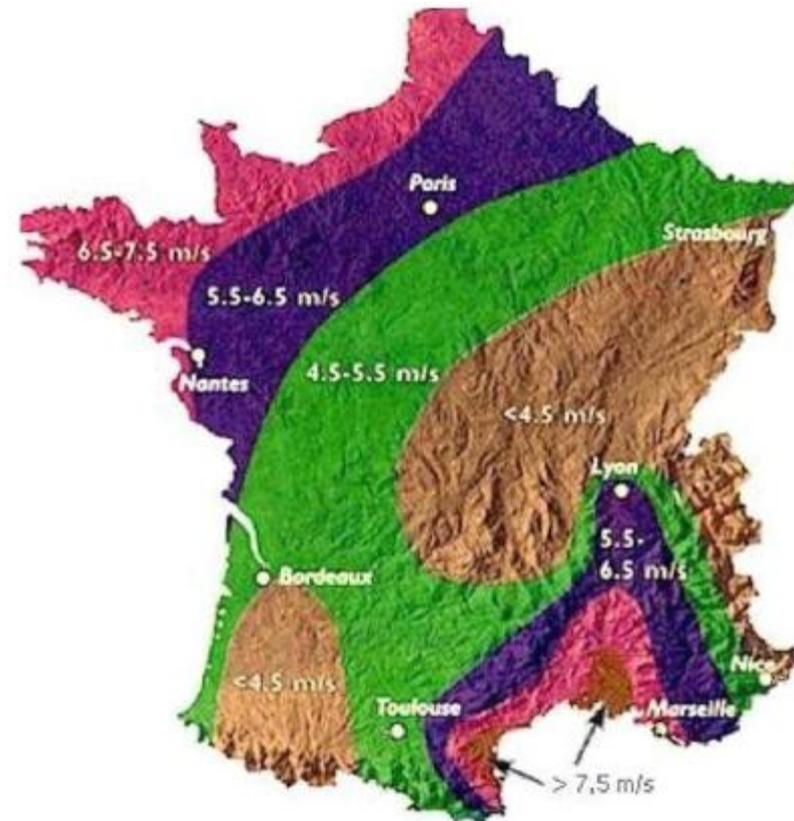
Rafale de vent maximale, de durée de retour 50 ans.

Source : EuroWind, sur la base des tempêtes entre 1947 et 1999/2000



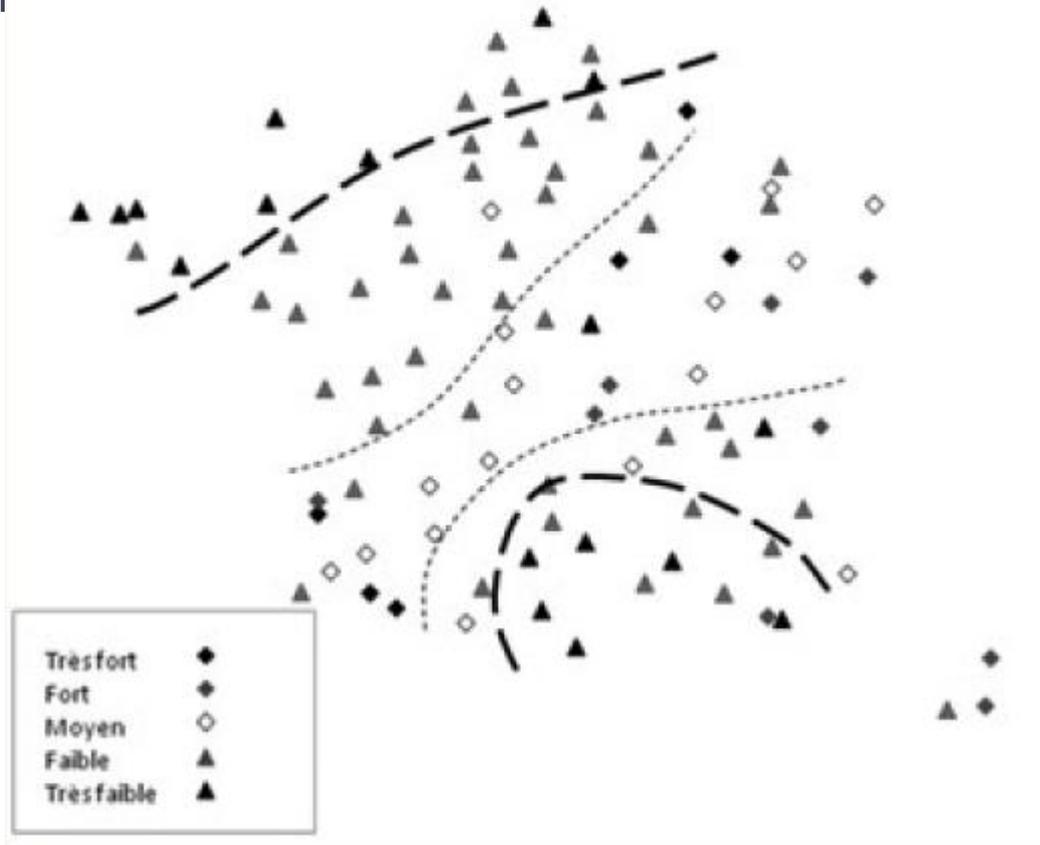
Carte des vents moyens en France

Source : Michel Luzi, 2013



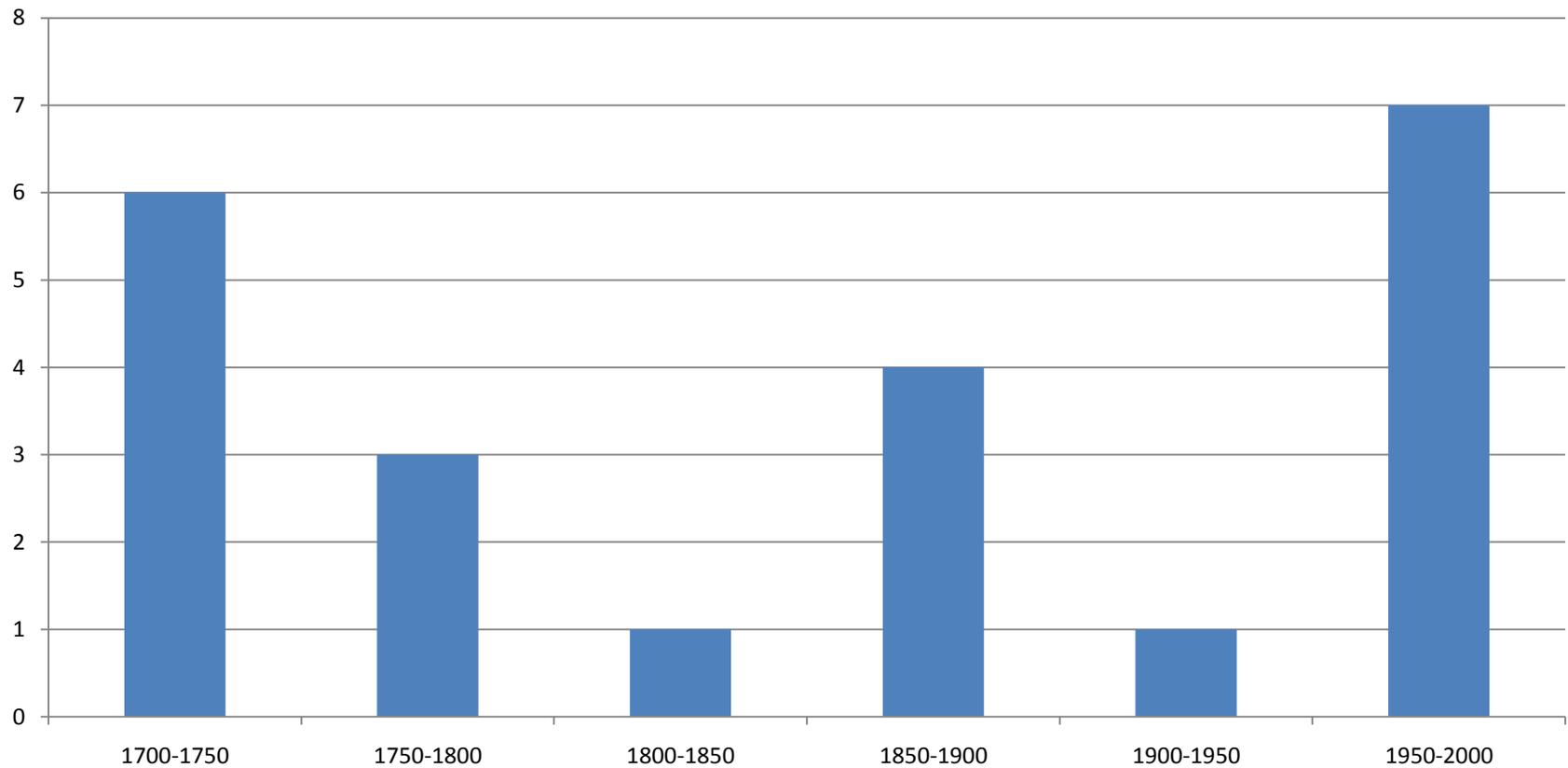
Rapport vents importants / vents réguliers

Source : Mich



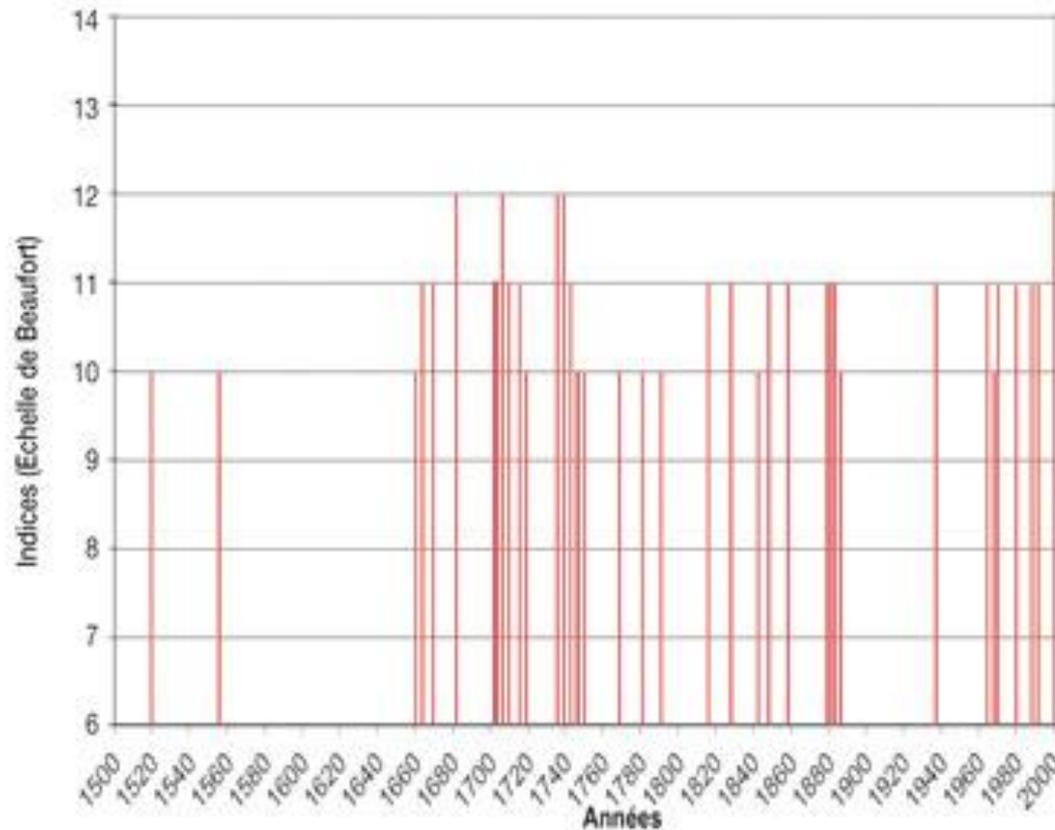
Nombre de tempêtes par demi-siècle

Source des données : Garnier, 2012



Répartition des tempêtes dans le nord de la France, représentées par date entre 1500 et 2000, et par force du vent (en ordonnée)

Source : E. Garnier, 2012



Les risques rares: modélisation des événements extrêmes

$$G(y; \mu, \sigma, \xi) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{y - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-\frac{1}{\xi}} \right\}, \text{ avec } \sigma > 0, -\infty < \mu < \infty, 1 + \xi(y - \mu) / \sigma > 0$$

μ est le paramètre de localisation, σ est le paramètre d'échelle, et ξ est le paramètre de forme, qui permet de retrouver les trois distributions précédentes :

- avec $\xi > 0$, on retrouve distribution de Fréchet,
- avec $\xi = 0$, la distribution de Gumbel ; plus exactement, quand $\xi \rightarrow 0$, la loi précédente converge vers , qui est la distribution de Gumbel. Cette distribution est bornée, ce qui a pu la faire choisir pour représenter les vitesses du vent, qui ne peuvent prendre des valeurs arbitrairement grandes.
- et avec $\xi < 0$, la distribution de Weibull.

N.B. Le record de vitesse du vent enregistré est de 372 km/h (103 m/s), le 12 avril 1934 à l'observatoire du Mont Washington (USA, NH). Puis vient en deuxième la vitesse de 328 km/h (91 m/s), le 14 août 2008 en Afghanistan (Ab-Paran, Ghowr).

Méthode d'estimation

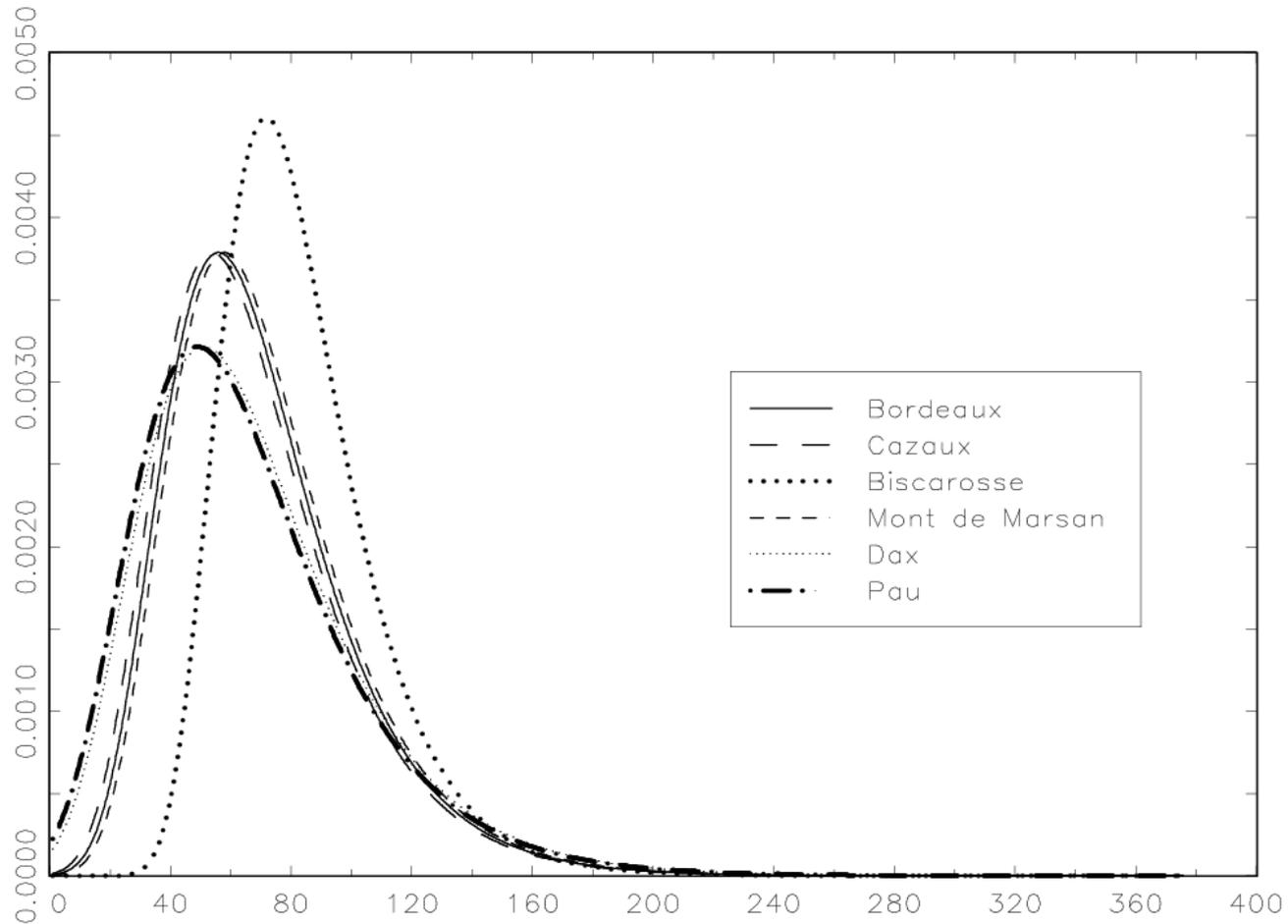
- Peak over threshold : consiste à utiliser toutes les valeurs dépassant une limite donnée, ici notée u , en conservant parfois plusieurs valeurs chaque année. Les valeurs de $y = x - u$, sachant que x est plus grand que u , suivent une distribution de Pareto généralisée
- L'avantage de cette méthode est d'augmenter le nombre de mesures.
- Plus faible est la valeur limite au delà de laquelle on utilise toutes les mesures, plus grand sera le nombre de mesures. La valeur idéale de u à prendre en compte est très discutée, sachant que l'on risque d'intégrer, si u est trop petit, des événements dont l'origine météorologique est sans lien avec les événements tempétueux qui sont l'objet de notre travail.

en km/h				Martin		Klaus	
Ville	Q50	Q100	Q150	Vmoy obs 1999	Vmax obs 1999	Vmoy obs 2009	Vmax obs 2009
Bordeaux	95	100	102	90	144	148	161
Cazaux	87	91	93	86	140	117	144
Biscarrosse	99	102	104	122	166	148	172
Mont de Marsan	91	95	97	79	130	124	141
Dax	90	95	97	40	72	98	96
Pau	88	93	95	94	140	64	102

Source des données : (Sauf pour Klaus) BDClm de Météo France ; publiées par Bessemoulin, 2000

Pour Klaus : sources diverses pour FF max (origine Météo France) ; voir aussi <http://www.alertes-meteo.com/>

Représentation des densités de probabilité Vent moyen (Vmoy) maximal annuel; en km/h



Partie 3 : Changement climatique et tempêtes

Question : Le changement climatique entrainera-t-il une augmentation du risque de vents tempétueux dommageables aux sylviculteurs de pins maritimes du Sud-Ouest de la France ?

Réponse : Dans l'état actuel des connaissances, cela reste possible mais peu probable.

Méthode: 1/ analyse de la presse → analyse du rapport du GIEC 'résumé pour les décideurs' → analyse du rapport complet du GIEC → analyse des textes scientifiques à la base de ce rapport
 2/ analyse des articles repérés par scopus, web of science, google scholar

IPCC

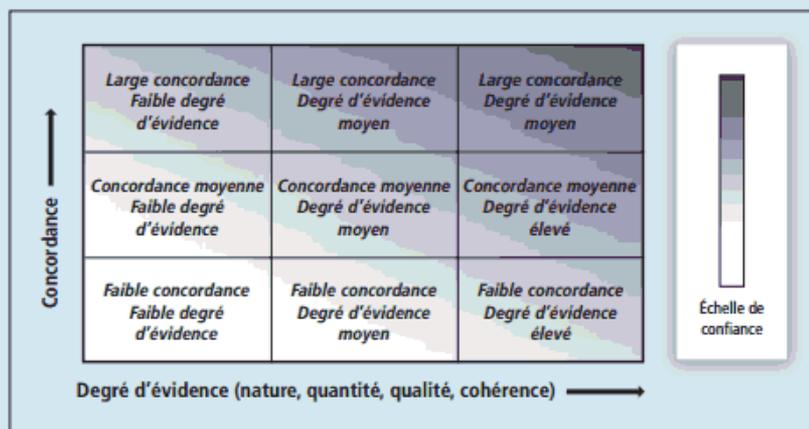


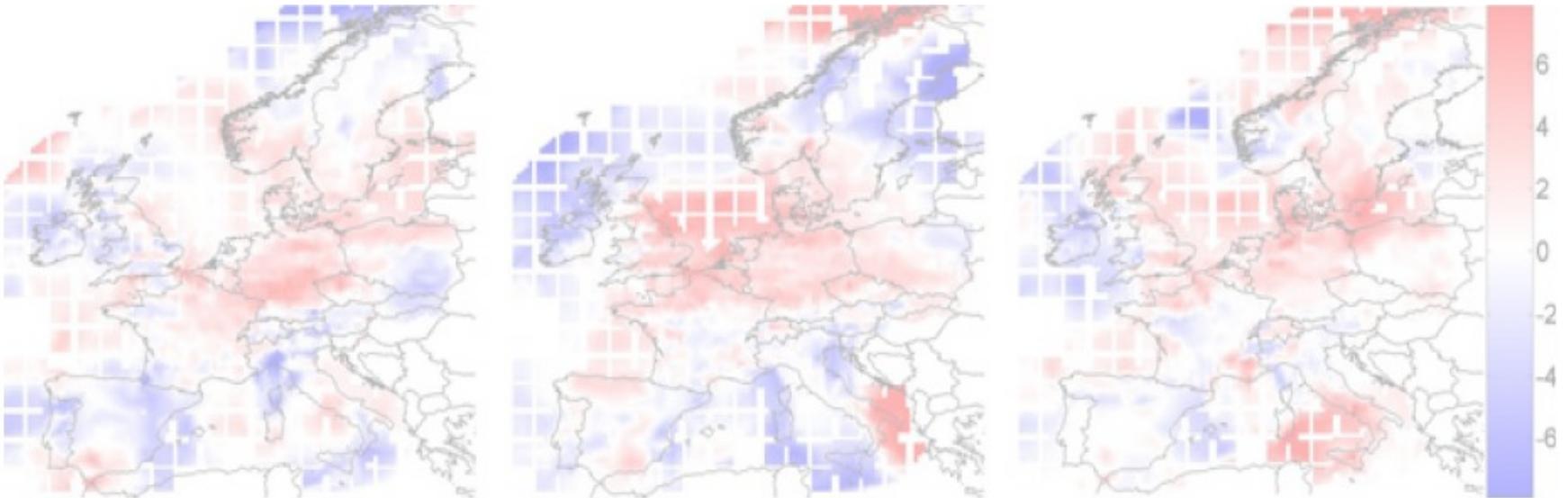
Illustration des expressions désignant le degré d'évidence et la concordance, et leur rapport avec le degré de confiance. L'intensité croissante de l'ombrage vers le coin supérieur droit signifie que le degré de confiance augmente. En principe, le degré d'évidence est maximal quand on dispose de multiples éléments cohérents, indépendants et de grande qualité.

Les termes suivants servent à indiquer la probabilité:

Terme*	Probabilité
<i>Pratiquement certain</i>	de 99 à 100 %
<i>Très probable</i>	de 90 à 100 %
<i>Probable</i>	de 66 à 100 %
<i>Aussi probable qu'improbable</i>	de 33 à 66 %
<i>Improbable</i>	de 0 à 33 %
<i>Très improbable</i>	de 0 à 10 %
<i>Exceptionnellement improbable</i>	de 0 à 1 %

* D'autres expressions figurant dans le quatrième Rapport d'évaluation (extrêmement probable - probabilité de 95 à 100 %, plus probable qu'improbable - probabilité de 50 à 100 % et extrêmement improbable - probabilité de 0 à 5 %) peuvent également être employées quand il convient.

100 year gust field



Source : Schwiertz et al., 2010

Source: Nikulin et al., 2011

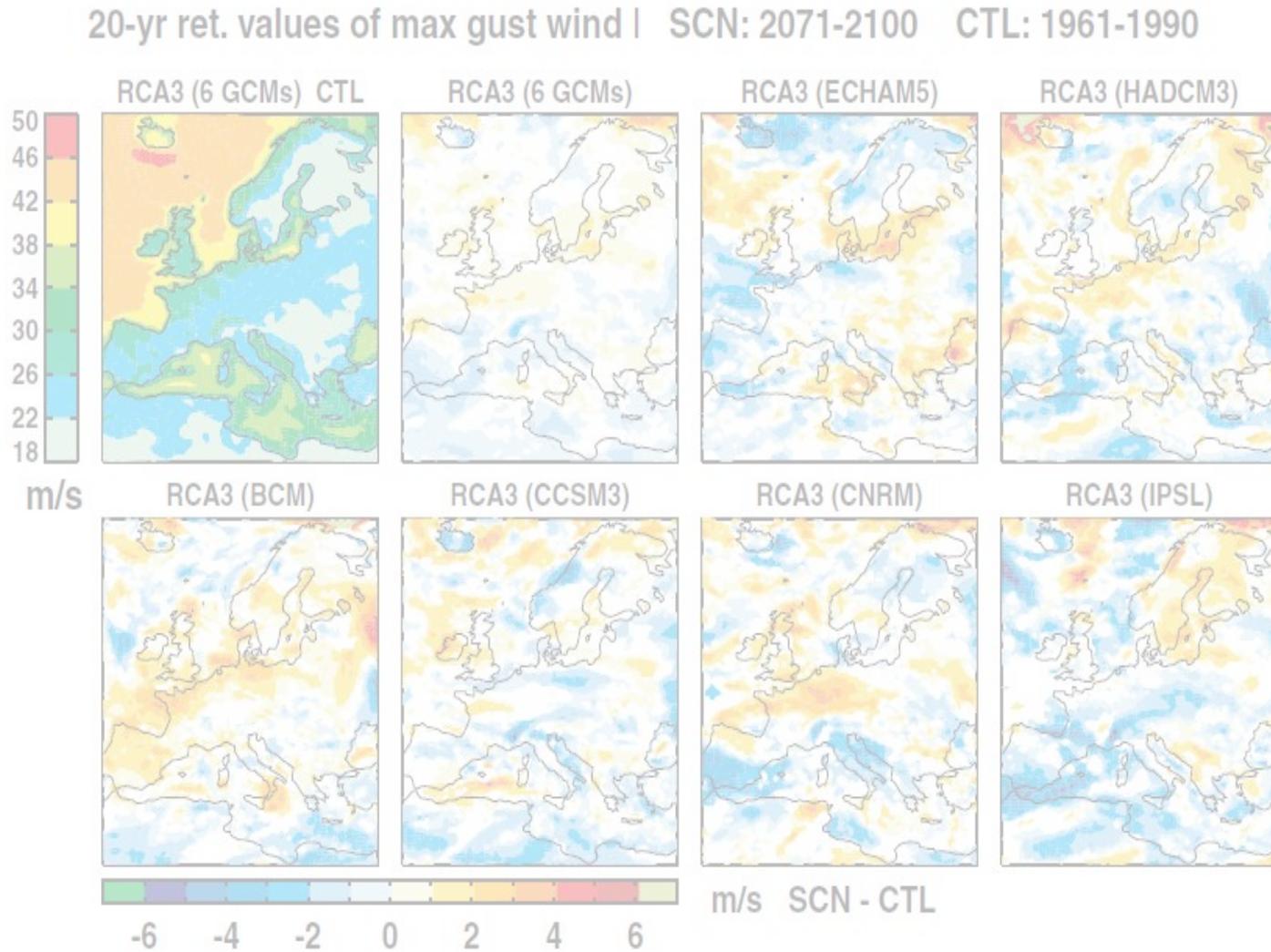


Fig. 8. (top, left-hand panel) The ensemble mean $W_{\max,20}$ for 1961–1990 (m s^{-1}) and the projected changes in $W_{\max,20}$ for six individual simulations and their ensemble mean. Only the changes significant at the 10% significance level are shown.

Source: Bengtson et al, 2009

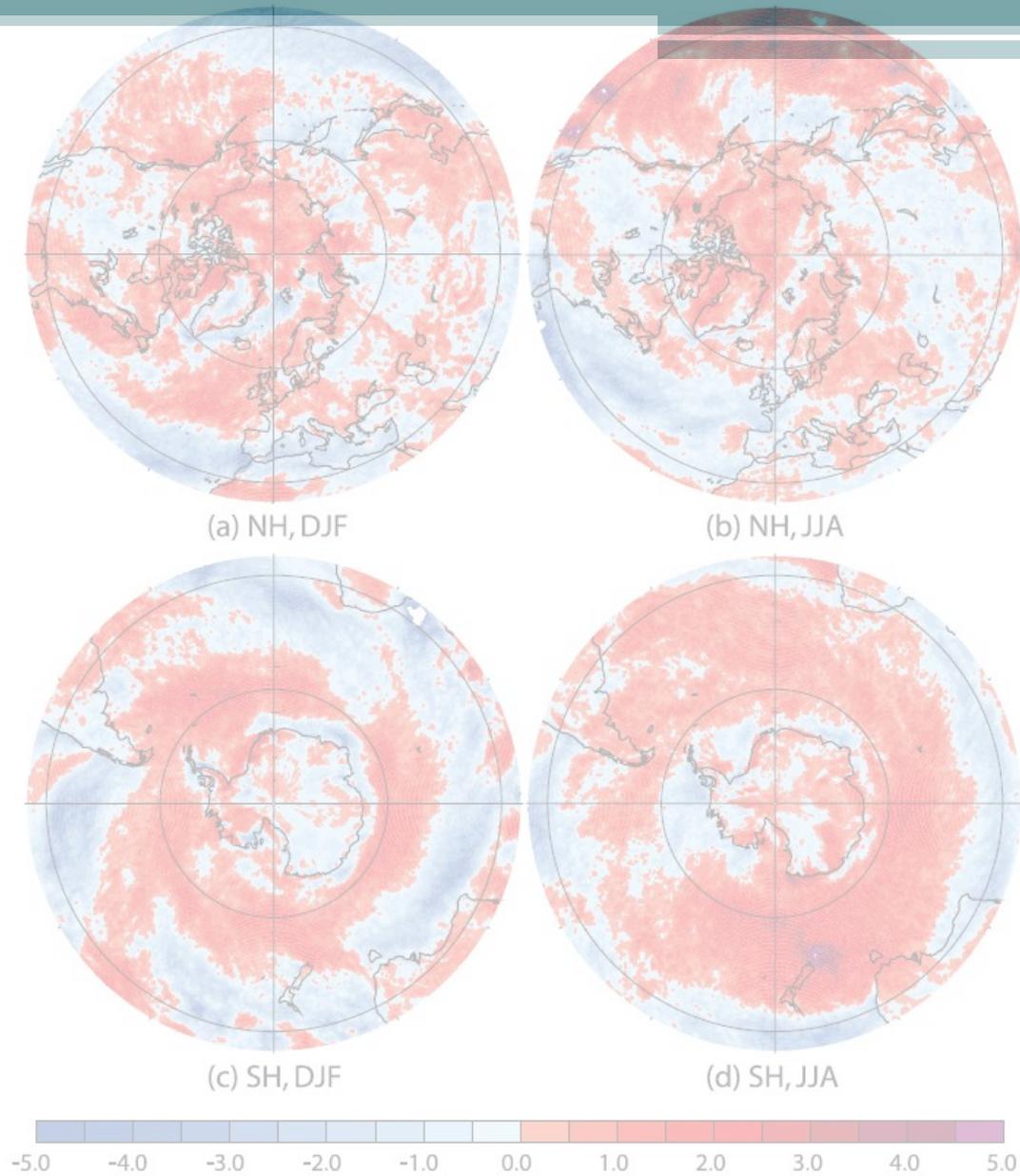
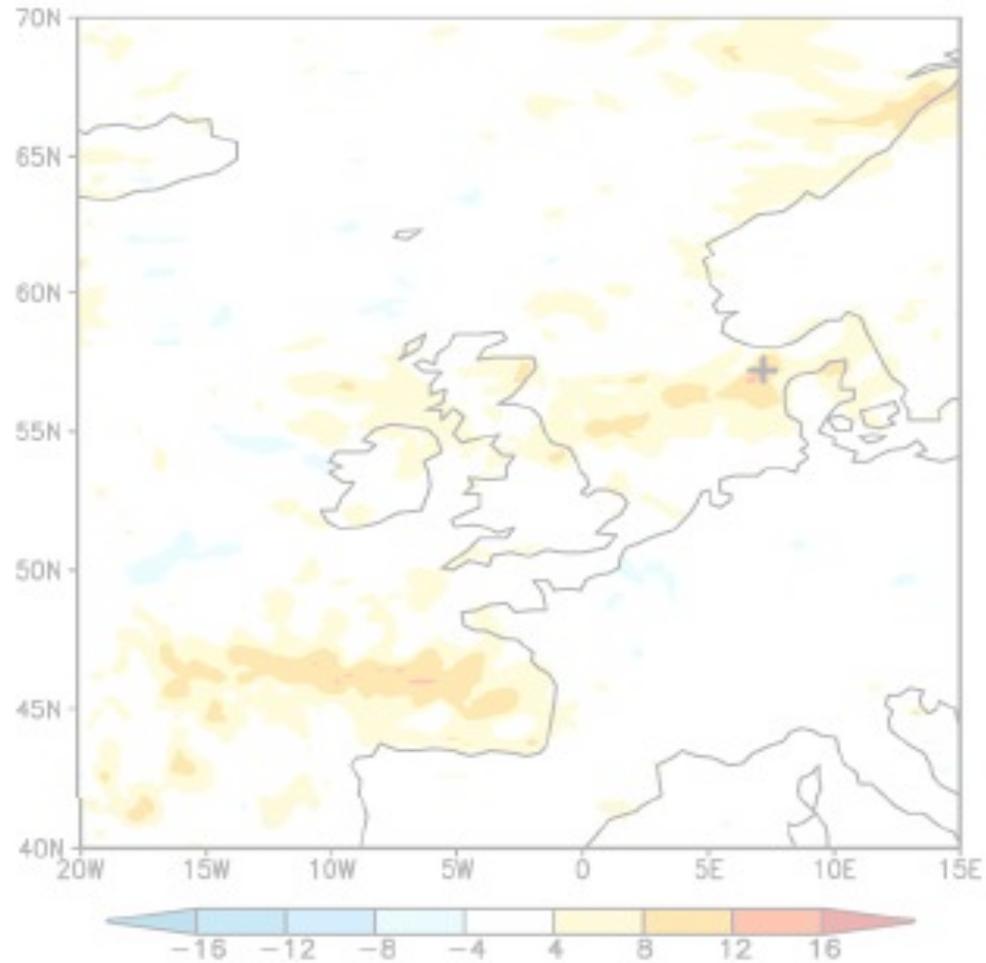


FIG. 12. Differences between 21C and 20C of the 99.5 percentiles of the 925-hPa winds for (a) the NH DJF, (b) the NH JJA, (c) the SH DJF, and (d) the SH JJA. Units are m s^{-1} .



Source : Haarsma et al., 2013

N.B.:

- Valable uniquement pour l'Aquitaine
- Ne tient pas compte des autres effets du changement climatique

Partie 4 : Viabilité et gestion des risques en forêt

- En déterministe
- La mesure du risque : les critères en situation aléatoire
- Théorie de viabilité et stratégies de gestion

Première analyse sur la rentabilité des plantations de pin maritime

- Nécessité d'utiliser un modèle de croissance des arbres:

 - * Modèle de Lemoine et Decourt :

 - Lemoine B., N. Decourt, 1969, Tables de production pour le pin maritime dans le sud-ouest de la France, Revue Forestière Française, 1-1969, 5-16.

 - *corrigé avec les données plus récentes du modèle

 - d'Y.Lesgourgues :

 - Lesgourgues Y., S. Drouineau, 2009, Elaboration de nouveaux itinéraires techniques de régénération de la forêt landaise en réponse aux scénarios possibles, Innovations Agronomiques ; 2009, 6, 101-112.

- Utilisation de différentes données sur les recettes et les coûts

- Dans cette première analyse on ne tient pas compte des risques ni des incertitudes

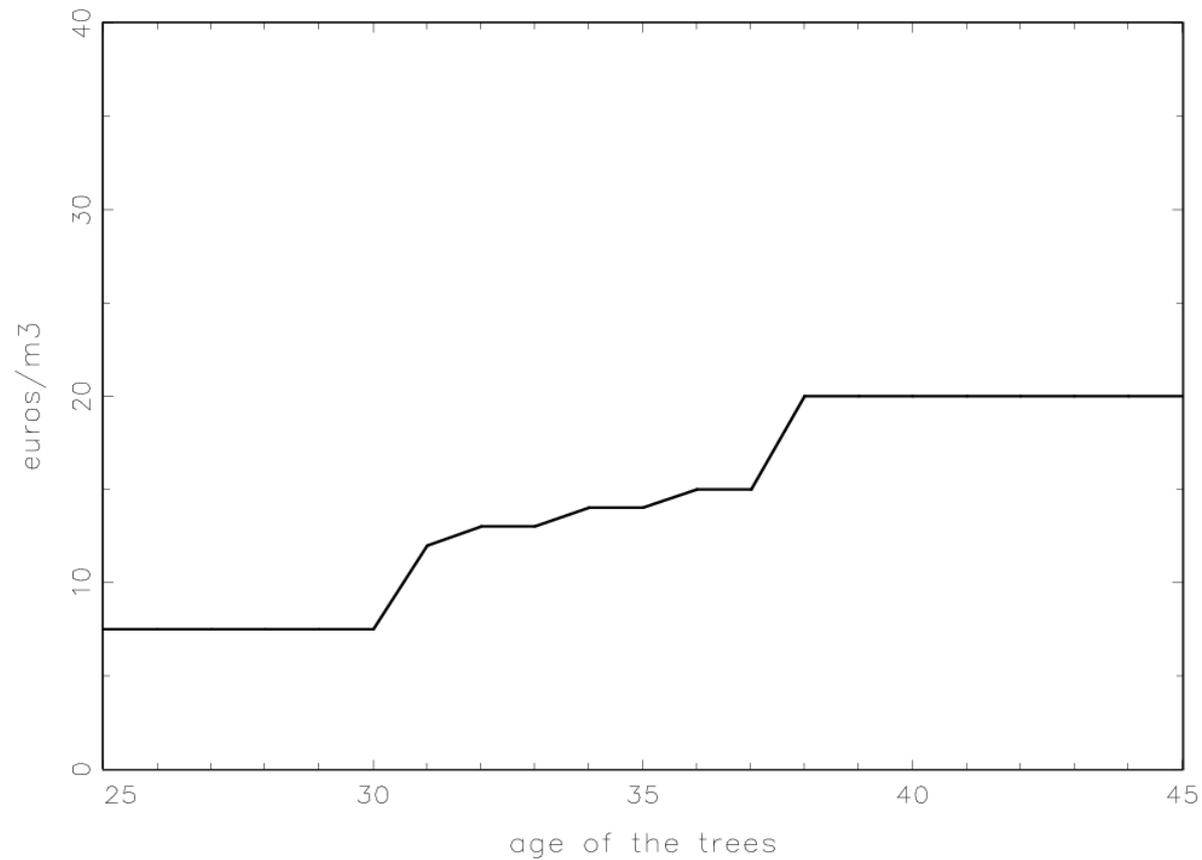
Éclaircies retenues

- Eclaircie à 14 ans:
 - nombre d'arbres coupés: 550
 - volume: 59 m³
 - prix du bois : 5 €/m³
 - coût complémentaire de l'éclaircie : - 80 €
 - recettes moins dépenses concernant cette éclaircie : 215 €
-
- Eclaircie à 25 ans:
 - nombre d'arbres coupés: 230
 - volume: 113 m³
 - prix du bois : 5 €/m³
 - coût complémentaire de l'éclaircie : - 80 €
 - recettes moins dépenses concernant cette éclaircie : 485 €
-
- Eclaircie à 35 ans:
 - nombre d'arbres coupés: 150
 - volume: 146 m³
 - prix du bois : 10 €/m³
 - coût complémentaire de l'éclaircie : - 80 €
 - recettes moins dépenses concernant cette éclaircie : 1380 €

Coûts et recettes

- coût de plantation : 1200 € /ha
- élagage à 8 ans : 400 € /ha
- élagage à 14 ans : 500 €/ha
- coûts – revenus annuels : 30 €/ha/an
- éclaircies à 14, 25 et 35 ans, avec un revenu net de 215 €, 485 € et 1380 €
- récolte finale à 39 ans, avec un revenu de 7680 € (384 m³ à 20 €/m³)
- taux d'actualisation utilisé : 3% (sauf mention contraire).

Prix du bois en fonction de l'âge des arbres



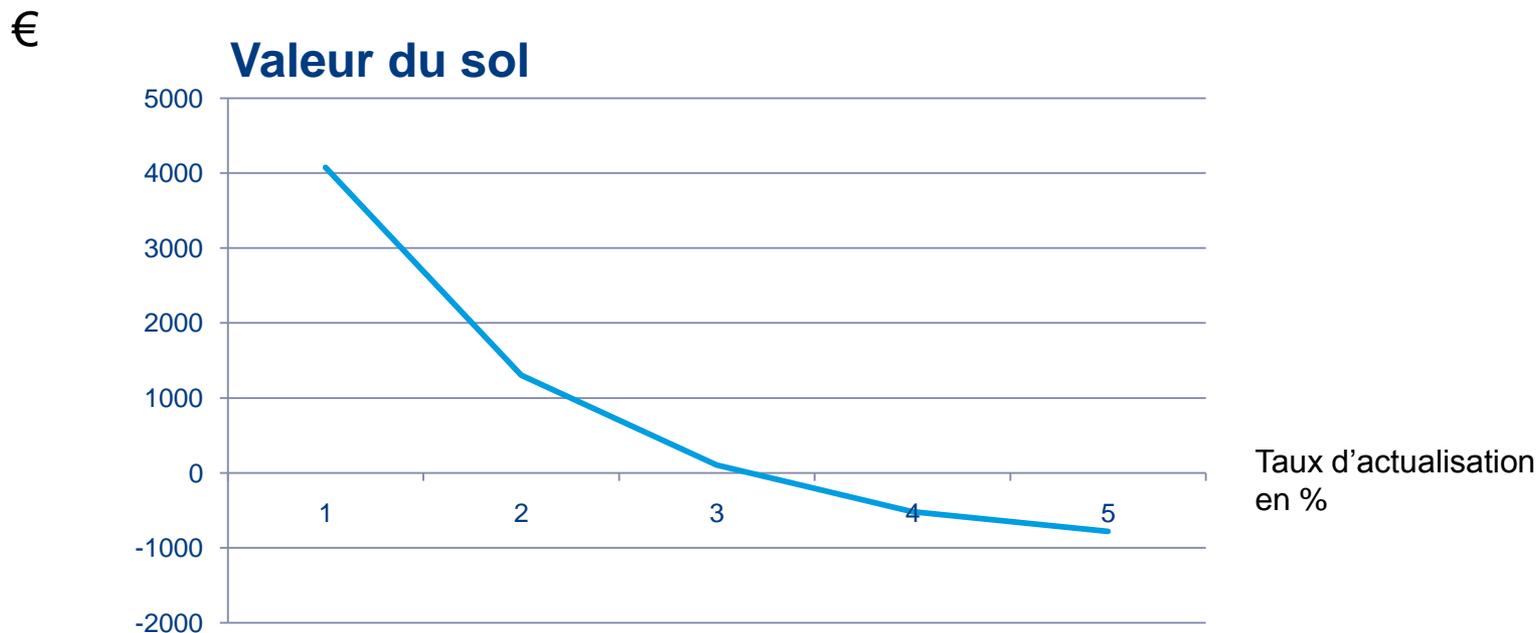
Taux d'actualisation : 3%

Maximisation	Valeur du critère	Âge de coupe
Vol récolte régénération	14.29	24.00
Volume moyen	18.16	35.00
Revenu annuel	269.52	50.00
Bénéfice annuel	192.72	50.00
Bénéfice actualisé (NPV)	842.24	46.00
Faustmann	1157.70	43.00
TIR	0.038	34.00

Taux d'actualisation : 4%

Maximisation	Valeur du critère	Âge de coupe
Vol récolte régénération	14.29	24.00
Volume moyen	18.16	35.00
Revenu annuel	269.52	50.00
Bénéfice annuel	192.72	50.00
Bénéfice actualisé (NPV)	-27.31	34.00
Faustmann	-37.00	39.00
TIR	0.038	34.00

Les résultats obtenus avec le modèle déterministe sont fragiles et précaires ne serait-ce que pour leur sensibilité au taux d'actualisation (ou en d'autres termes à la valeur du capital immobilisé dans les arbres et dans le sol forestier). Et ce taux fluctue rapidement, lorsqu'il est comparé au rythme de croissance des arbres. L'irréversibilité peut rapidement devenir pesante et dissuasive.



- Stratégie de gestion du risque en forêt : peut-on répondre aux attentes multiples des propriétaires vis-à-vis des risques ?
 - Problème de définition et aussi de mesure du risque
 - Problème d'intégration des risques dans la décision

Mesure du risque

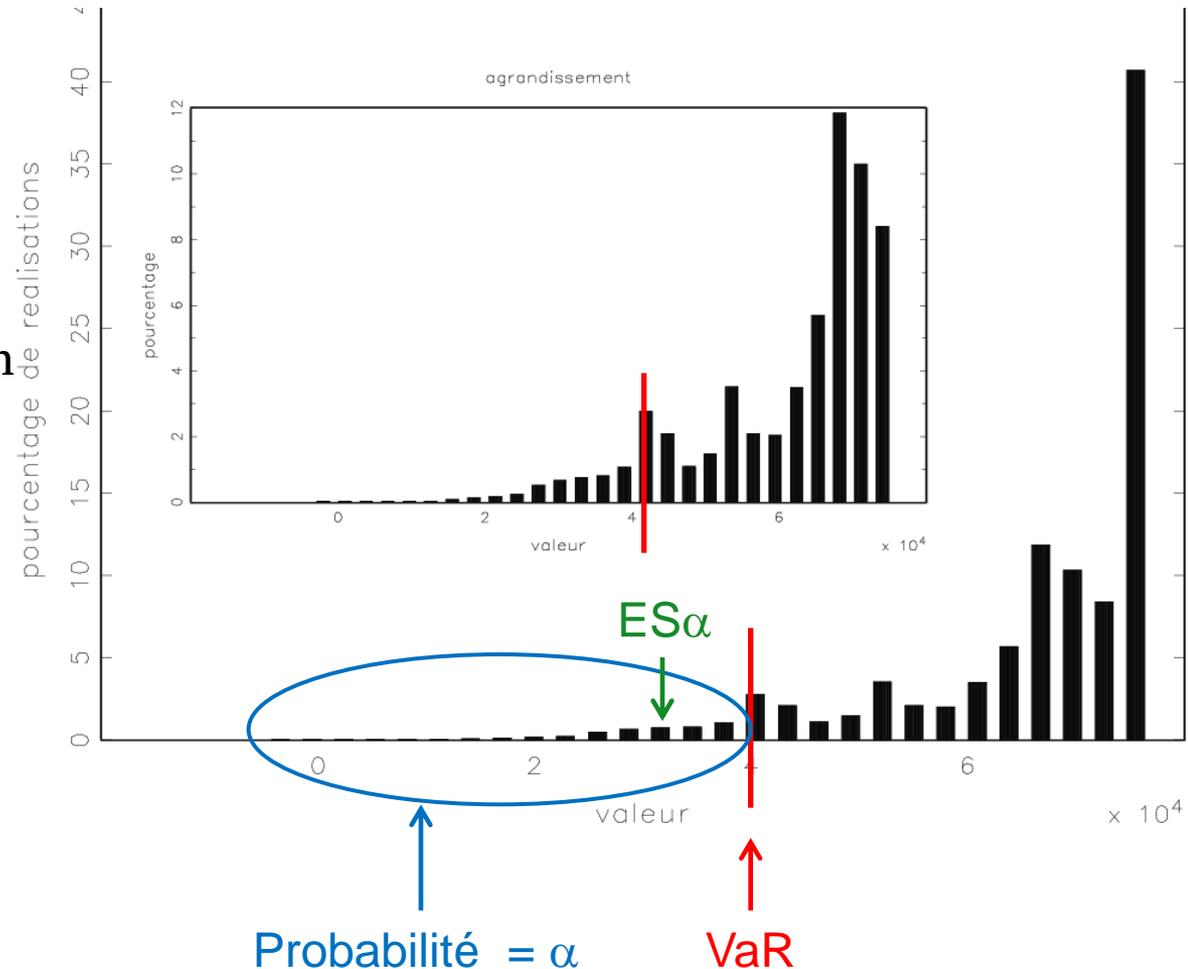
Conditions nécessaires pour que ρ soit une mesure de risque (voir Frittelli et Gianin, 2002) :

- \rightarrow *monotone* : $X \in V, X \geq 0 \Rightarrow \rho(X) \leq 0$
- \rightarrow *sous-additive* : $X, Y, X + Y \in V \Rightarrow \rho(X + Y) \leq \rho(X) + \rho(Y)$
- \rightarrow *positive-homogène* : $X \in V, h > 0, hX \in V \Rightarrow \rho(hX) = h\rho(X)$
- \rightarrow *invariant par translation* : $X \in V, a \in \mathfrak{R} \Rightarrow \rho(X + a) = \rho(X) - a$

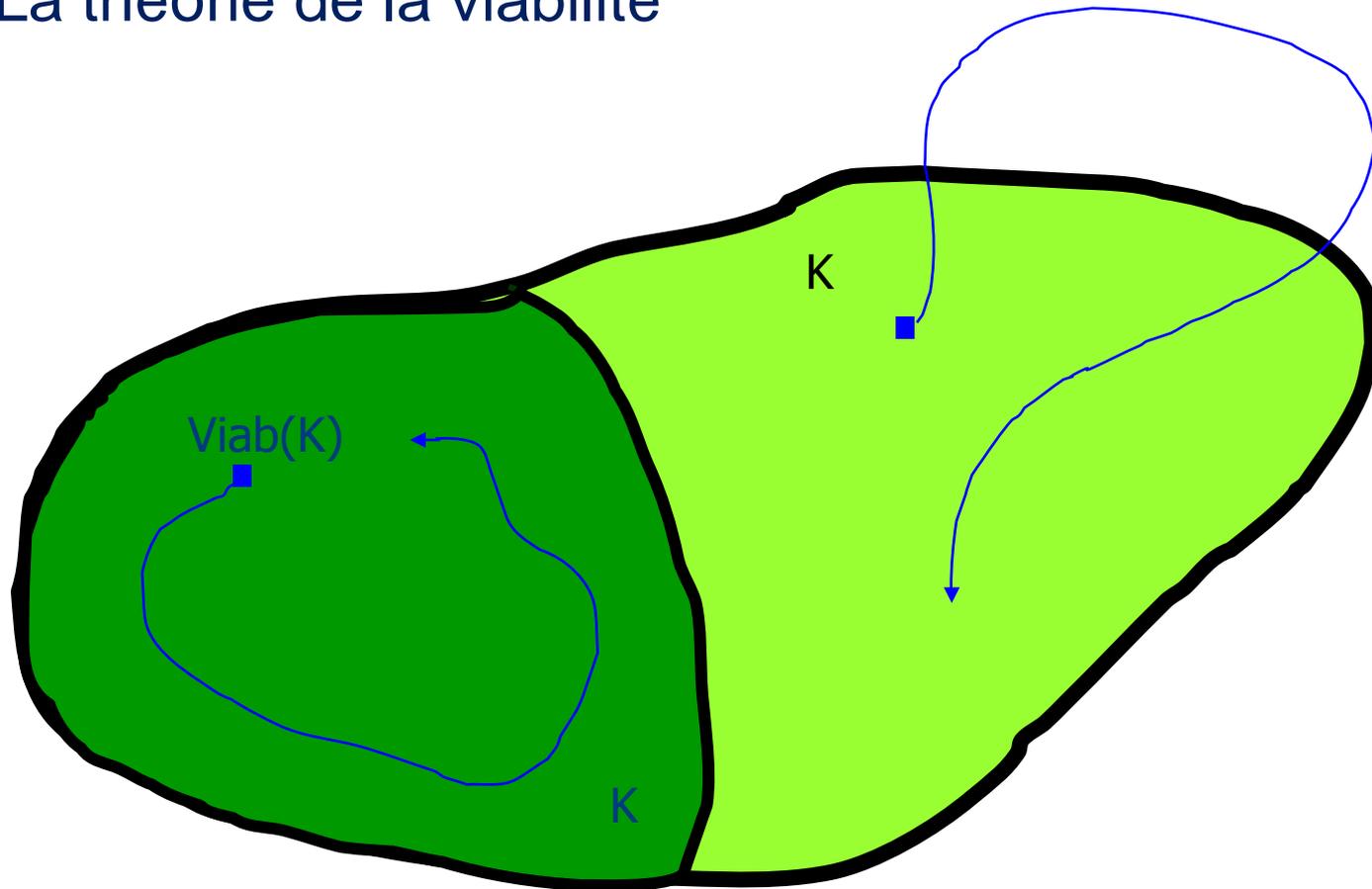
Par exemple : la VaR (Value at Risk; part de la forêt que l'on peut perdre avec une probabilité de α) n'est pas une mesure de risque.

L' ES_α (Expected Shortfall; espérance de la valeur de la forêt dans les α pires cas) est une mesure de risque,

Valeur de la forêt:
résultats induits
par la réalisation ou non
de tempêtes.



La théorie de la viabilité

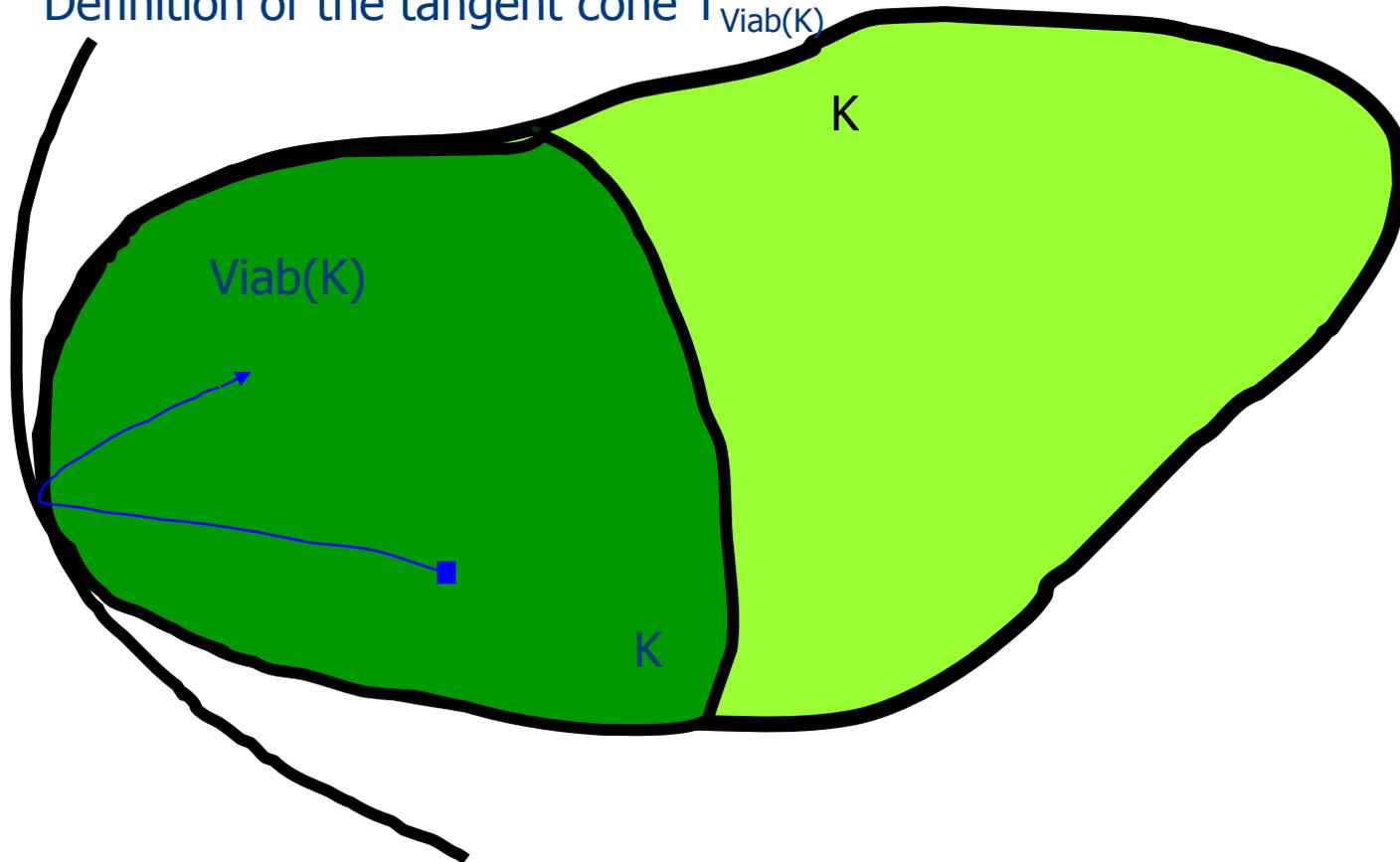


- Il existe :
- des descriptions analytiques de $Viab(K)$
 - des algorithmes pour calculer $Viab(K)$

La théorie de la viabilité

viable regulations:

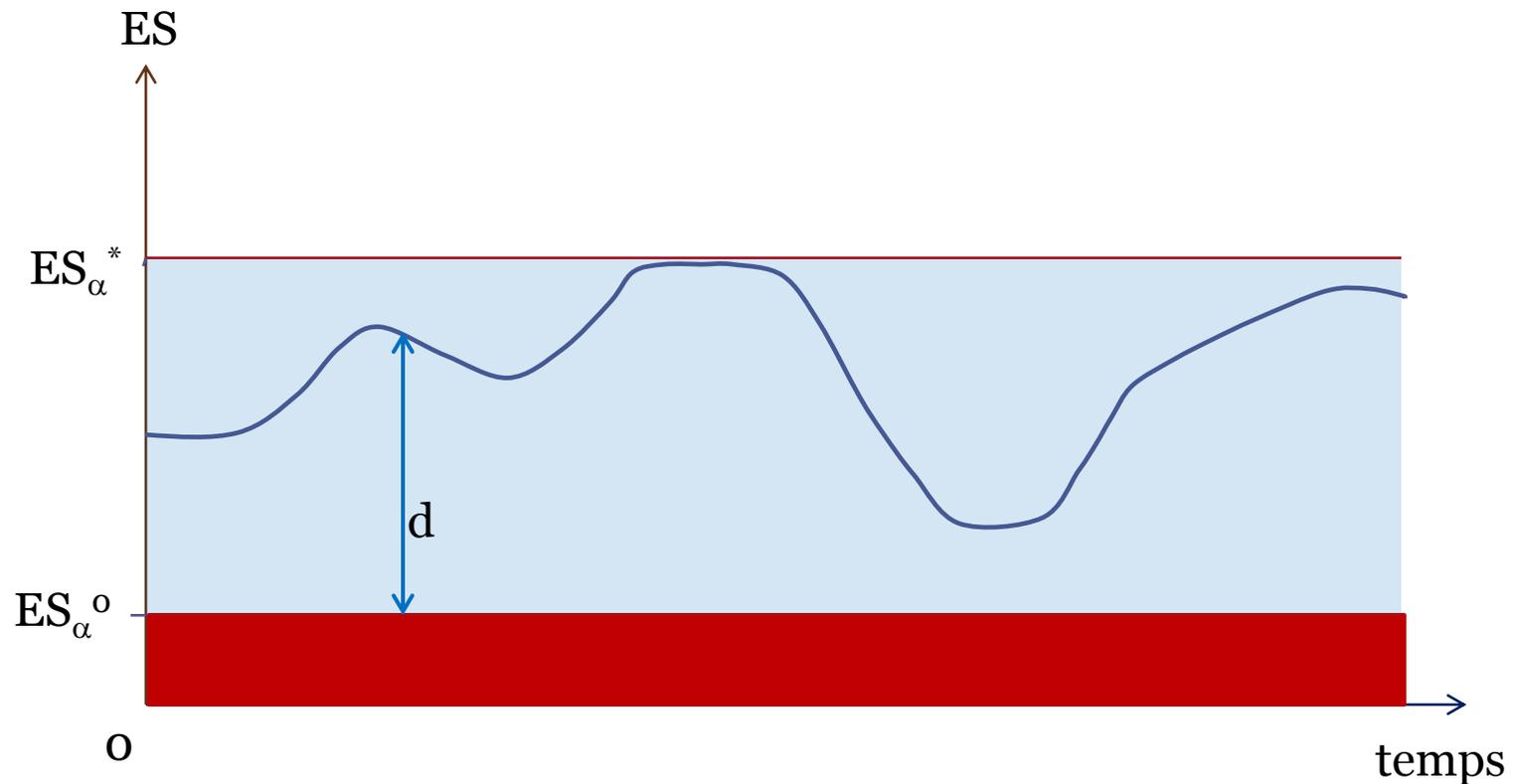
Definition of the tangent cone $T_{\text{Viab}(K)}$



Example :Rapaport A., J.P. Terreux, Doyen L., 2006,
Viability analysis for the sustainable management of renewable resources,
Mathematical and Computer Modelling, 43, 466-484

Viabilité ou optimisation ?

- Cela dépend des objectifs du gestionnaire
- Pour l'évaluation : optimisation est mieux adaptée (critère de Faustmann; adaptable en situation de risques : critère de Reed et dérivés).
- Le problème de l'optimisation est que l'on ne connaît pas la sensibilité du résultat aux différents paramètres, sans étude particulière.



- Pour les résultats que nous présentons par la suite l'idée est de calculer l' $ES\alpha$ en fonction de la stratégie d'aménagement retenue, et de choisir la stratégie qui donne une valeur 'raisonnable' à ce critère.
- La stratégie d'aménagement est maintenue au fil du temps (sans limitation de durée) ; la « contrainte de viabilité » est ainsi respectée.
- L' $ES\alpha$ dépend de l'état initial de la forêt. On part d'un état peu favorable.

12 parcelles

	1	2	3	4
→	5	6	7	8
	9	10	11	12

Etat initial : toutes les parcelles portent des arbres de 30 ans
Même structure de coûts et recettes que précédemment
Probabilités tempêtes, et impacts sur les arbres: cf. précédemment

Définition de stratégies possibles

Si synchronisation des 12 parcelles*:

- 0. Aucune action spéciale pour rééquilibrer les classes d'âge
- 1. On repousse l'âge de coupe des 6 parcelles les plus jeunes de 5 ans
- 2. On repousse l'âge de coupe des 6 parcelles les plus jeunes de 10 ans
- 3. On repousse l'âge de coupe des 6 parcelles les plus jeunes 10 ans, on avance l'âge de coupe des 6 parcelles les plus âgées de 5 ans
- 4. On repousse l'âge de coupe des 6 parcelles les plus jeunes de 10 ans, on avance l'âge de coupe des 6 parcelles les plus âgées de 10 ans.

pendant une rotation, puis après on continue avec des rotations de 40 ans, sauf si à nouveau synchronisation, auquel cas on réapplique exactement la même stratégie.

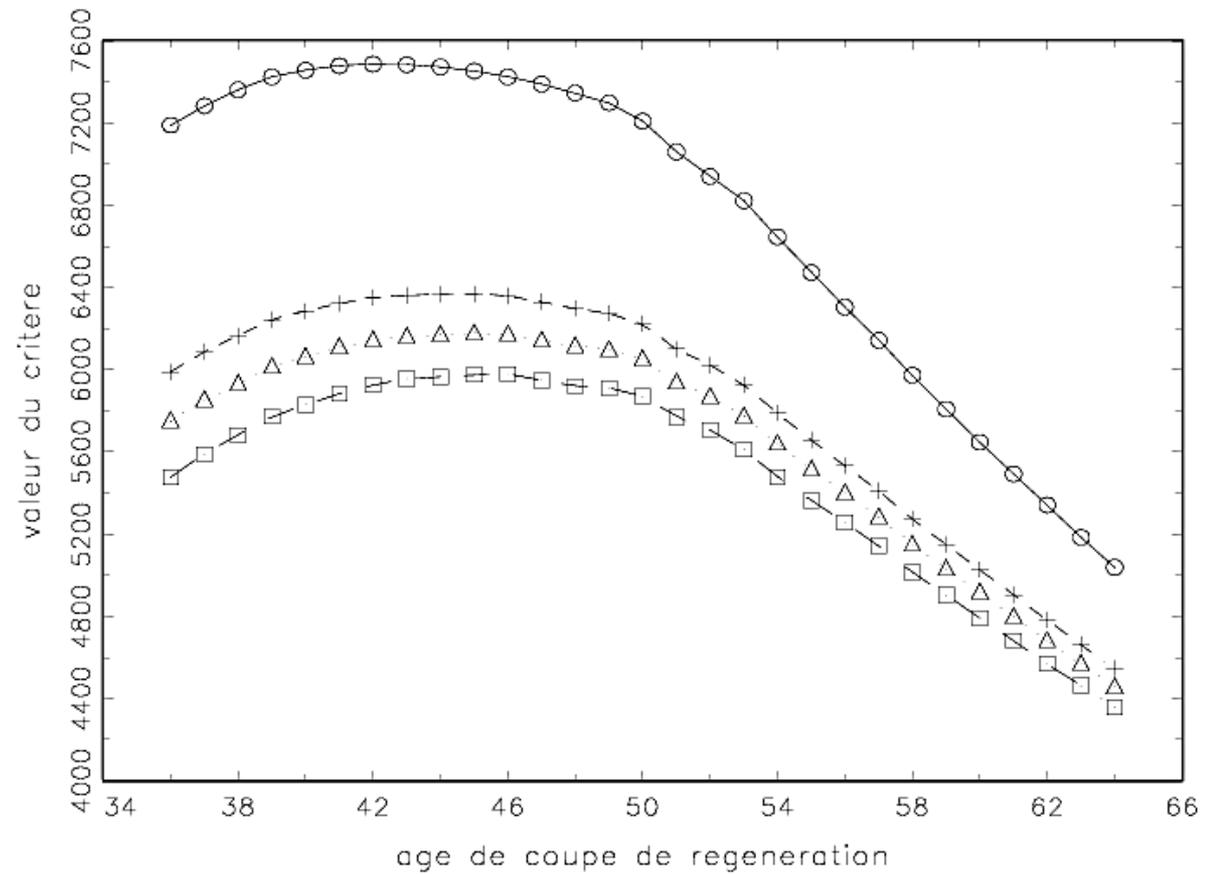
*écart de moins de 20 ans entre la deuxième plus jeune et deuxième plus âgée

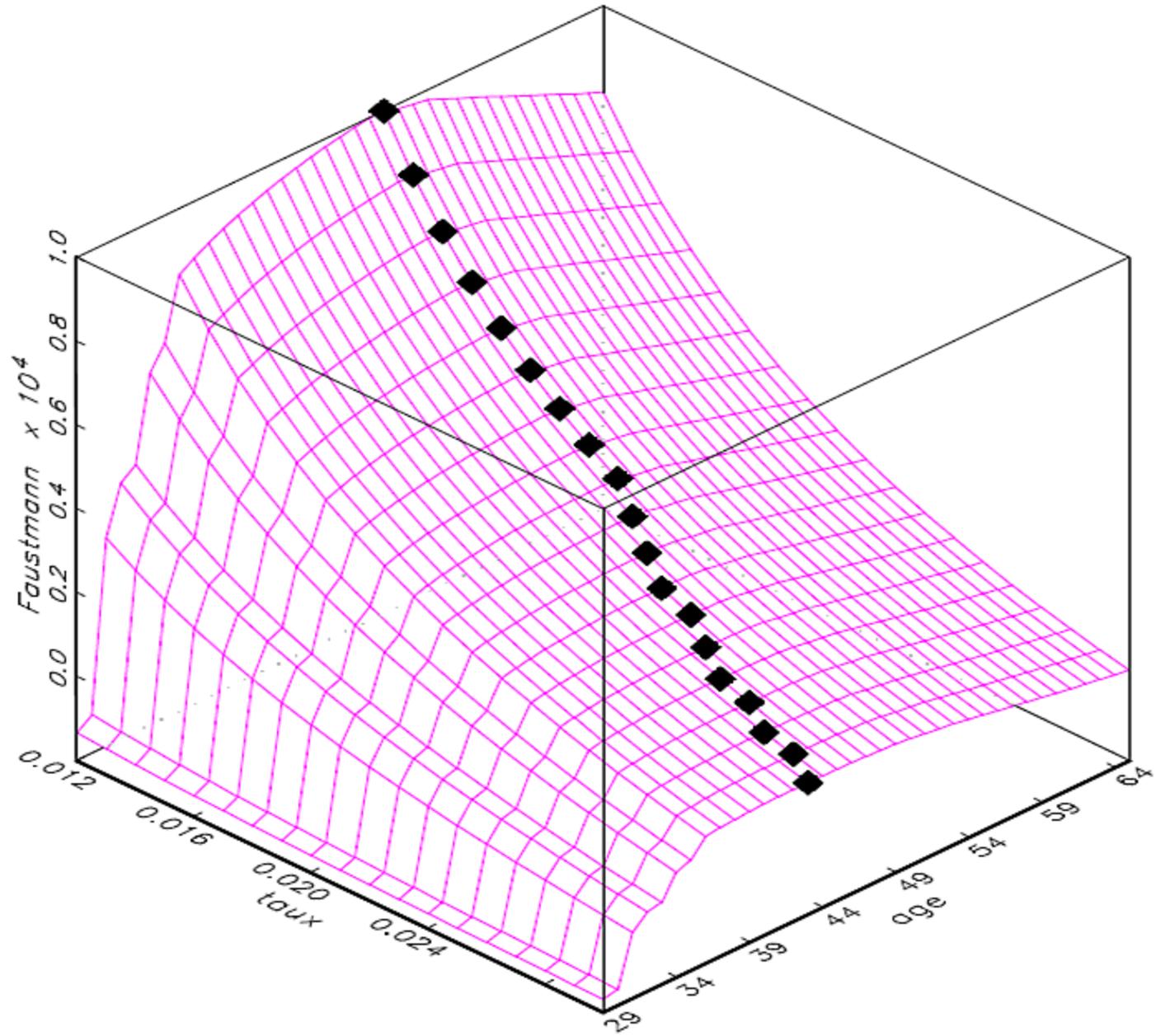
Méthode : simulations de Monte Carlo

- Le résultat est obtenu à partir de simulations de Monte Carlo d'événements tempête / pas de tempête, avec les bonnes probabilités, sur un horizon de 300 ans. Chaque série sur 300 ans conduit à un résultat économique de la sylviculture. En faisant 200.000 séries, on arrive à avoir une précision suffisante sur les ES_α , pour $\alpha = 0,5 \%$ (et a fortiori pour $\alpha = 1$ ou 2%).

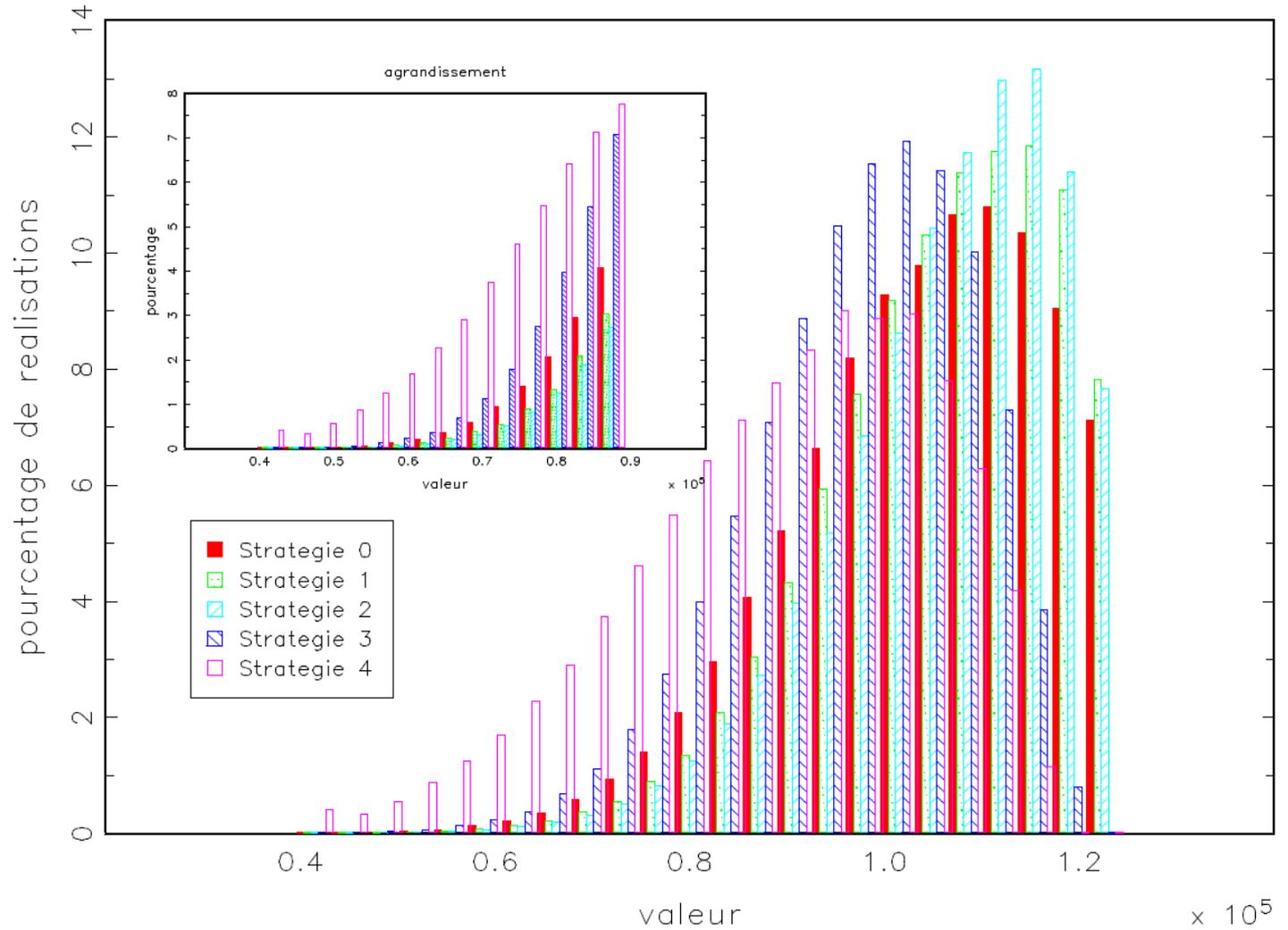
De haut en bas:

- Espérance de valeur
- ES à 2%
- ES à 1%
- ES à 0.5 %





Taux d'actualisation de 1 %



Taux d'actualisation de 1 %

• stratégie	=	0	1	2	3	4
• espérance	=	169530.19	174698.52	176510.17	153214.25	135540.93
• ES a 0.5 %	=	68025.99	74977.73	76719.60	60801.22	25430.30
• ES a 1%	=	77369.94	84358.91	86428.58	69504.48	33357.84
• ES a 2 %	=	87201.53	94572.03	96684.76	78638.82	42292.27

Taux d'actualisation faible. Grande prise en compte du futur.

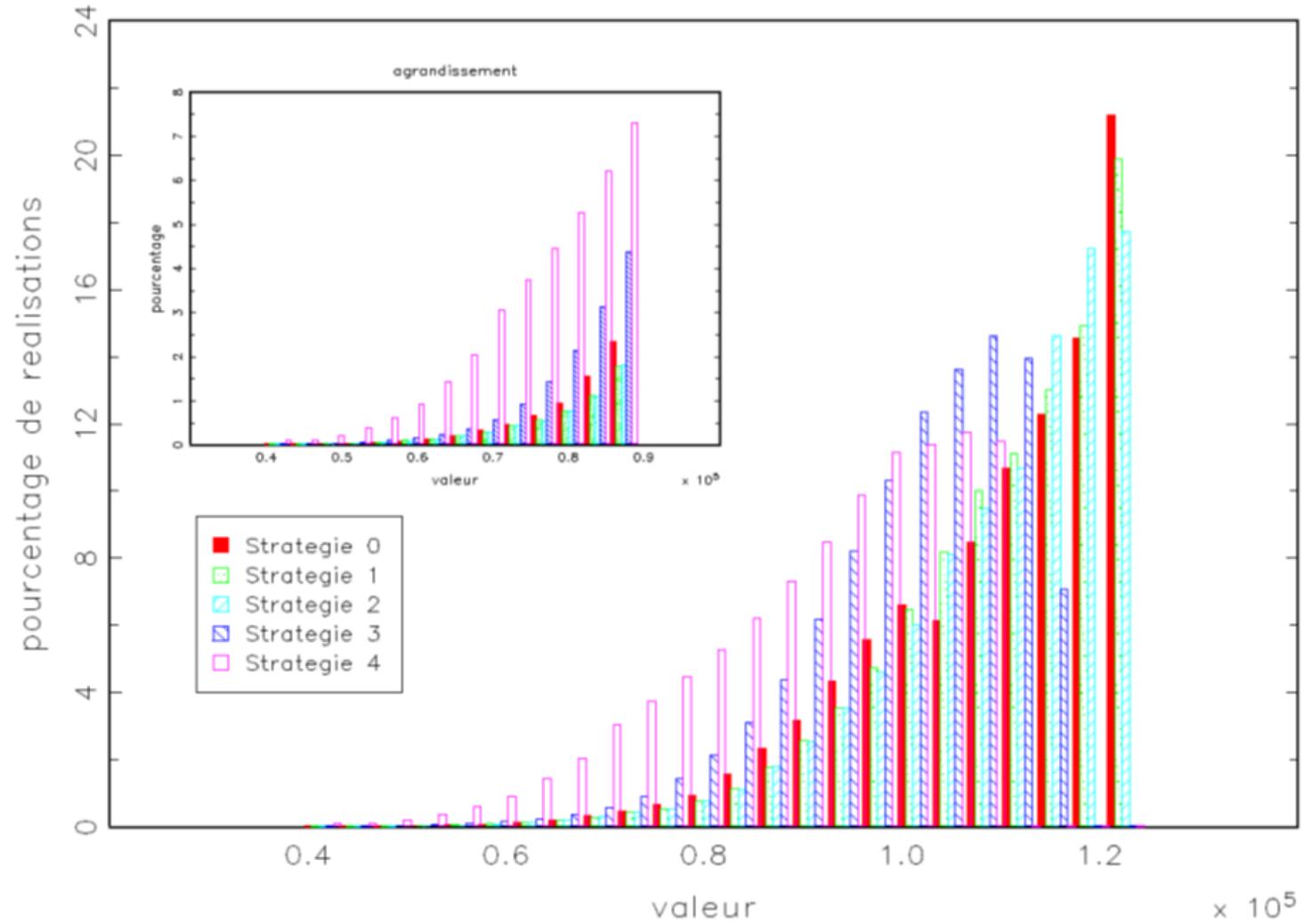
Stratégie optimale : n° 2 :

En cas de synchronisation, on repousse l'âge de coupe des 6 parcelles les plus jeunes de 10 ans

A noter la forte dispersion des résultats, face à un risque apparemment modéré, qui traduisent bien l'inquiétude des sylviculteurs aquitains. Cette dispersion se retrouve aussi pour des taux d'actualisation plus élevés.

La sylviculture est une activité plus spéculative que ne le laisserait supposer
La durée de retour de l'aléa.

Taux d'actualisation de 2 %



Taux d'actualisation de 2 %

	=	0	1	2	3	4
• stratégie	=	0				
• espérance	=	103200.51	105189.99	105151.14	90527.52	78120.27
• ES a 0.5 %	=	34153.90	34967.54	35415.87	28725.44	14887.17
• ES a 1%	=	40960.60	41941.19	42350.61	35084.69	19819.14
• ES a 2 %	=	48376.86	49792.43	50098.37	42047.73	25258.55

Les stratégies 0 , 1 et 2 modifient assez peu les valeurs;
 Les stratégies 3 et 4 les dégradent beaucoup : le coût d'opportunité
 de l'équilibrage des classes d'âge peut vite être important.

En résumé:

- Pour un taux d'actualisation de 1 % : on désynchronise en décalant repoussant la récolte des plus jeunes de 10 ans (récolte à 50 ans au lieu de 40 ans).
- Pour un taux de 2 % : idem.
- Pour un taux de 3 % : on ne désynchronise pas
- Pour un taux de 4% : on ne désynchronise pas.

- Globalement un petit déséquilibre des classes d'âge permet un respect de contraintes de viabilité plus restrictives ; mais un déséquilibre trop important dégrade fortement les différents critères.

- Si ce déséquilibre fort est demandé par la Puissance publique pour bénéficier d'externalités induites (biodiversité, paysage...), alors le coût d'opportunité est important, et peut ne pas être compensé pour le propriétaire, et partant pour la Puissance publique, par une amélioration des résultats économiques dans un contexte de risque tempête.

Dégradation forte des paramètres du vent:

Supposons qu'au lieu des durées de retour suivantes, pour Bordeaux :

Q50 = 95 (km/h) Q100 = 100 Q150 = 102

On ait :

Q50 = 102 (km/h) Q100 = 104 Q150 = 150

Âge de départ : 12 parcelles à 30 ans ; taux d'actualisation = 2%.

Resultats :

stratégie	=	0	1	2	3	4
espérance	=	97030.25	99226.19	99662.38	84629.53	71458.41
ES a 0.5 %	=	7681.91	8241.71	8538.09	4333.78	3828.33
ES a 1%	=	15930.99	16539.01	17111.99	12116.20	2790.84
ES a 2 %	=	25335.34	26303.65	26935.39	21123.05	10079.19

Autre dégradation forte des paramètres du vent :

Supposons qu'au lieu des durées de retour suivantes, pour Bordeaux :

Q50 = 95 (km/h) Q100 = 100 Q150 = 102

On ait :

Q50 = 110 (km/h) Q100 = 115 Q150 = 180

Âge de départ : 12 parcelles à 30 ans ; taux d'actualisation = 2%.

stratégie	=	0	1	2	3	4
espérance	=	94960.00	97255.00	97835.25	82778.71	69377.11
ES a 0.5 %	=	-521.38	-50.83	26.49	-3066.00	-9466.30
ES a 1%	=	8098.90	8711.31	9172.17	5014.25	-2672.71
ES a 2 %	=	17907.95	18774.99	19408.58	14358.52	4877.00

Remarque:

Pour ces différentes hypothèses de dégradation des paramètres liées au vent, la stratégie 2 reste optimale.

Commentaires

Importance de la forêt privée...

...pour les trois piliers du développement durable (économique, social et environnemental) ; pour cela la forêt doit être bien gérée et bien intégrée dans le patrimoine du propriétaire.

Place de la forêt dans un patrimoine :

- Les résultats précédents nous permettent de mieux comprendre les places multiples que la forêt peut occuper, sur le plan économique, dans le cadre de la gestion d'un patrimoine global.
- L'analyse moyenne-variance a montré que les risques encourus par les forêts sont loin d'être négligeables, et peuvent diminuer fortement l'attractivité des placements en forêt.

Adapter la gestion à la forêt **et** au patrimoine :

- Ils nous permettent aussi de comprendre comment une stratégie de gestion adaptée permet un respect de contraintes de viabilité plus strictes.

Commentaires (suite)

Le risque tempête :

- Difficile à mesurer, car par nature il s'agit d'événements rares, des analyses statistiques permettent toutefois de le prendre en compte dans les calculs de rentabilité.

Le changement climatique entraînera-t-il une augmentation du risque de vents tempétueux dommageables aux sylviculteurs de pins maritimes du Sud-Ouest de la France ?

- Dans l'état actuel des connaissances, cela reste possible mais peu probable.
- Valable uniquement pour l'Aquitaine, et pour le seul risque tempête; on ne tient pas compte ici des autres effets possibles du changement climatique, qui peuvent changer considérablement les conditions de croissance des arbres.

Commentaires (suite)

Stratégie de gestion en situation de risque tempête:

- Désynchroniser (un peu mais pas trop) l'âge des parcelles
- Le faire en prolongeant (et non pas en raccourcissant) la durée de révolution d'une partie des parcelles.

Sensibilité des résultats à la stratégie :

- Les résultats des stratégies 1 ou 2 (voire 0) sont en général assez voisins (prolongement des rotations), ceux des stratégies 3 et 4 sont assez dégradés.
- Cela entraîne que le sylviculteur a une marge de manœuvre assez grande (sur une dizaine d'année) pour vendre des arbres, de manière à profiter d'une éventuelle hausse de prix (mais il est difficile d'anticiper les prix futurs), ou surtout de sorte que le produit de la vente corresponde au mieux à ses besoins en financement.

Commentaires (suite)

Très différent de la littérature sur la gestion d'une parcelle en situation de risque (Reed, 1984):

- Reed : raccourcir les rotations (taux d'intérêt de $r + \lambda$, au lieu de r ; $\lambda =$ coefficient de la loi de Poisson associée au risque tempête).

Raisons:

- Notre travail est au niveau d'un ensemble de parcelles, et pas d'une seule parcelle, comme celui de Reed. La perte de revenu sur une parcelle est compensée par le gain sur l'ensemble de la forêt.
- Raccourcir ou rallonger ?
 - La courbe du critère de Faustmann nous a montré que la perte en valeur est plus importante si l'on raccourcit de 5 ans l'âge de coupe que si l'on rallonge de 5 ans cet âge.
- Autre nature de modèle :
 - Représentation des risques plus riche :
 - Aléa x vulnérabilité : représentation de la force du vent maximale observée chaque année (loi des événements rares) x résistance des arbres d'un âge donné à ce vent.
 - vs. : probabilité constante λ de destruction totale de la parcelle (loi de Poisson).
 - Type de modèle :
 - Nous travaillons à partir d'un modèle de viabilité et non pas un modèle d'optimisation

Conséquences :

- En prolongeant l'âge des rotations, on diminue la production de bois moyenne (en m³/ha/an) ; les intérêts des propriétaires forestiers sont alors contradictoires avec ceux des utilisateurs de bois, qui ont intérêt à inciter par tous les moyens les propriétaires à raccourcir les rotations.

Pistes de recherches:

- Il serait utile d'étudier les effets des autres impacts possibles, sur les résultats présentés ici, des effets du changement climatique pouvant modifier la croissance des arbres.
- Il serait intéressant de généraliser cette approche par la viabilité en situation de risque : autres essences, autres risques (risques sur les prix, risques liés au changement économique global etc.) afin d'examiner leurs impacts sur la stratégie à conseiller.
- Il serait aussi utile de travailler sur le capital (ou dotation; « endowment ») nécessaire pour accompagner un capital forestier. Cela permettrait d'aborder sous un autre angle la place de la forêt dans un patrimoine général. De plus il serait possible de déterminer les sommes raisonnables à déposer dans le cadre d'un CIFA (Compte d'Investissement Forestier et d'Assurance) et si le plafond actuel de 2500 € est suffisant.
- Travailler aussi sur la robustesse des solutions (risque de s'approcher de la frontière du noyau de viabilité).

Merci de votre attention