

Quels modèles de croissance pour les peuplements mélangés ? Exemple du mélange chêne sessile – pin sylvestre

Thomas PEROT¹, François GOREAUD² et Christian GINISTY¹

1 Cemagref de Nogent-sur-Vernisson, Unité de Recherche Ecosystèmes Forestiers

2 Cemagref de Clermont-Ferrand, Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Complexes



CONTEXTE

Importance des peuplements mélangés

Deux constats :

- Peuplements mélangés = 50% de la surface forestière*
- Les peuplements monospécifiques régressent...
...au profit des peuplements mélangés**.

* d'après les chiffres 2005 de l'IFN (IFN, 2006)

**d'après les indicateurs de gestion durable publiés par l'IFN (Ulrich et al., 2006)

avenir de ces peuplements = ???

CONTEXTE

Besoin d'outils d'aide à la gestion

Comment gérer ces peuplements de façon durable ?

=> Besoin d'outils d'aide à la gestion

Les modèles de croissance des outils intéressants pour :

- Prédire la croissance et la production ;
- Aider à la construction de guides sylvicoles ;

Au niveau international bcp de travaux récents ou anciens :

Exemples en Europe :

Autriche (Monserud et Sterba, 1996) ; Allemagne (Prestzsch, 2002) ; Norvège (Andreassen, 2003) ; Espagne (Trasobares, 2004) ; etc.

Et ailleurs :

USA (Botkin et al., 1972) ; Australie (Vanclay, 1989) ; USA (Wykoff, 1990) ; Corée (Lee *et al.*, 2004) ; etc.

CONTEXTE

Besoin d'outils d'aide à la gestion

En France 3 mélanges différents modélisés :

- Frêne-hêtre, nord-est (Ottorini, J. M. et N. Le Goff, INRA Nancy)
- Sapin-épicéa, Alpes (Courbaud, B., Cemagref Grenoble)
- Hêtre, pin et sapin, arrière-pays méditerranéen (Dreyfus, P., INRA Avignon)

Nécessité d'étendre à d'autres mélanges...

...mais de réelles difficultés pour construire ces modèles :

- Niveau de détail du modèle ;
- Interactions intra et inter spécifiques ;
- Fertilité ;
- ...

OBJECTIFS ET PLAN DE LA PRESENTATION

Dans le cadre du mélange chêne sessile – pin sylvestre

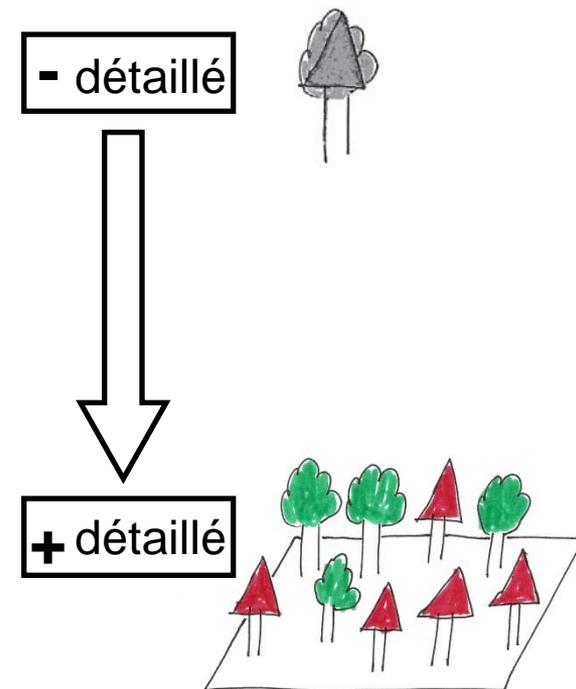
- 1 Comment choisir le niveau de détail du modèle ?**
- 2 Exemple d'un modèle spatialisé**
- 3 Exemples d'applications sous CAPSIS 4 (Coligny et al., 2003)**

1 Niveau de détail du modèle ?

Définition

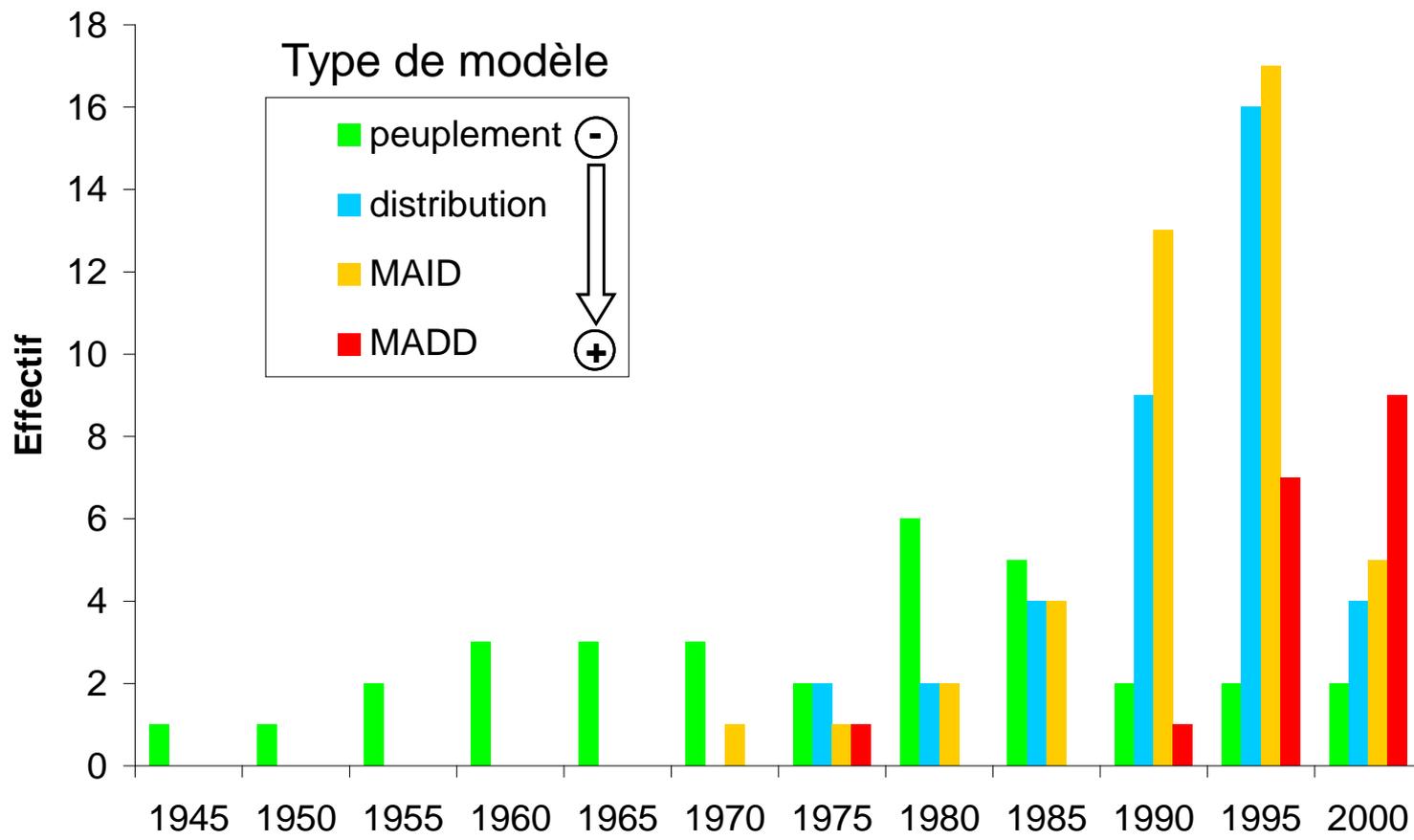
Si on définit 4 grands niveaux (cf par ex. Houllier et al. 1991) :

- 1- **Arbre moyen ou peuplement** ;
- 2- **Distribution (ex : classe de diamètre)** ;
- 3- **Liste d'Arbres non spatialisés (Modèle Arbre Indépendant des Distances)** ;
- 4- **Liste d'Arbres spatialisés (Modèle Arbre Dépendant des Distances).**



Niveau privilégié pour les peuplements mélangés ?

1 Niveau de détail du modèle ?



Environ 130 modèles entre 1947 et 2000 (Porté et Bartelink,2002).

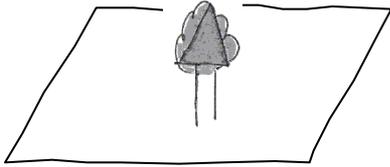
⇒ **Une tendance vers un niveau de détail de + en + fin**

1 Niveau de détail du modèle ?

Un exemple : comparaison entre deux extrêmes

Données d'entrée

Type d'outil

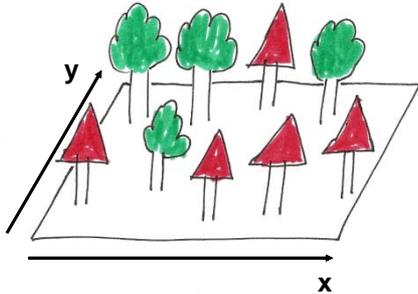


Données moyennes ou globales

Modèle arbre moyen
(Table de production)

Avantages (+) Inconvénients (-)

- + Simplicité
- + Données accessibles
- Adapté au mélange ?
- Réponses aux questions ?



Données arbres, positions

Modèle Arbre

Dépendant des Distances



- + Réalisme
- + Traitement de \neq questions
- Fortes contraintes sur les données
- Utilisation ?

1 Niveau de détail du modèle ?

Notre stratégie pour le mélange chêne s. – pin s.

- Construction de modèles simplifiés à \neq niveaux de détail :

présentation du modèle spatialisé

- Comparaison sur plusieurs critères (en perspective) :

critères de prédiction (ex : biais) ;

critères de qualité statistique (ex : robustesse) ;

critères informatiques (ex : temps de calcul) ;

critères d'utilisation (ex : capacité à répondre à un objectif) ;

2 Exemple d'un premier modèle spatialisé

Données de croissance

Le mélange chêne-pin en FD d'Orléans

- Milieu 19^{ème} siècle : introduction massive du pin sylvestre ;
 - Aujourd'hui : Comment conduire les deux essences en mélange ?
(ex : Dernier aménagement, massif Lorris : 1300 ha en "attente")
- => Projet en partenariat avec l'ONF depuis 2003



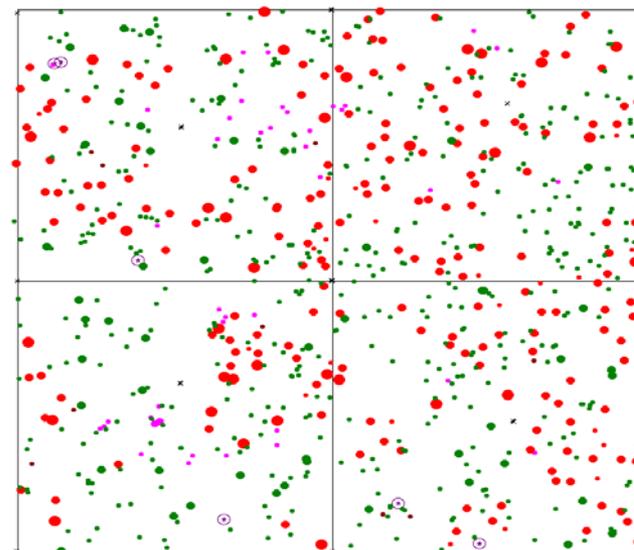
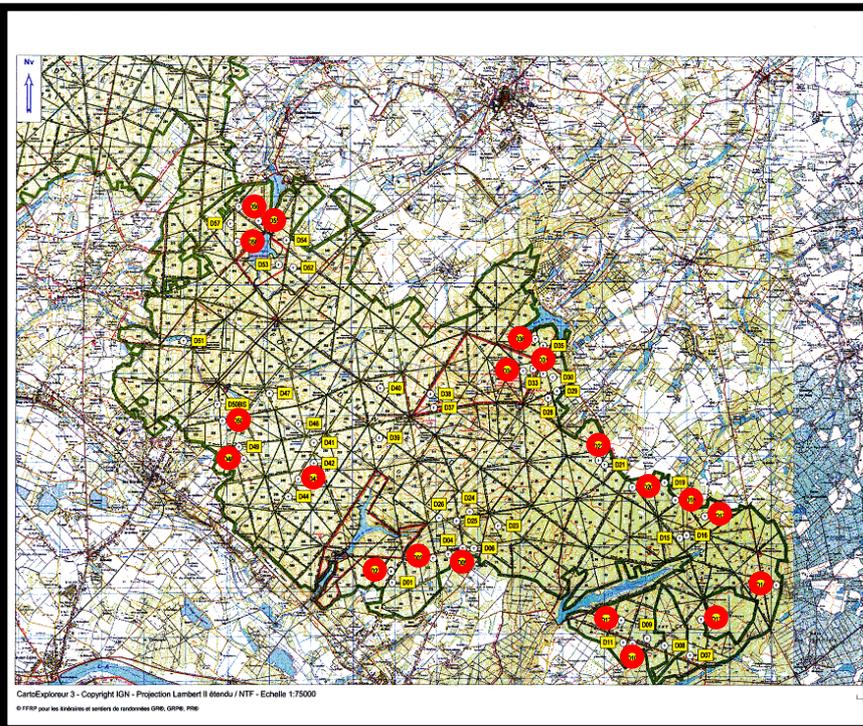
2 Exemple d'un premier modèle spatialisé

Données de croissance

**Forêt domaniale d'Orléans
Massifs de Lorris + Ingrannes**



**34 dispositifs
Cartographiés**
(Thèse de Marie Ange Ngo Bieng)



**Surface des dispositifs :
entre 0.5 et 1.25 ha**

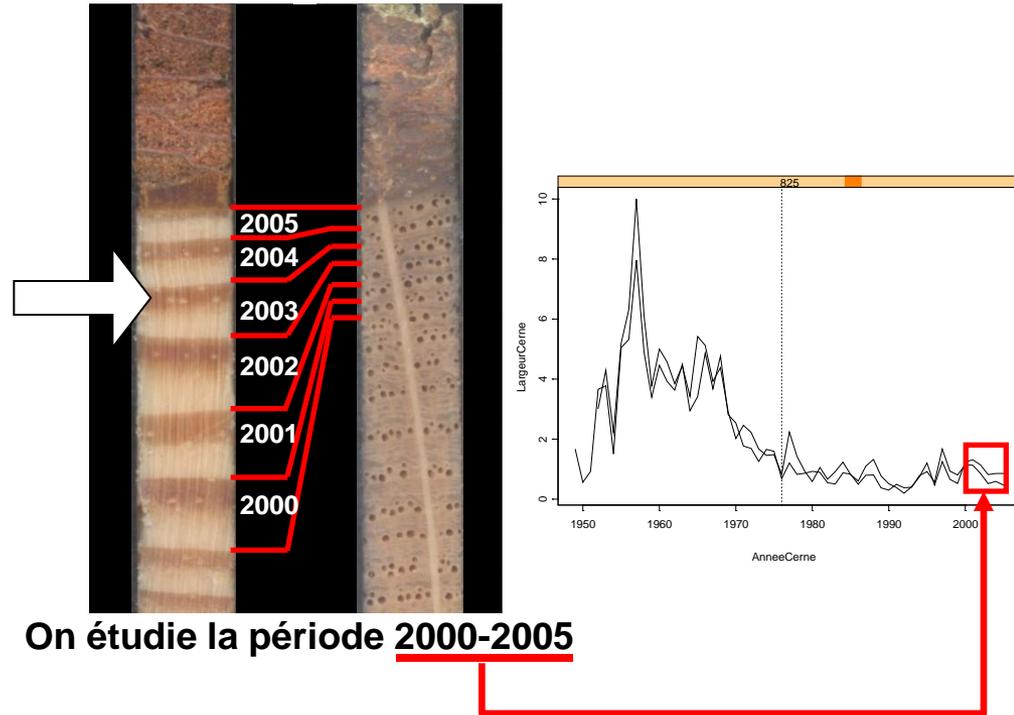
2 Exemple d'un premier modèle spatialisé

Données de croissance

- 9 dispositifs sélectionnés (4 en 2006 et 5 en 2007)
- 30 arbres par espèce et par dispositif
- => Environ 270 chênes et 270 pins sondés



Prélèvement d'une carotte sur un pin sylvestre



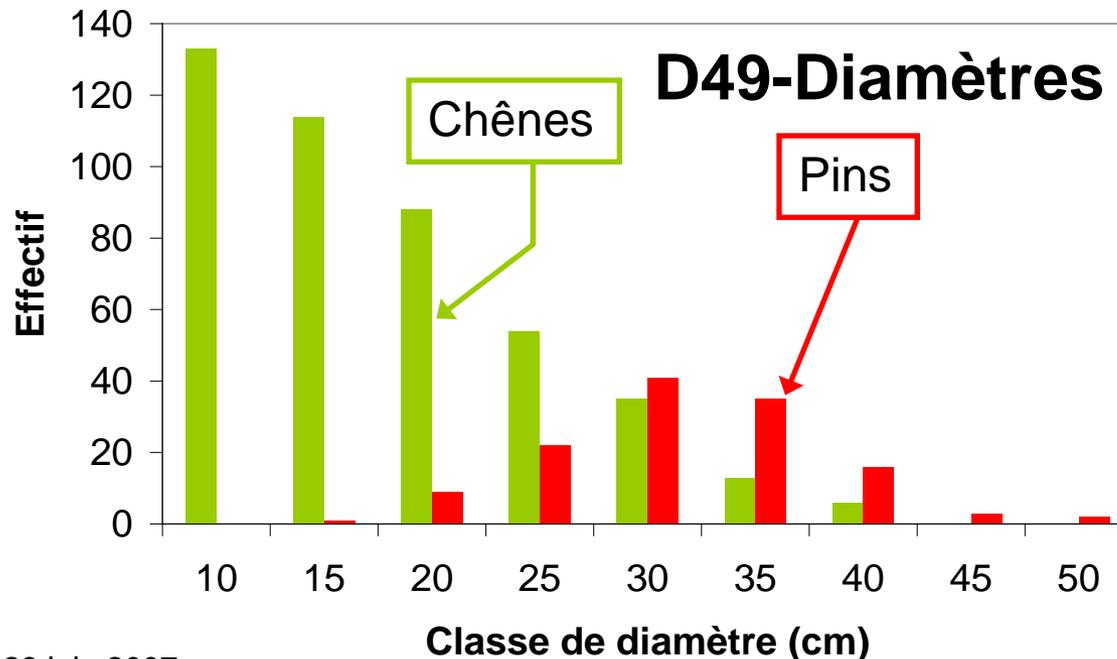
On étudie la période 2000-2005

2 Exemple d'un premier modèle spatialisé

Données de croissance

Les 4 dispositifs (116 pins, 101 chênes) utilisés dans la suite :

- Stations proches ;
- 2 types de répartition spatiale, agrégats ou pied à pied ;
- Distribution diam. des chênes plutôt irrégulière ;
- Distribution diam. des pins plutôt régulière ;

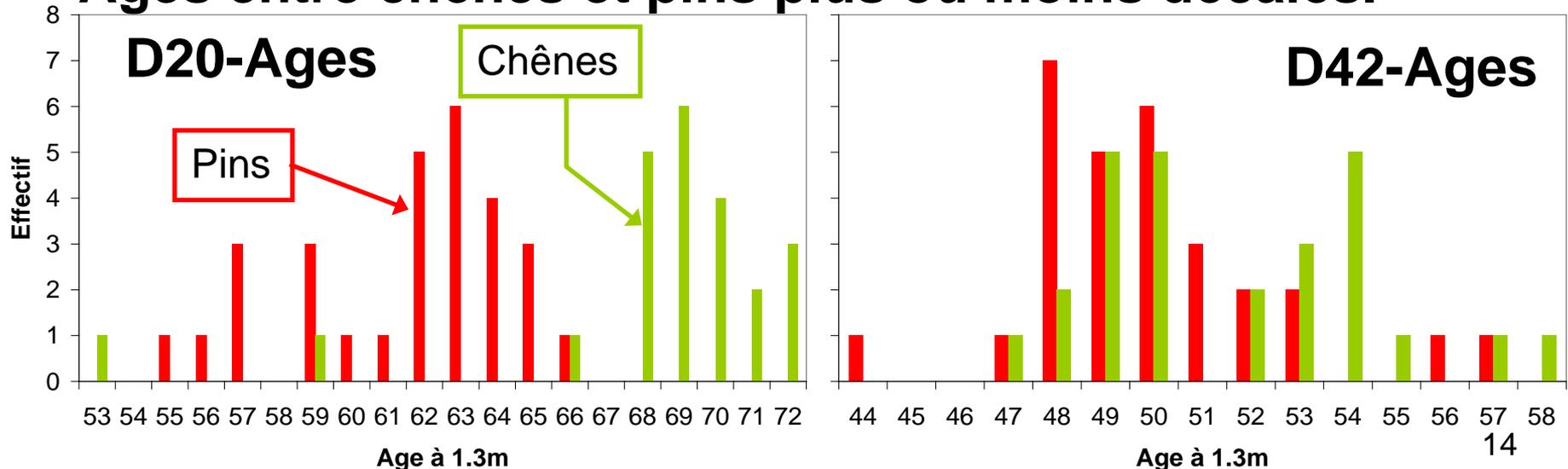


2 Exemple d'un premier modèle spatialisé

Données de croissance

Les 4 dispositifs (116 pins, 101 chênes) utilisés dans la suite :

- Stations proches ;
- 2 types de répartition spatiale, agrégats ou pied à pied ;
- Distribution diam. des chênes plutôt irrégulière ;
- Distribution diam. des pins plutôt régulière ;
- Ages entre chênes et pins plus ou moins décalés.

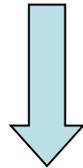
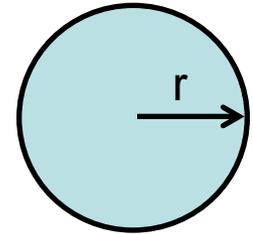


2 Exemple d'un premier modèle spatialisé

Interactions intra et inter spécifiques ?

Utilisation d'un indice de compétition local (IC)

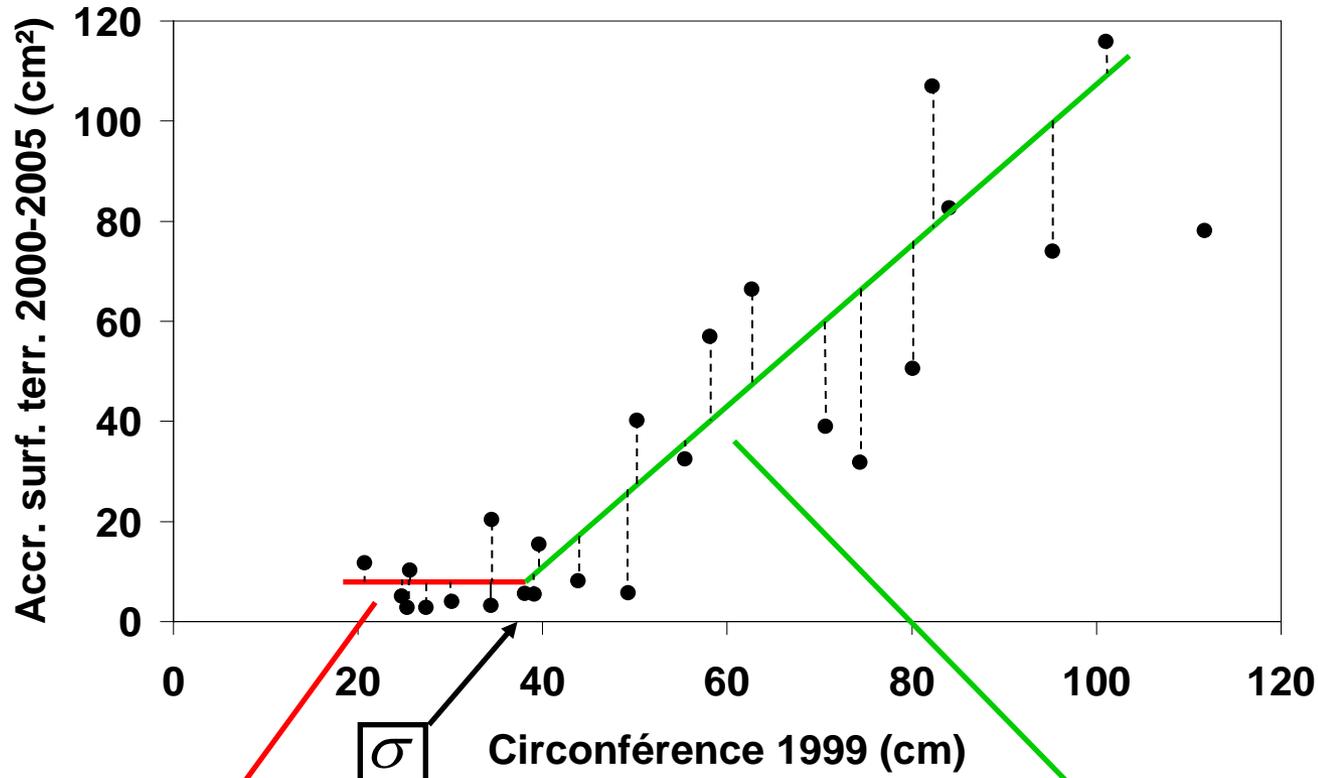
- Définition d'un voisinage = disque de rayon r
- 3 rayons testés : 5, 10 et 15m
- 3 populations distinguées : Tout, feuillus et résineux
- 7 types d'indices calculés (ex : surface terrière locale)



$7*3*3 = 63$ variables

2 Exemple d'un premier modèle spatialisé

Forme du modèle spatialisé : cas du chêne



modèle Dhôte (1991)

si $c_i \leq \sigma$

$$\frac{\Delta g_i}{\Delta t} = b + \varepsilon_i$$

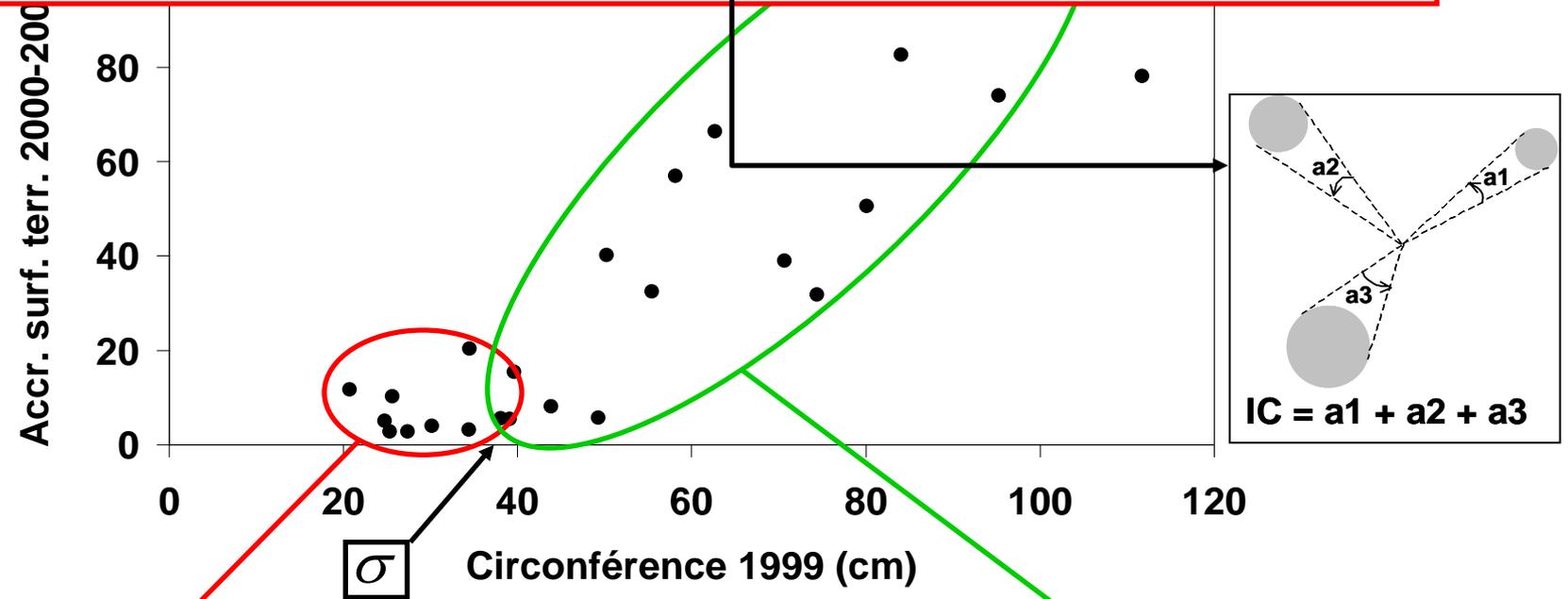
si $c_i > \sigma$

$$\frac{\Delta g_i}{\Delta t} = b + \gamma(c_i - \sigma) + \varepsilon_i$$

2 Exemple d'un premier modèle spatialisé

Forme du modèle spatialisé : cas du chêne

Voisinage retenu = Tous les arbres dans un disque de rayon 10m
 Indice retenu = La somme des angles



si $c_i \leq \sigma$

$$\frac{\Delta g_i}{\Delta t} = \max [0, b + \alpha IC_i] + \varepsilon_i$$

si $c_i > \sigma$

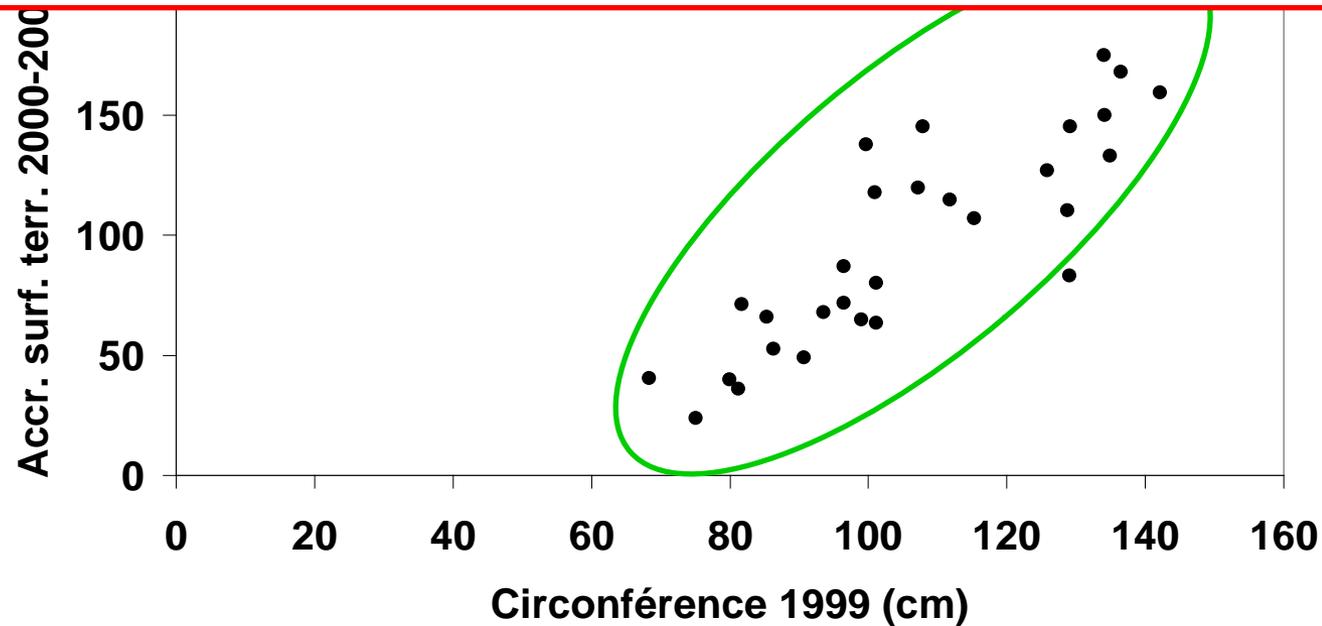
$$\frac{\Delta g_i}{\Delta t} = \max [0, b + \gamma_k (c_i - \sigma) + \alpha IC_i] + \varepsilon_i$$

Effet dispositif

2 Exemple d'un premier modèle spatialisé

Forme du modèle spatialisé : cas du pin

Voisinage retenu = Les résineux dans un disque de rayon 10m
Indice retenu = La somme des surfaces terrières



$$\text{si } c_i \leq \sigma$$

$$\frac{\Delta g_i}{\Delta t} = 0 + \varepsilon_i$$

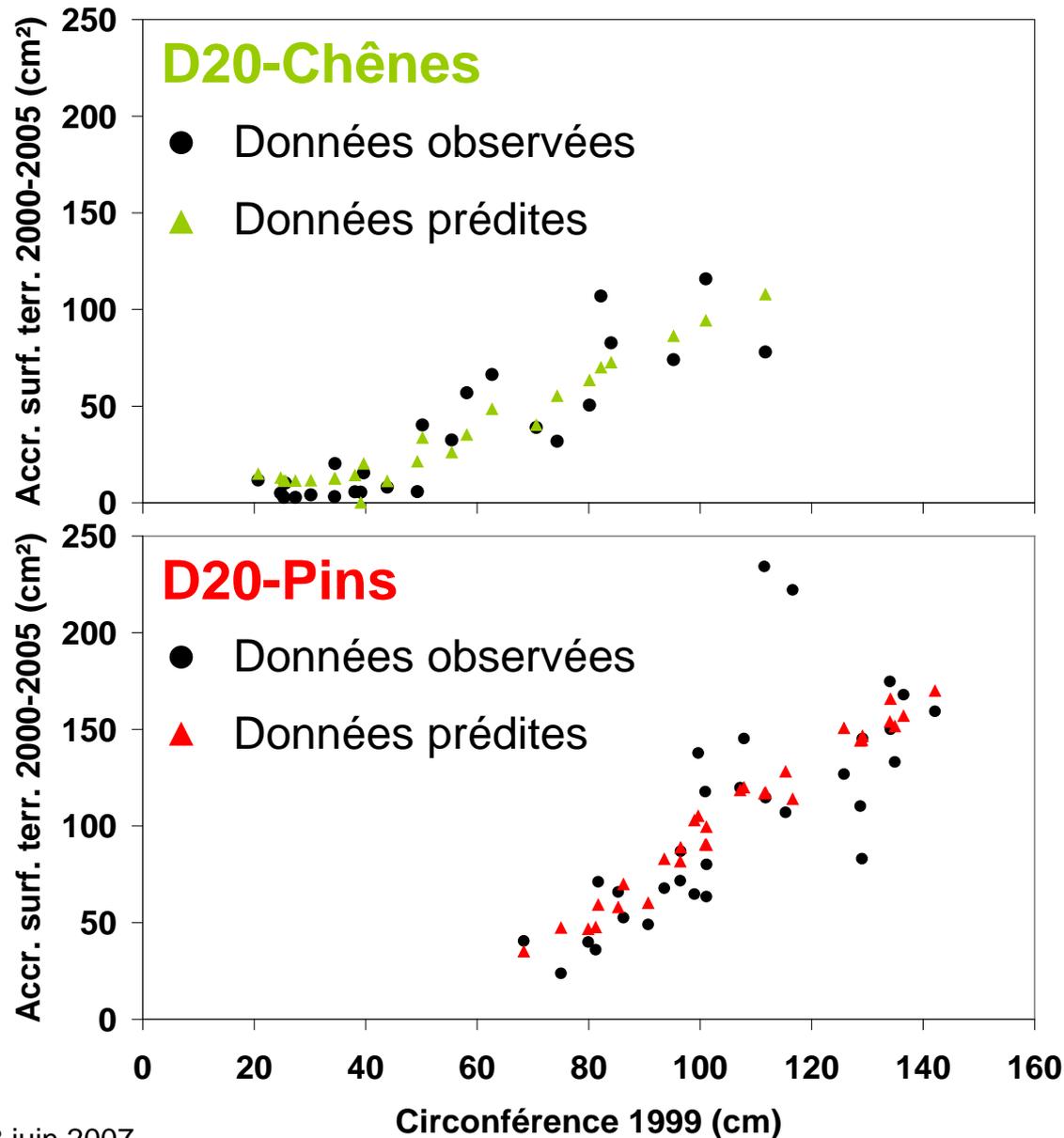
$$\text{si } c_i > \sigma$$

$$\frac{\Delta g_i}{\Delta t} = \max[0, \gamma(c_i - \sigma_k) + \alpha IC_i] + \varepsilon_i$$

Effet dispositif

2 Exemple d'un premier modèle spatialisé

Résultats sur un dispositif



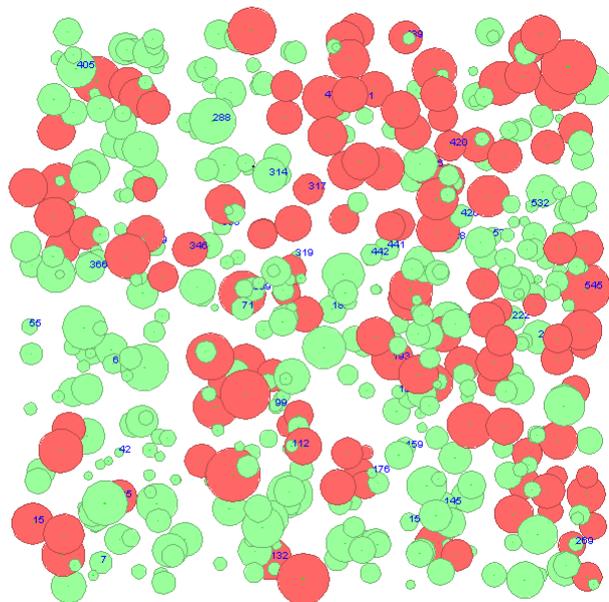
2 Exemple d'un premier modèle spatialisé

En résumé sur la compétition

- L'influence du voisinage s'exerce jusqu'à 10 m ;
- l'IC local explique une faible part de la croissance ;
- sur les chênes : ensemble des arbres ;
- sur les pins : les pins exercent la plus forte compétition.

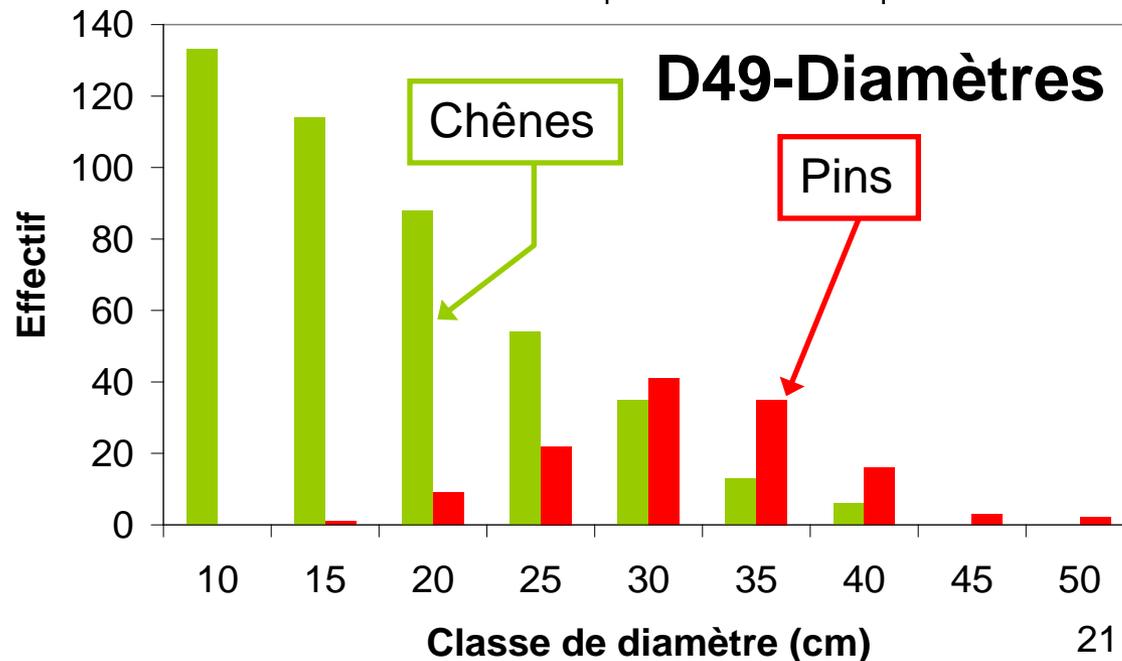
3 Exemples d'applications sous CAPSIS 4

Sur un cas réel



D49, 1ha (Parcelle 255)

	Chêne	Pin
N	447	129
G (m²/ha)	13	11
Dg	19 cm	32 cm
Ddom	29 cm	34 cm
Age à 130cm	67 ± 8	62 ± 6



3 Exemples d'applications sous CAPSIS 4

Production et devenir de ce mélange

Quelle est la production en surface terrière de ce mélange ?

Total 0.74, chêne 0.46 et pin 0.28 m²/ha/an

Quel devenir pour ce mélange ?

Diamètre d'exploitabilité du Chêne : 65 cm (max 250 ans)

Diamètre d'exploitabilité du pin : 50 cm (max 120 ans)

En première approximation, au bout de 40 ans :

- le pin atteint un diamètre exploitable ;**
- le chêne serait à environ 40 cm de diamètre (Dg).**

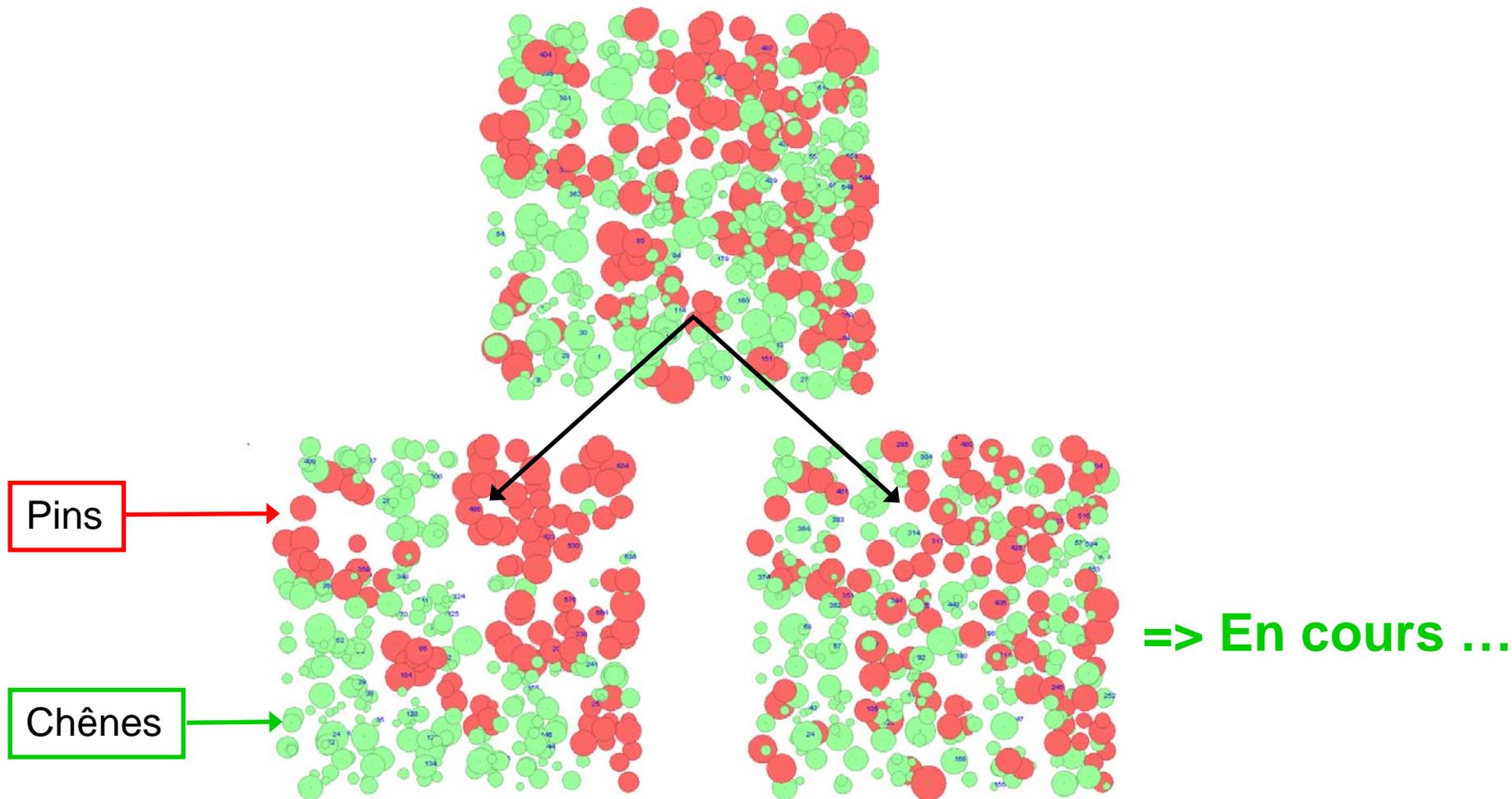
=> Peuplement pur de chêne

=> Autres alternatives ?

3 Exemples d'applications sous CAPSIS 4

Stratégie de martelage

Mélange pied à pied ou noyaux monospécifiques ?



CONCLUSION

Le choix du niveau de détail

=> Des implications fortes sur l'utilisation du modèle

Un premier modèle spatialisé :

=> Précision des interactions intra et inter spécifiques

=> Applications sur la croissance

=> Outil de réflexion pour le martelage

PERSPECTIVES

Construction et comparaison des différents modèles

Intégration de la régénération

(Etude de la régénération en cours)

REFERENCES CITEES

- Andreassen, K. et S. M. Tomter (2003). "Basal area growth models for individual trees of Norway spruce, Scots pine, birch and other broadleaves in Norway." *Forest Ecology and Management* 180(1-3): 11-24.
- Botkin, D. B., J. F. Janak et J. R. Wallis (1972). "Some ecological consequences of a computer model of forest growth." *Journal of Ecology* 60: 849-872.
- Coligny, F. d., P. Ancelin, G. Cornu, B. Courbaud, P. Dreyfus, F. Goreaud, S. Gourlet-Fleury, C. Meredieu et L. Saint-Andre (2003). CAPSIS : Computer-Aided Projection for Strategies In Silviculture : Advantages of a shared forest-modelling platform. International Workshop of IUFRO working party 4.01 "Reality, models and parameter estimation", Sesimbra, Portugal, June 2-5, 2002, (eds) Modelling Forest Systems. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Dhote, J. F. (1991). "Modeling the Growth of Even-Aged Beech Stands - Dynamics of Hierarchical Systems and Yield Factors." *Annales Des Sciences Forestieres* 48(4): 389-416.
- Houllier, F., J. Bouchon et Y. Birot (1991). "Modélisation de la dynamique des peuplements forestiers : état et perspectives." *Revue Forestière Française* XLIII(2): 87-108.
- IFN (2006). La forêt française en 2005. Nogent-sur-Vernisson, IFN: 113 p.
- Lee, W. K., K. von Gadow, D. J. Chung, J. L. Lee et M. Y. Shin (2004). "DBH growth model for *Pinus densiflora* and *Quercus variabilis* mixed forests in central Korea." *Ecological Modelling* 176(1-2): 187-200.
- Monserud, R. A. et H. Sterba (1996). "A basal area increment model for individual trees growing in even- and uneven-aged forest stands in Austria." *Forest Ecology and Management* 80(1-3): 57-80.
- Porté, A. et H. H. Bartelink (2002). "Modelling mixed forest growth: a review of models for forest management." *Ecological Modelling* 150(1-2): 141-188.
- Pretzsch, H., P. Biber et J. Dursky (2002). "The single tree-based stand simulator SILVA: construction, application and evaluation." *Forest Ecology and Management* 162(1): 3-21.
- Trasobares, A., T. Pukkala et J. Muna (2004). "Growth and yield model for uneven-aged mixtures of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus nigra* Arn. in Catalonia, north-east Spain." *Annals of Forest Science* 61(1): 9-24.
- Ulrich, E., J. P. Renaud, L. M. Nageleisen, J. L. Flot, G. Dumé, I. Bilger, E. Colin, P. Ferrand, J. L. Peyron et N. Hamza (2006). Les indicateurs de gestion durable des forêts française - édition 2005, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, IFN. 148 p.
- Vanclay, J. K. (1989). "A growth model for north Queensland rainforests." *Forest Ecology and Management* 27(3-4): 245-271.
- Wykoff, W. R. (1990). "A basal area increment model for individual conifers in the northern Rocky Mountains." *Forest Science* 36(4): 1077-1104.