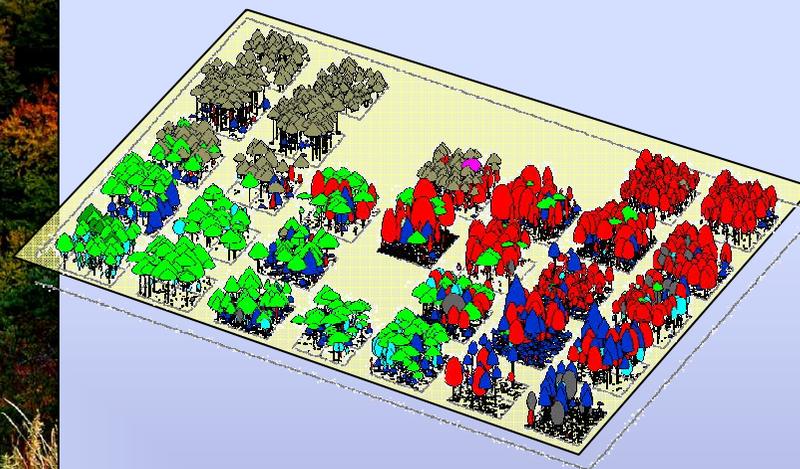


Dynamiques du Sapin, du Hêtre et des Pins dans l'arrière-pays méditerranéen : de la Modélisation à l'aide à la Gestion



Philippe DREYFUS, INRA Avignon

* Unité de Recherches Forestières Méditerranéennes (UR 629)

Domaine Saint Paul, Site Agroparc 84914 AVIGNON CEDEX 9

Tél: 04 32 72 29 09, Fax: 04 32 72 29 02, dreyfus@avignon.inra.fr

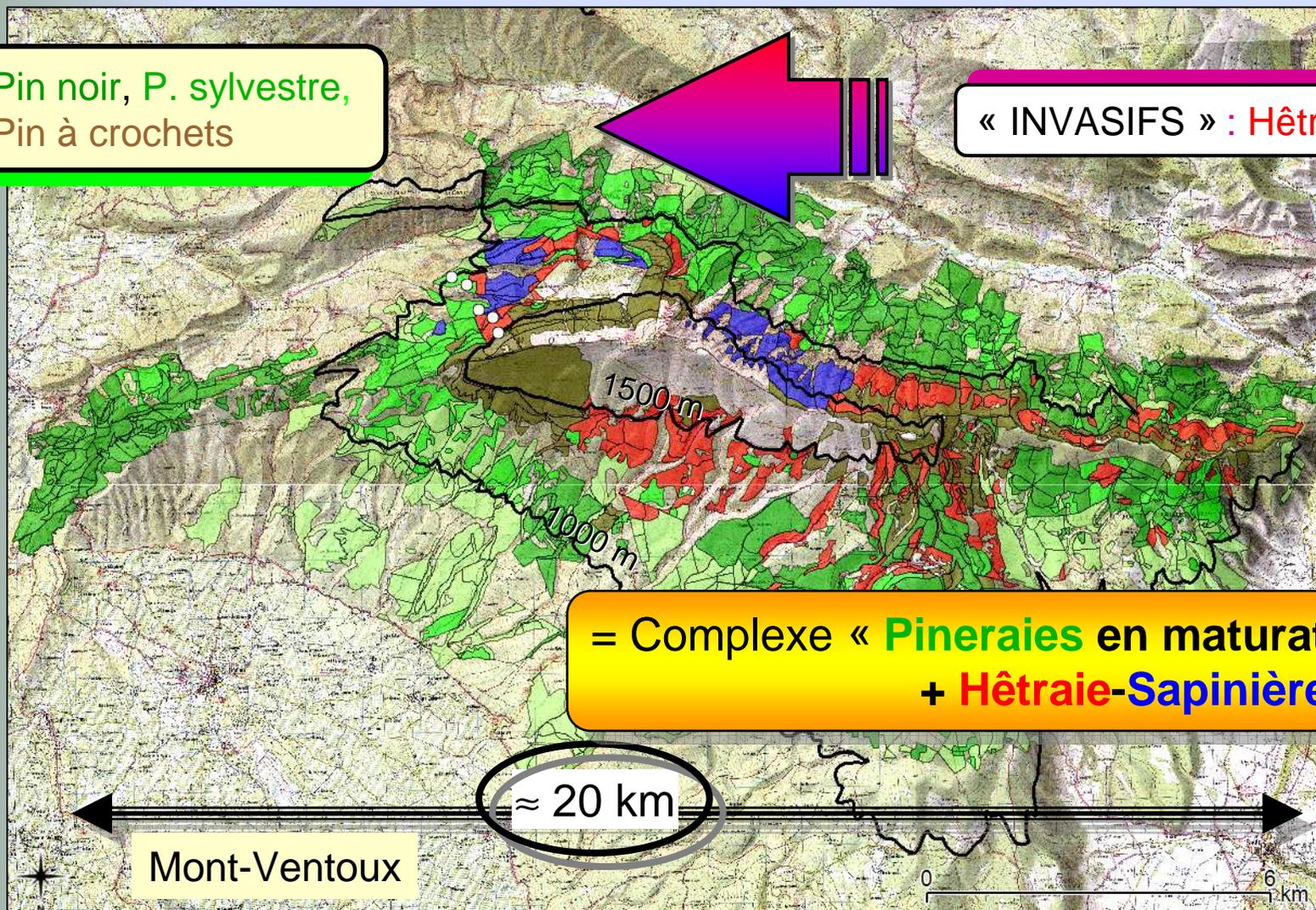
Dynamiques ...

Une Dynamique « de Maturation »

à l'échelle de la Forêt, sur Quelques Générations d'arbres

Pin noir, P. sylvestre,
Pin à crochets

« INVASIFS » : Hêtre, Sapin



Régénération vigoureuse de Sapin et Hêtre -> aussi haute que les vieux pins



... mais une « Dynamique » de Dépérissement
de certaines sapinières sub-méditerranéennes



*Photo : Marc Delahaye
ONF Manosque*

Un modèle ...

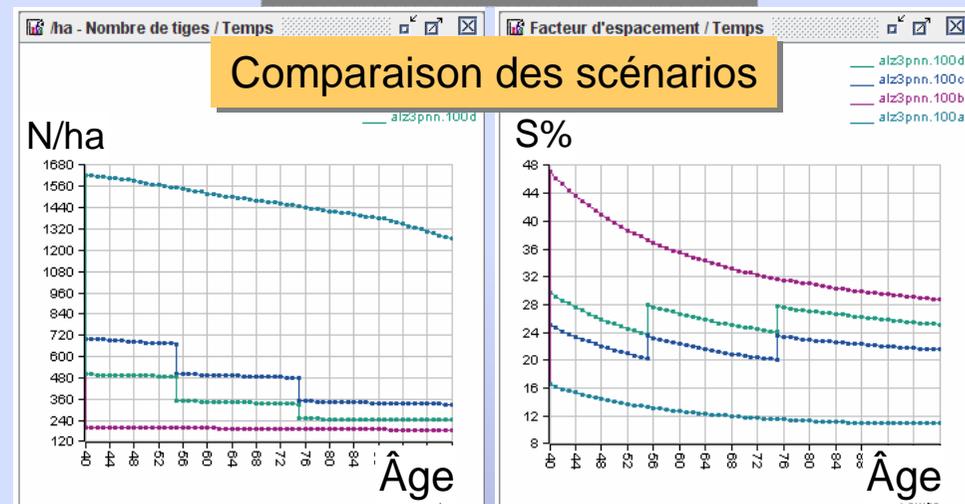
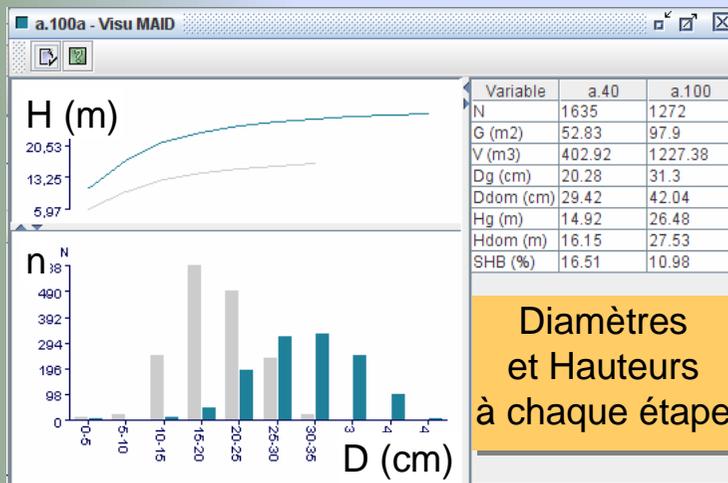
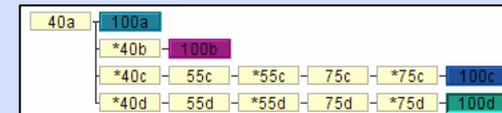
« Qu'est-ce que ça sait faire ? »

Le cas « Simple » des Peuplements Homogènes (≈ purs, équiennes) :

ex. : futaie régulière de Pin noir (plantée)

Modèle -> Croissance et Mortalité (*régénération = période très courte du cycle*)

-> Choix parmi divers Scénarios Sylvicoles :



Évolution des caractéristiques dendrométriques par scénario

Date	N/ha	Ho	Hg	G/ha	S	Do	Dg	Vg	N/ha	Dg	V prod/ha	G prod/ha
Peuplement	Eclaircie	Eclaircie	Production	Production								
40	1624	16.15	14.92	52.48	16.51	29.42	20.28	0.247			400.32	52.48
40	500	16.15	15.68	25.33	29.73	29.42	25.38	0.403	1123	17.54	400.32	52.48
55	488	20.51	20.02	40.54	23.70	36.90	32.50	0.807			597.92	68.31
55	349	20.51	20.18	31.74	28.02	36.90	33.99	0.884	139	28.39	597.92	68.31
75	330	24.47	24.18	42.50	24.14	43.48	40.44	1.437			785.67	81.11
75	250	24.47	24.29	33.53	27.75	43.48	41.29	1.499	80	37.67	785.67	81.11
100	241	27.51	27.31	40.92	25.14	48.66	46.46	2.068			925.19	89.81

Voir :

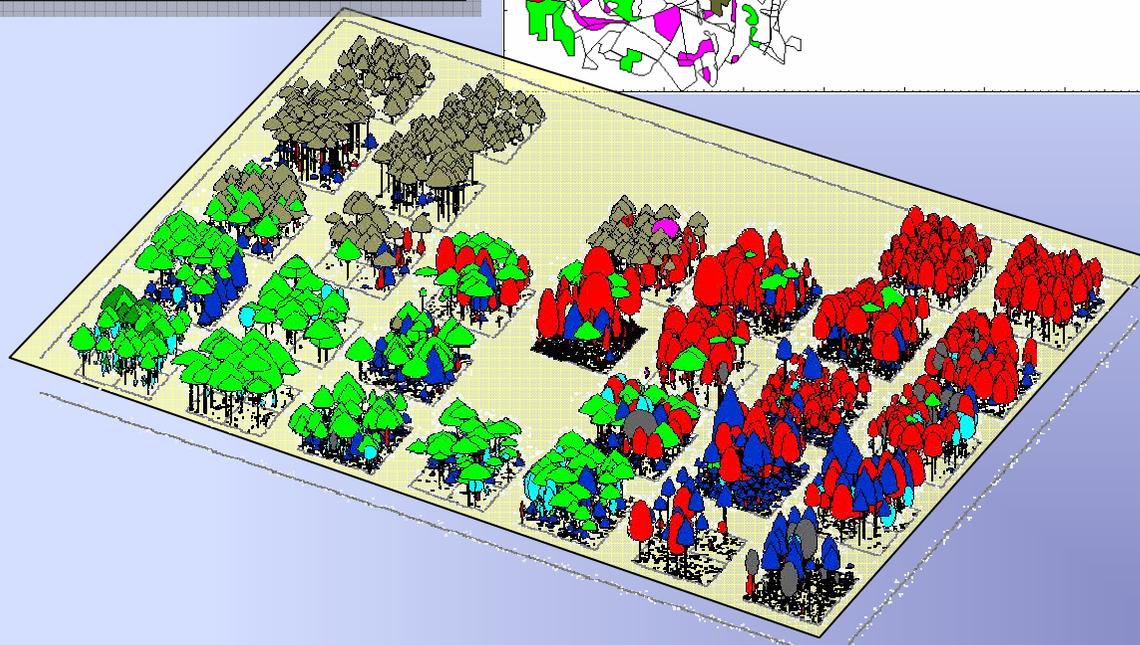
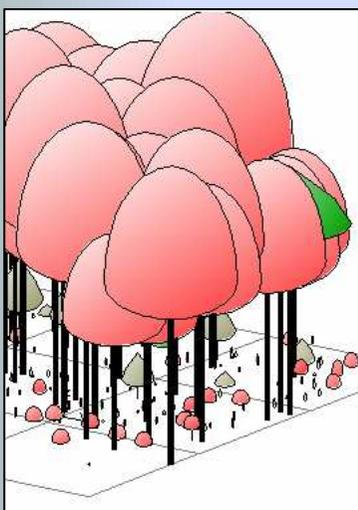
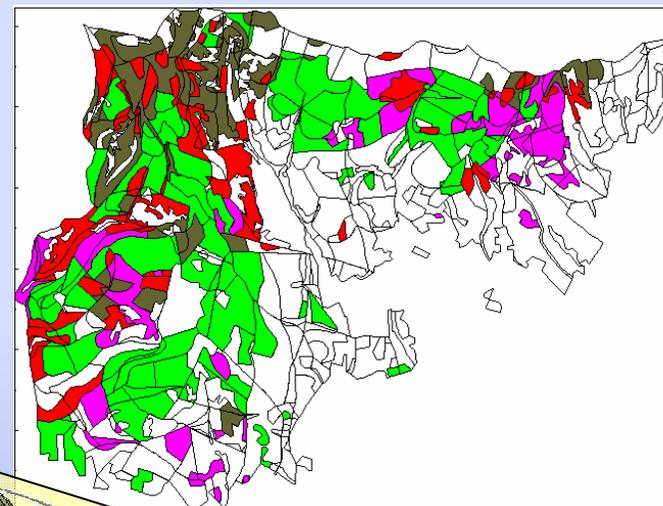
- Pérot, T. & Ginisty C., 2004. *Bilan et perspectives sur les modèles de croissance, de dynamique forestière et de qualité des bois*. Rapport de convention Cemagref/DGFAR. Nogent-sur- Vernisson, Cemagref. 190p.

- Site Web de l'IEFC (Institut Européen de la Forêt Cultivée), <http://www.pierroton.inra.fr/IEFC/>, rubrique « Modèles »

Les cas « Complexes » : Peuplements Hétérogènes, Mélangés

Forêts « Hétérogènes » =

- Mélanges d'**Espèces**,
d'**Âges**
de **Dimensions**.
- Empilement de **Strates** +/- différenciées.
- **Mosaïque** spatiale de situations variées,
à différentes échelles.



Exemples de Simulations ...

Complexe « **Pineraies** en maturation
+ **Hêtraie-Sapinière** »

Modèle « **Ventoux** »

Plate-forme Capsis <http://capsis.free.fr>

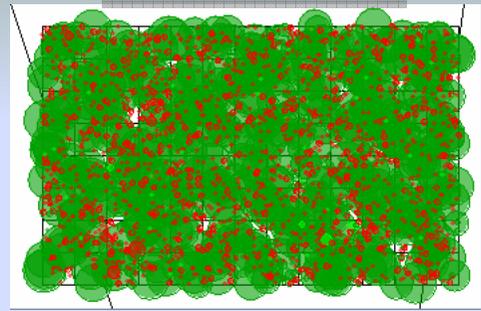
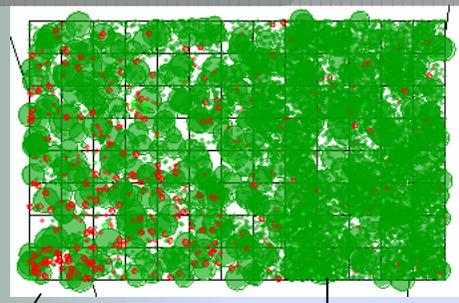
Responsable : François de Coligny (INRA)

UMR « botAnique et bioinforMatique de l'Architecture des Plantes (AMAP) - Montpellier.

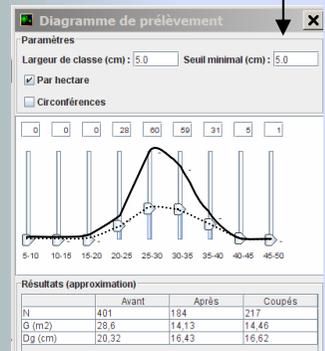
À l'échelle d'une (petite) PARCELLE

à + 100 ans

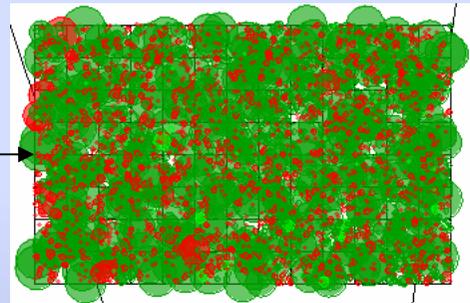
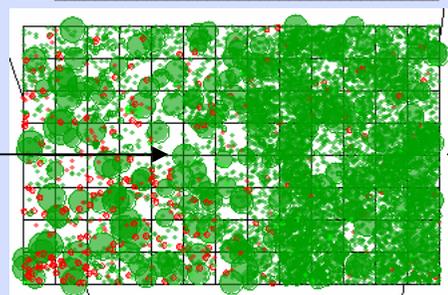
sans intervention



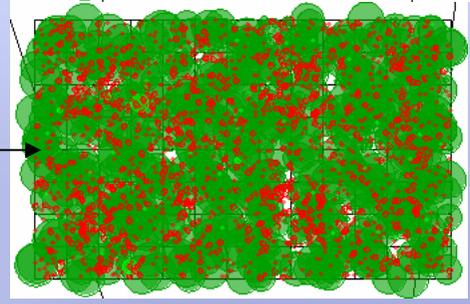
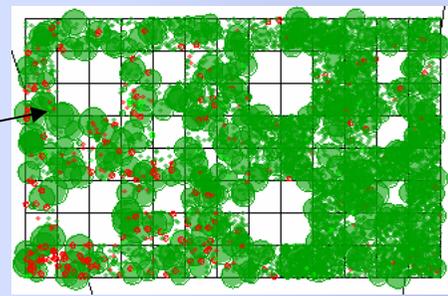
Après Coupe :
(1 seule en 100 ans !)



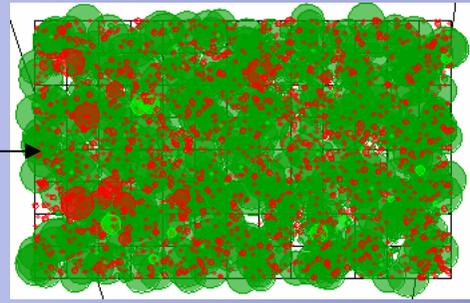
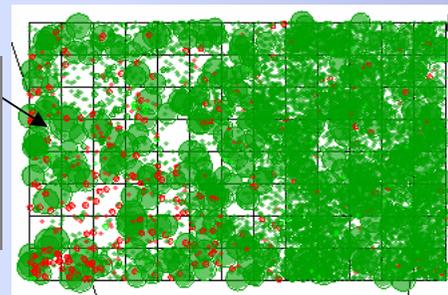
Coupe +/-
uniforme :



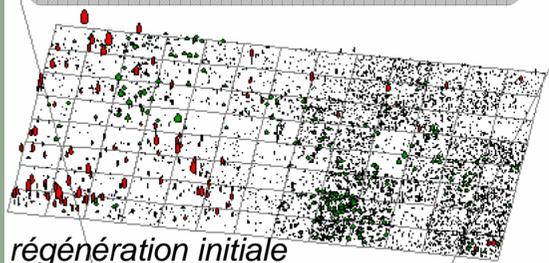
Trouées :



Trouées,
en gardant les
arbres < 5 m :



... Régénération :



Sans coupe :

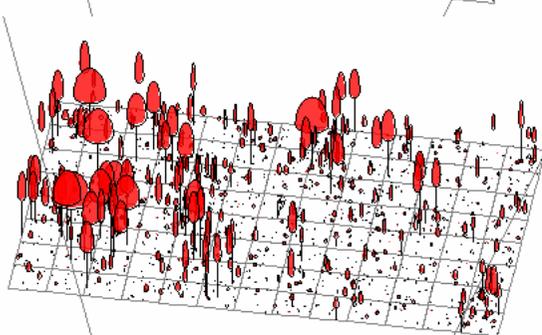
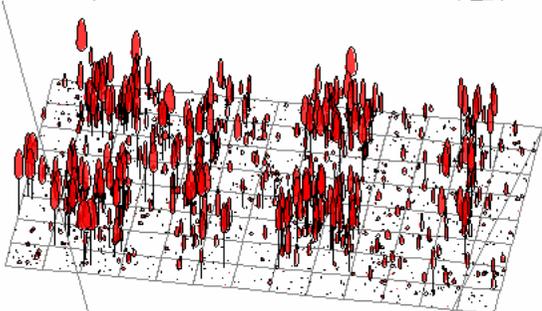
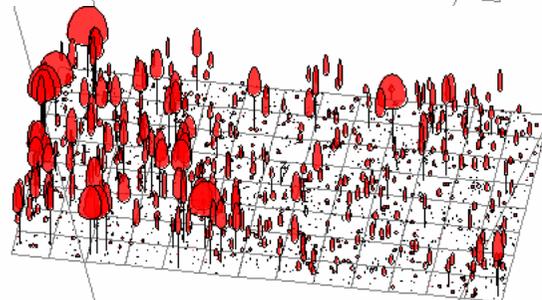
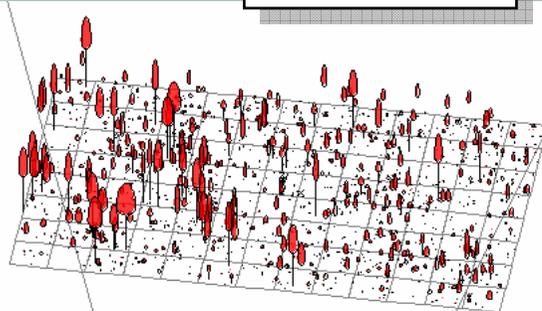
Coupe +/- uniforme :

Trouées :

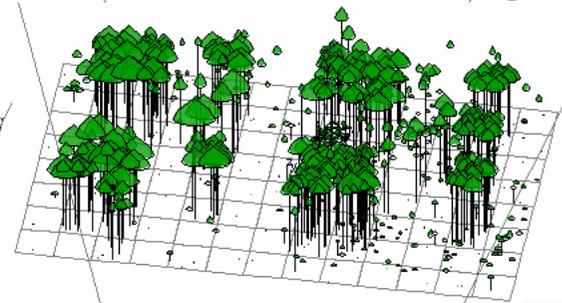
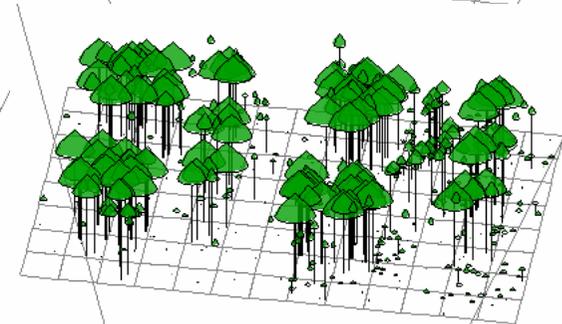
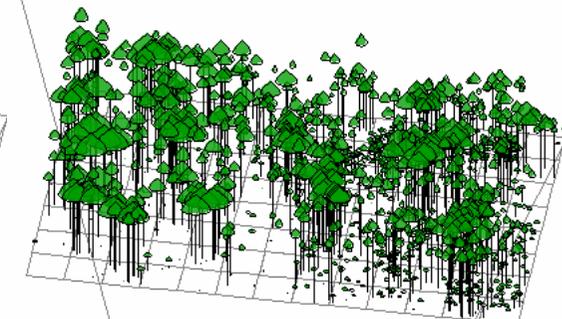
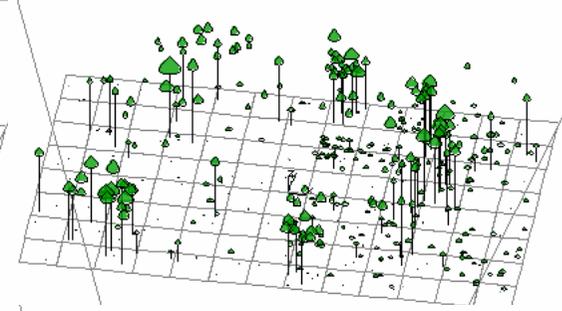
Trouées, en gardant les arbres < 5 m :

Hêtre

à + 100 ans :



Pin noir (hors couvert initial)

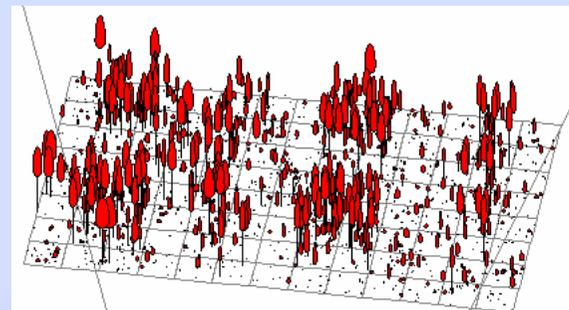
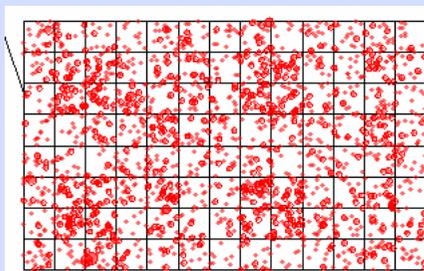
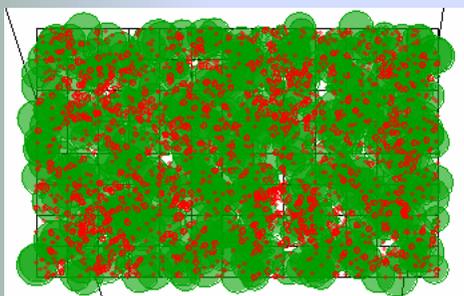


Importance des **Sources Externes** (= semenciers hors parcelle)

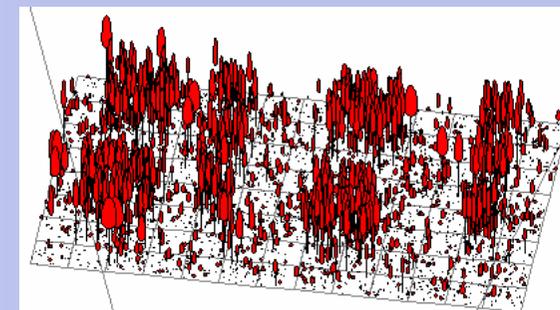
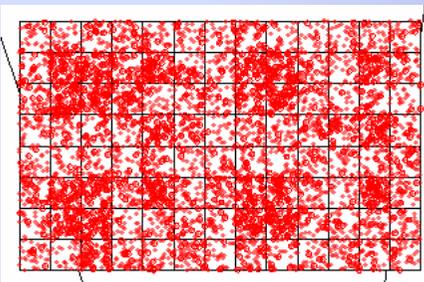
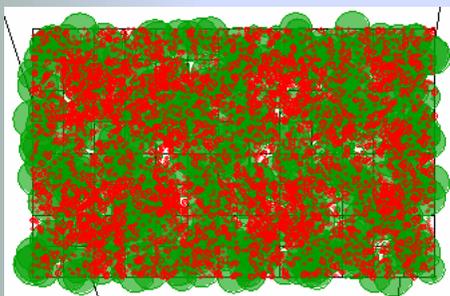
Hêtre + Pin noir

100 ans après les trouées initiales

Recrutement local uniquement



Flux de Hêtre x 3 (\Leftrightarrow flux entrant = 2 x recrutement « autochtone »)



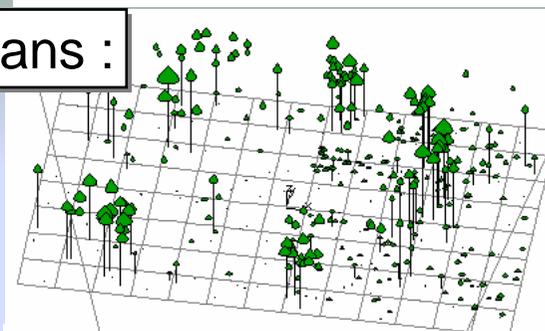
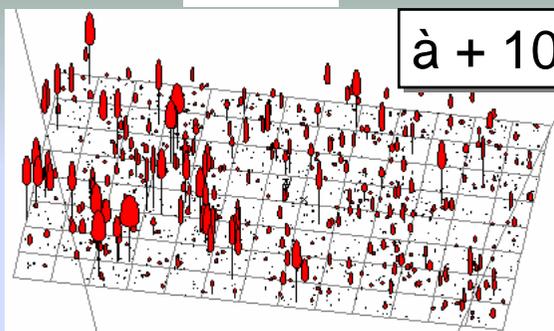
Importance de la Sylviculture

Hêtre

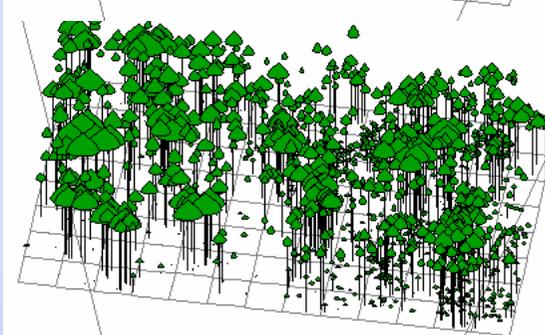
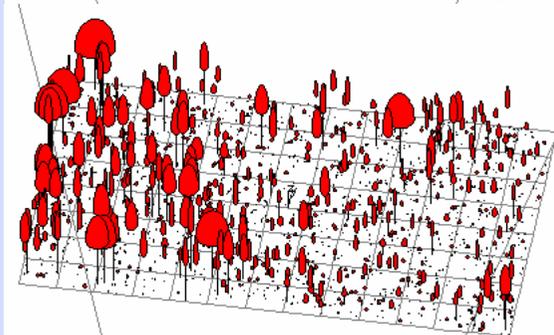
Pin noir (hors couvert initial)

à + 100 ans :

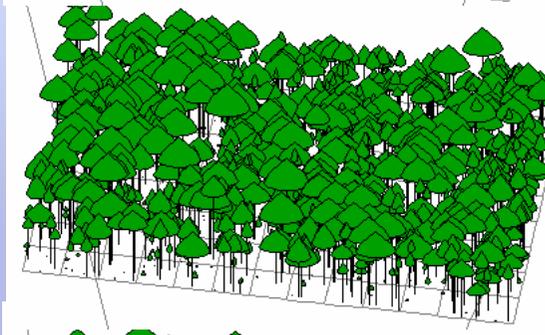
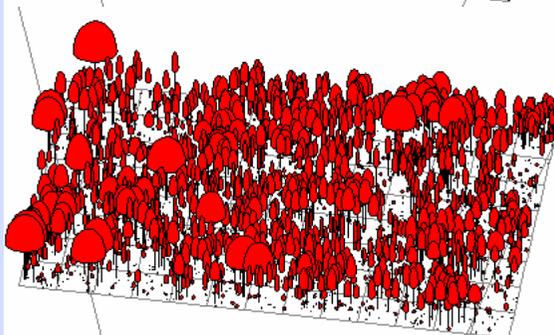
Aucune coupe :



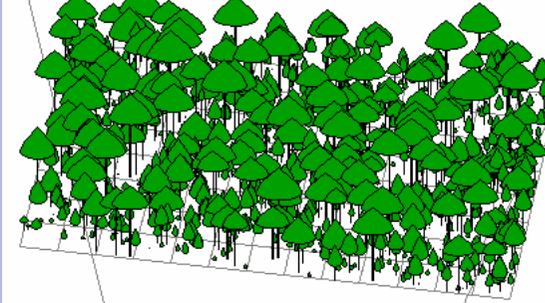
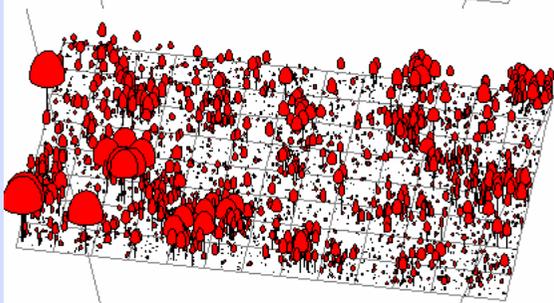
1 seule coupe :



4 Coupes fortes
... puis rien sur 45 ans :

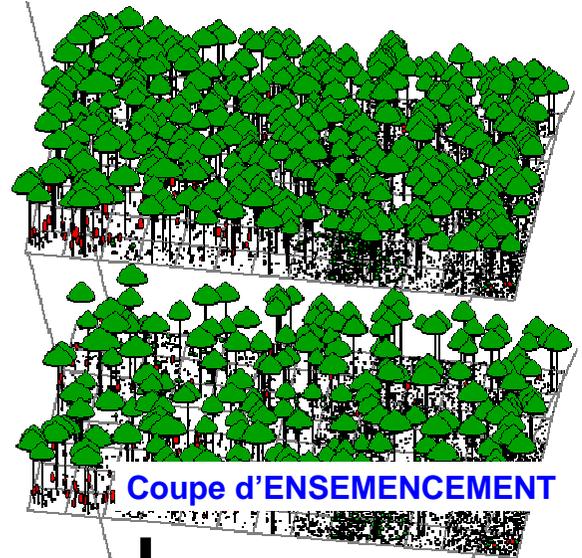


6 Coupes fortes
($20 \text{ m}^2 < G/\text{ha} < 40 \text{ m}^2$)
y compris
dans le sous-étage :



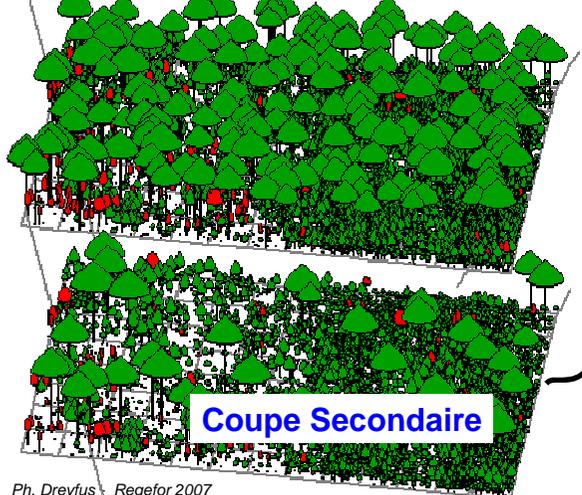
Sylviculture plus réaliste :

Peuplement Initial :



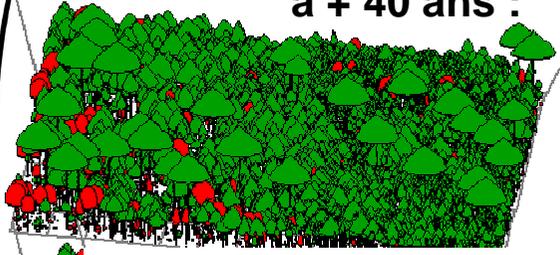
Coupe d'ENSEMENCEMENT

à + 15 ans :



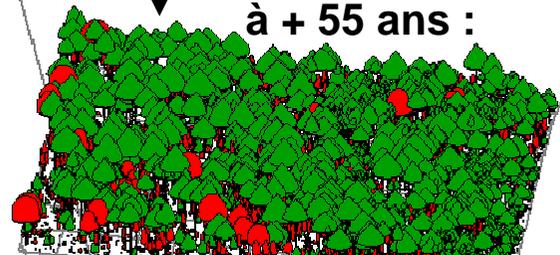
Coupe Secondaire

à + 40 ans :



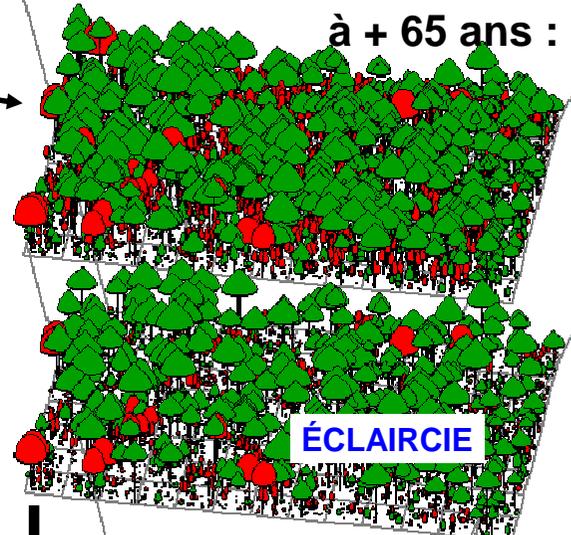
Dépressage
(et suppr. derniers semenciers)

à + 55 ans :



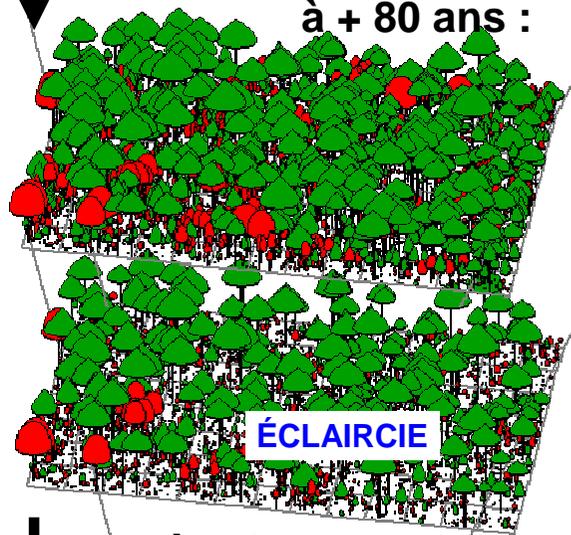
ÉCLAIRCIE

à + 65 ans :



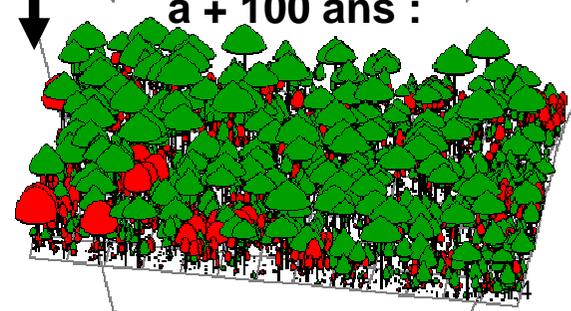
ÉCLAIRCIE

à + 80 ans :

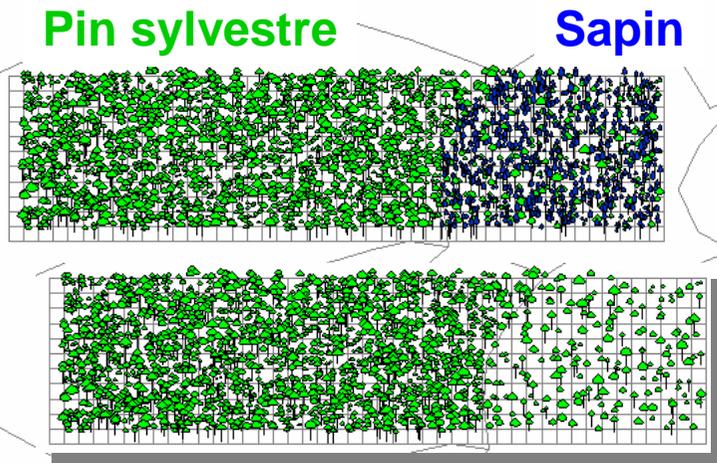
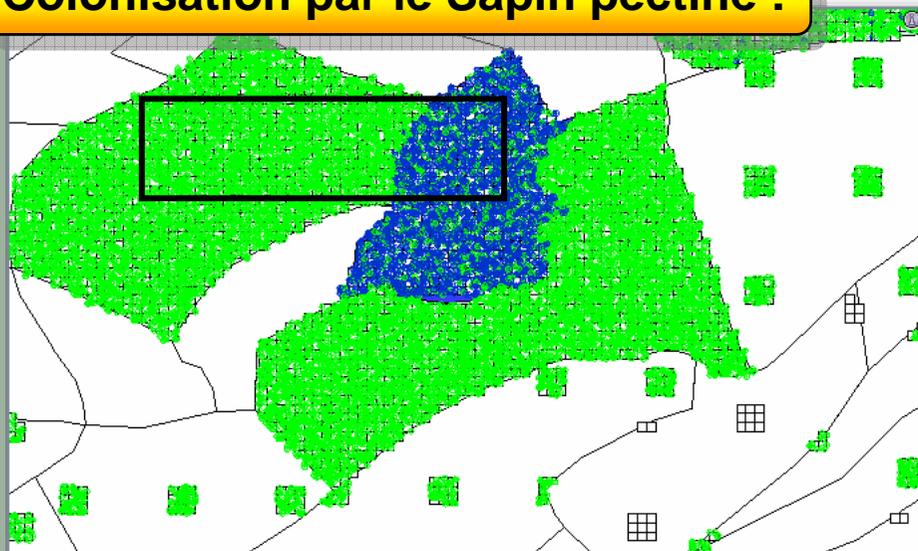


ÉCLAIRCIE

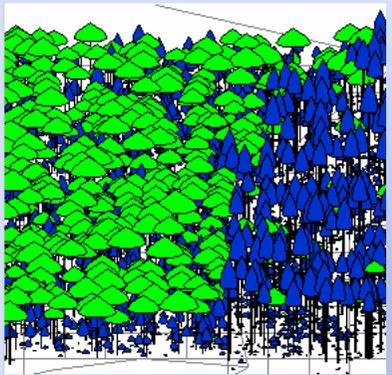
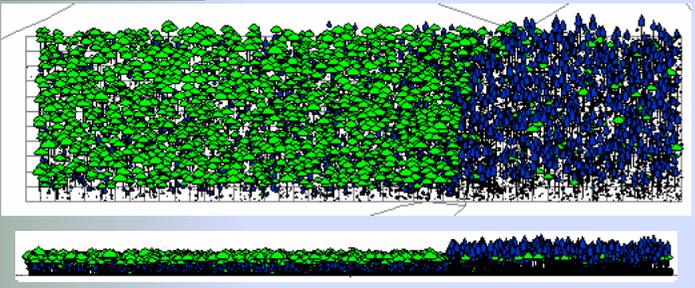
à + 100 ans :



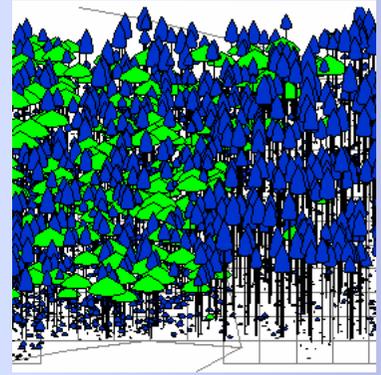
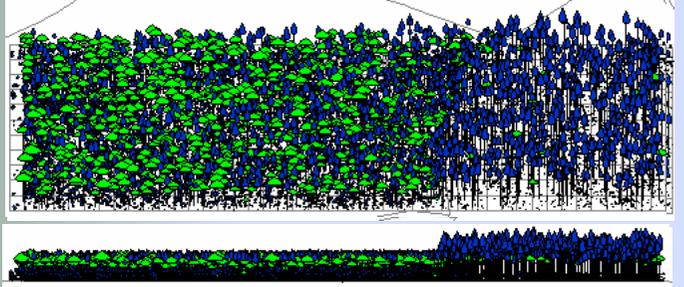
Colonisation par le Sapin pectiné :



à + 50 ans :



à + 100 ans :



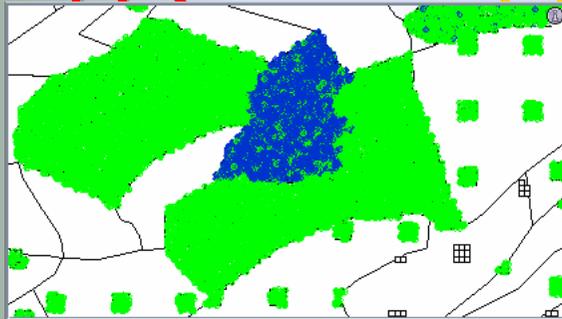
Ph. Dreyfus - Regefor 2007

« Échantillonnage de l'espace » :

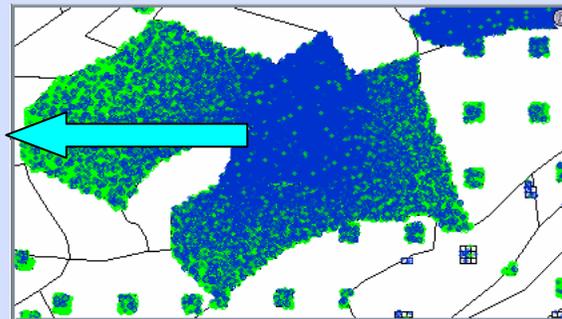
3 sous-parcelles
à grille complète

Autres sous-parcelles :
1 placette (de 9 ares)
tous les 120 m

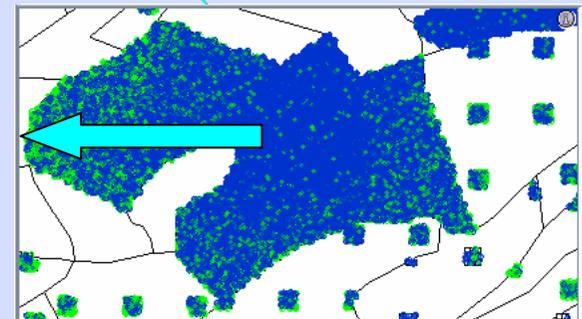
Gradient de colonisation
par le Sapin



2000

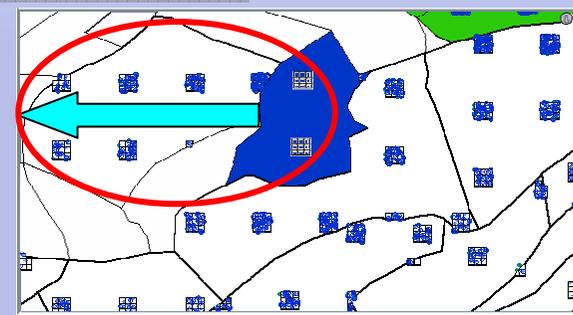
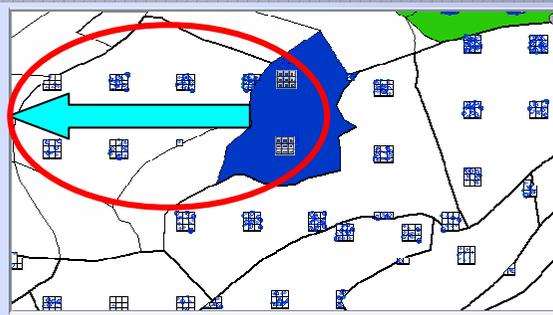
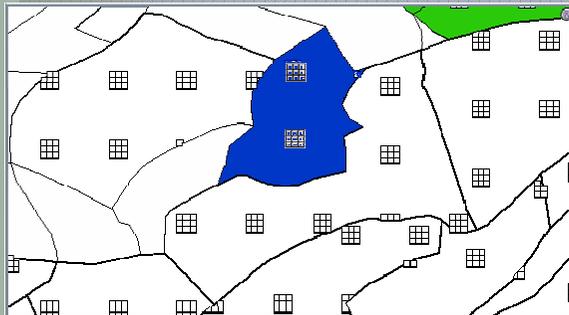


2015



2030

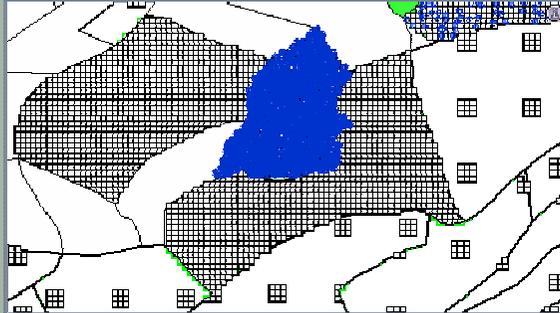
Même résultat en échantillonnant **TOUTES** les sous-parcelles :



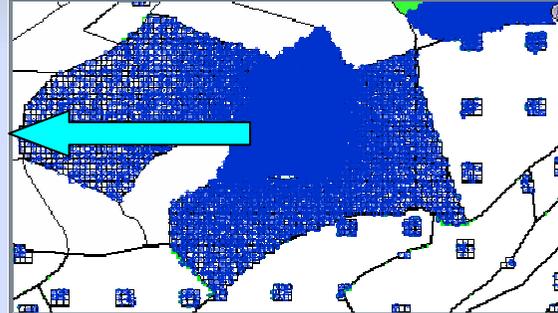
=> simulation plus rapide ET **description + proche d'un inventaire réel**

« Échantillonnage de l'espace » :

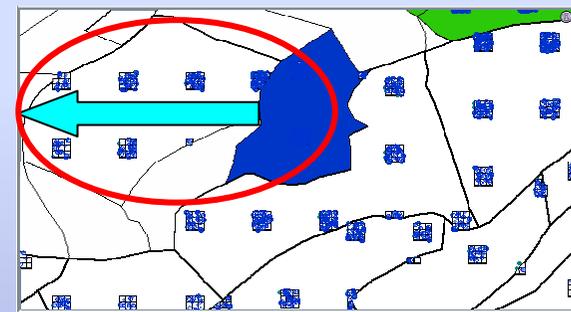
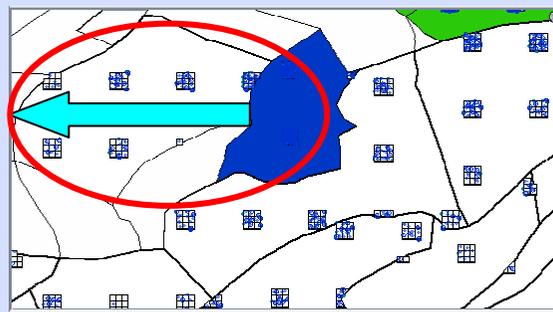
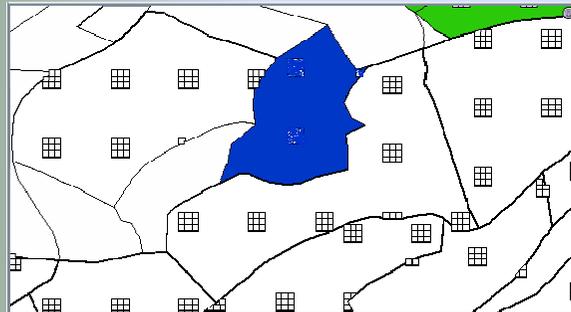
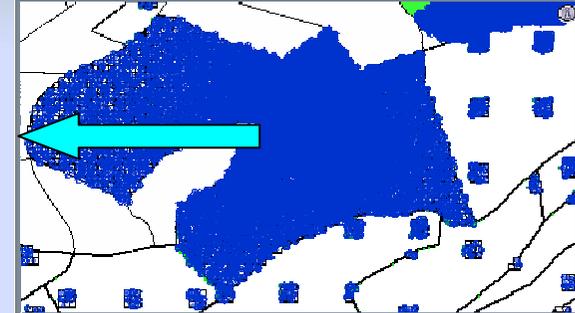
2000



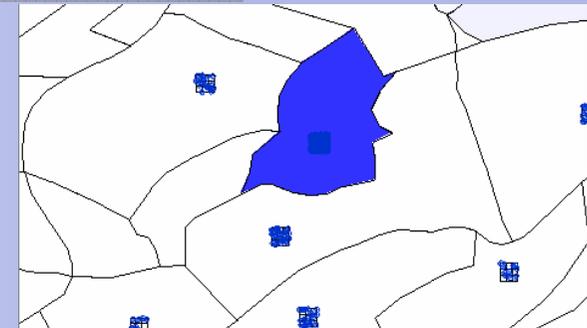
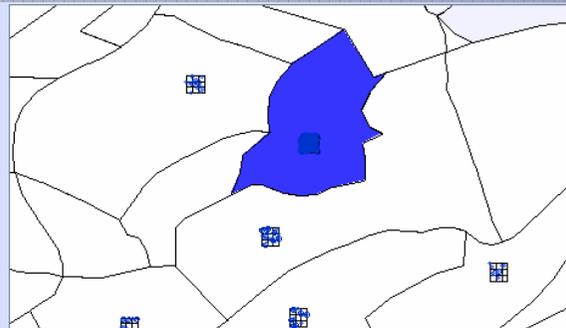
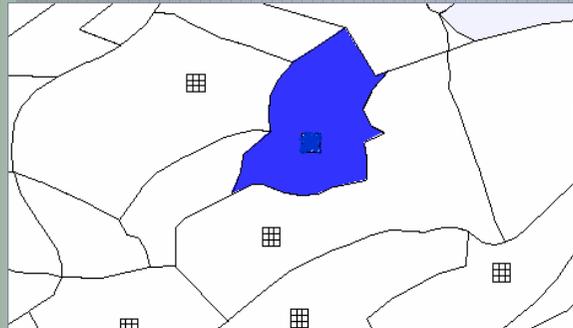
2015



2030



... mais si échantillonnage « minimaliste », \Rightarrow gradient invisible !



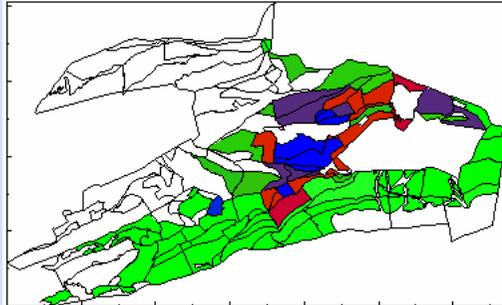
À l'échelle
d'une FORÊT

4 km x 6 km

SIMULATION de l'évolution des FORÊTS de Pins
sur le flanc Nord-Ouest du Mont-Ventoux :
colonisation par le Hêtre et le Sapin pectiné

2000

Pins
& Sapin
& Hêtre

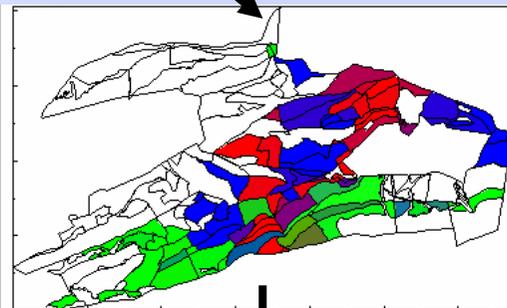
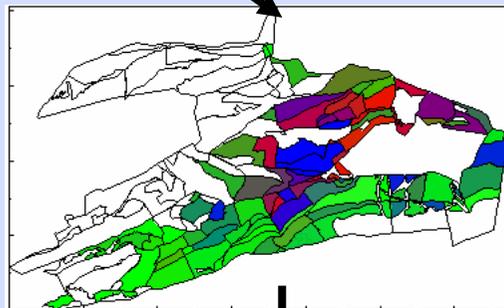


RÈGLES (rotation, nature, intensité
et critère de déclenchement des coupes)
APPLIQUÉES AUTOMATIQUEMENT
aux parcelles, à chaque pas de la simulation

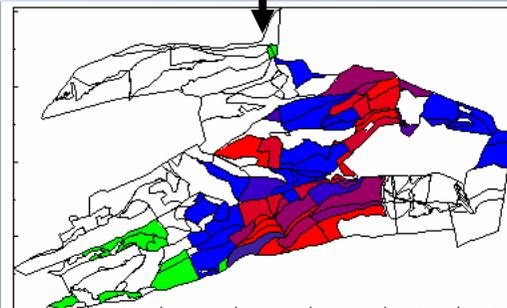
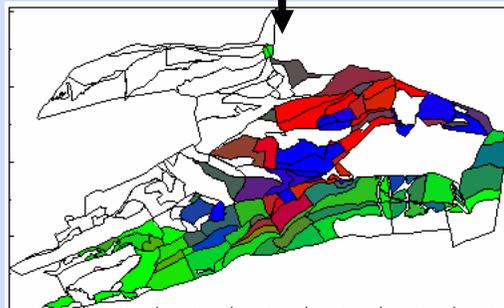
Évolution Naturelle

Gestion 1 (\approx rotation: 10 ans)

2050

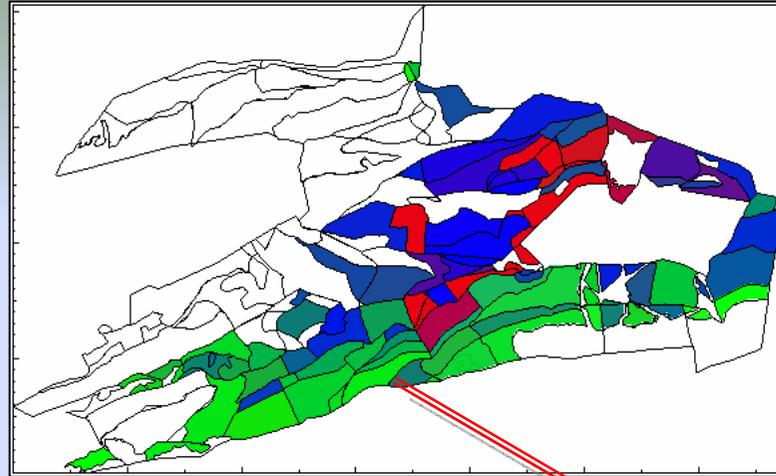


2100

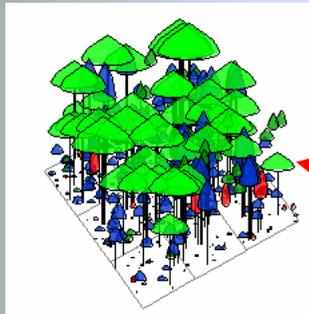
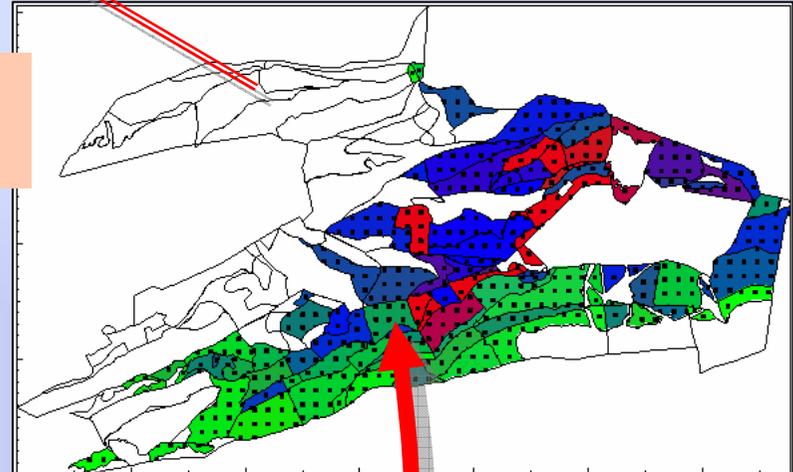


À l'échelle d'une FORÊT

L'évolution visualisée
au niveau de la Forêt ...

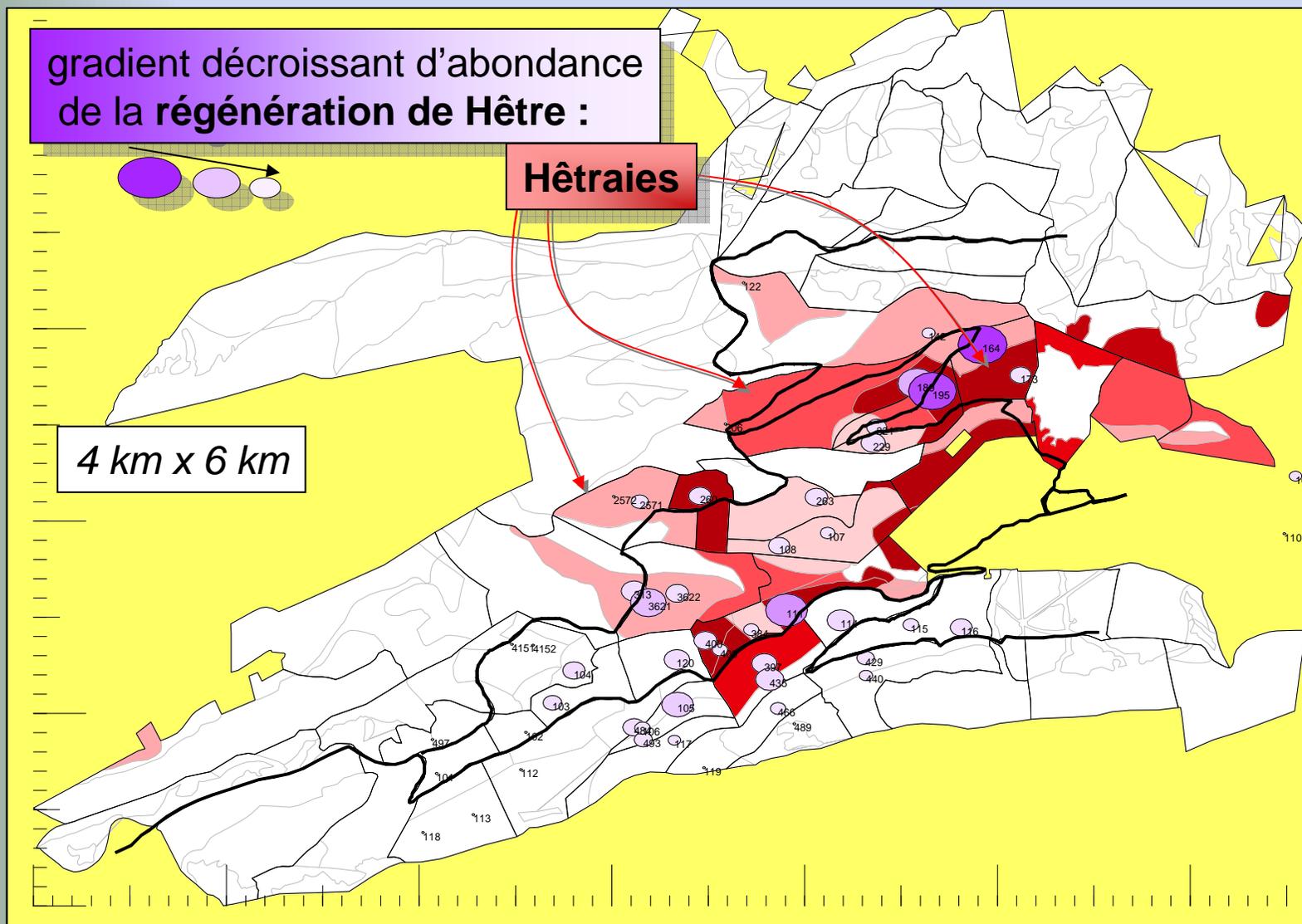


... correspond à l'évolution simulée
pour chacune des Placettes « en interaction » ...



À l'échelle
d'une FORÊT

... Cette évolution est fonction
de la répartition spatiale des sources de graines



**« de la Modélisation
à l'aide à la Gestion » ...**

de la Modélisation à l'aide à la Gestion ...

... On n'y est pas encore tout à fait :

1

Modèle : terminé en 2008

Améliorations : mortalité, dispersion des 5 espèces, potentiel stationnel

Compléments : dépérissement (sécheresse)

2

Savoir simuler la gestion ! ...

3

Quelles données fournir en entrée ?

4

Renforcer l'interface Recherche ↔ Développement

de la Modélisation à l'aide à la Gestion ...

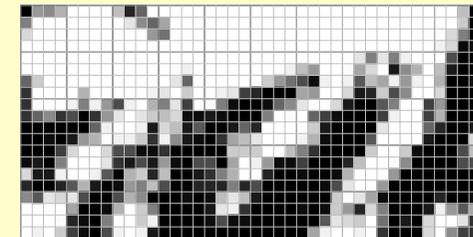
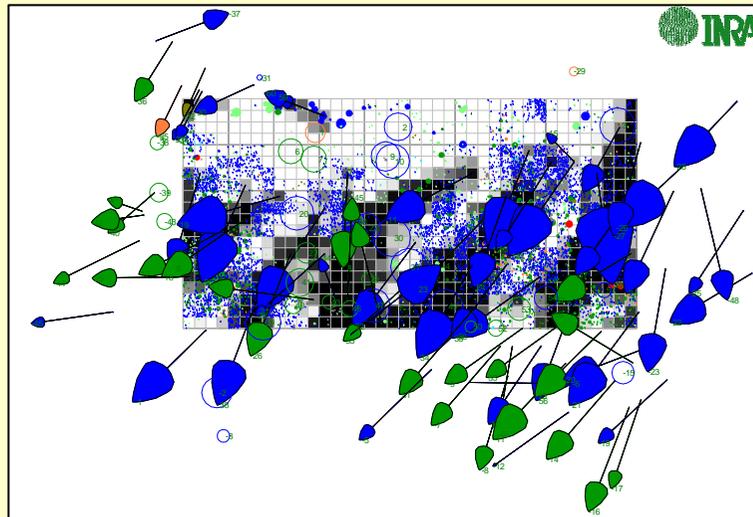
2

Savoir simuler la gestion ! ...

- Définition explicite des Interventions -> à informatiser (à faire avec les gestionnaires)
- Effet direct des Exploitations sur la Régénération en Place :

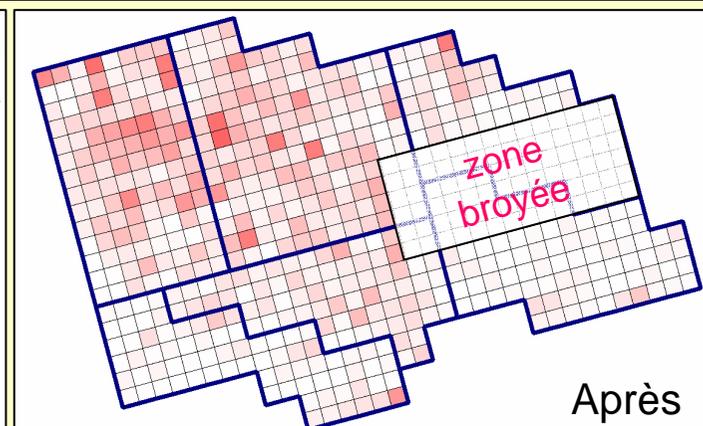
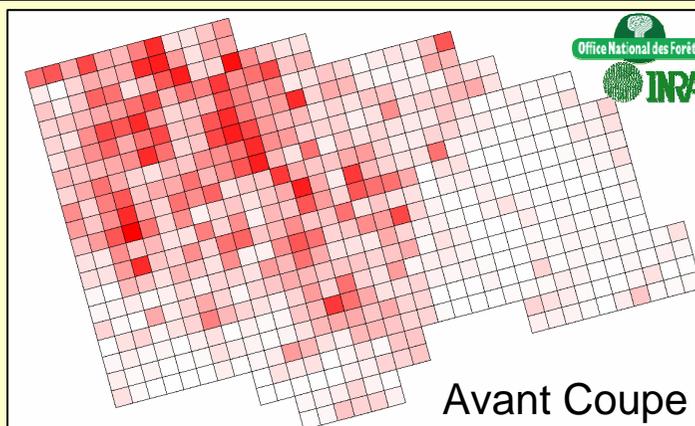
Mélange
Cèdre – **Pin noir**
(couvert et
régénération)

0,5 ha,
maille 2,5 m



Régénération
de **Hêtre**
sous couvert
de **Pin noir**

6 ha,
maille 10 m



de la Modélisation à l'aide à la Gestion ...

3

Quelles données fournir en entrée ?

Description « minimaliste » :

Futaie régulière - Pin noir 60 % - Cèdre 40 % - Âge : 70 ans

Description « moderne » :



STATION : CM2A (Subméditerranéen très sec sur versant à pente faible à moyenne)

PEUPLEMENT :

1. Recouvrement et composition par étage

STRUCTURE VERTICALE (étages de végétation > 5 m sauf pour le sous-étage sinon cf § régénération/plantation)			
ES	SE		
RECOUVREMENT (10 ^{ème})			
5	4		
COMPOSITION (10 ^{ème} recouvrement / essence)			
PN 6	CHP 6		
CED 4	CHV 4		

2. Régénération – plantation

	Régénération (≤ 5 m)				Plantation (≤ 5 m)				
	0	1	2	3	4				
Présence (semis / ha) / Reprise (%)	absente	<700	700 à 2500	2500 à 10000	>10000	%			
Composition (en 10 ^{ème} du nombre de tiges)			CED 8 PN 2						
Taille (la + représentée)	1 < 1.m	2 1 à 2.m	3 2 à 3.m	4 3 à 5.m	1 < 1.m	2 1 à 2.m	3 2 à 3.m	4 3 à 5.m	
Répartition	1 homogène	2 en bandes	3 bouquets	4 diffuse	1 homogène	2 en bandes	3 bouquets	4 diffuse	

3. Âge du peuplement (indiquer l'âge mesuré à 1.30 m + 10 ou l'âge total à 0.30 m) : 60 + 10

5. Données dendrométriques

	Étage (sous-étage excepté)	
	ES	
Densité (tiges/ha)	600	

Essence	Diamètres (en cm, classes de 5)		Hauteurs (en m)		G / ha / essence (tour d'horizon relascopique)
	Do (moyenne des diamètres des 5 ou 10 + grosses tiges)	Dm (le + représenté)	Ho (moyenne des hauteurs des 5 ou 10 + grosses tiges)	Hm (la plus représentée)	
PN	35	27.5	18	16	17
CED	45	35	17	14	15
CHP	15	10	8	6	
CHV	10	5	6	5	

+ : - nom du type de peuplement,
 - état sanitaire,
 - travaux et coupes à prévoir sur 15 ans

Aménagement ONF en F.C. de Bedoin,
 F.D. du Toulourenc – ONF Agence 13-84
 J. Terracol

(N.B. : Décrire la régénération ... : de toute façon bénéfique pour la programmation des travaux)

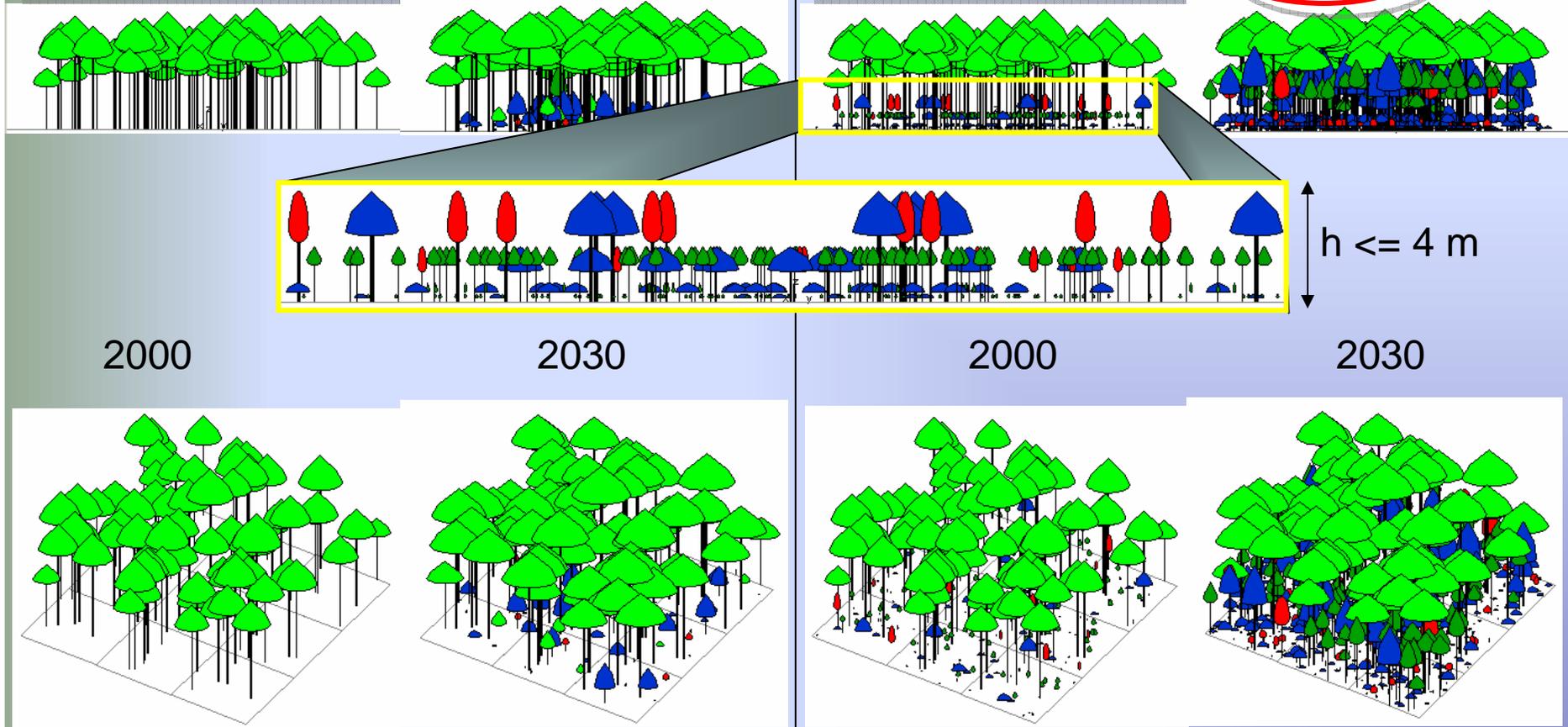
3

Quelles données fournir en entrée ?

Simulation ...

SANS information sur la régénération :

AVEC une information simplifiée :



de la Modélisation à l'aide à la Gestion ...

On n'y est pas encore tout à fait :

1

Modèle : terminé en 2008

Améliorations : mortalité, dispersion des 5 espèces, potentiel stationnel

Compléments : dépérissement (sécheresse)

2

Savoir simuler la gestion ! ...

3

Quelles données fournir en entrée ?

4

Renforcer l'interface Recherche ↔ Développement

Un travail d'équipe : Philippe Dreyfus
Florence Courdier, Nicolas Mariotte,
Norbert Turion, William Brunetto

Partenariats scientifiques principaux :
Jean Ladier, ONF CRAT Manosque
Christian Pichot, URFM - Génétique

Merci aux non-permanents...
en main d'œuvre occasionnelle,
en stage.

Merci à l'ONF :



ONF *Vaucluse*, **ONF R&D** *Méditerranée*

... et à nos soutiens financiers :

ECOFOR + MEDD,
Fonds Commun **INRA-Cirad**

