

Appel à Proposition de recherche 2013

DISTIMACC

Diversite, **S**tabilité et fonctionnement des écosystèmes forestiers :
quelle **I**ngenierie et quels **M**élanges pour l'**A**daptation
au **C**hangement **C**limatique, de la Provence aux Alpes du Nord

Xavier Morin

Journée d'échanges des projets de l'APR 2013 CS-CO
16 septembre 2014



Présentation du consortium

- CNRS Montpellier – CEFE

Xavier Morin

Isabelle Chuine

Sylvain Coq

Stephan Hättenschwiler

Johanne Nahmani



- IRSTEA Grenoble – EMGR

Thomas Cordonnier

Thomas Bourdier

Georges Kunstler



- ONF – R&D PACA et Rhône-Alpes

Catherine Riond

Philippe Dreyfus

Jean Ladier



- AMAP – INRA/CIRAD Montpellier

François de Coligny



Présentation du consortium

- CNRS Montpellier – CEFE

Xavier Morin

Isabelle Chuine

Sylvain Coq

Stephan Hättenschwiler

Johanne Nahmani



- IRSTEA Grenoble – EMGR

Thomas Cordonnier

Thomas Bourdier

Georges Kunstler



● *Stabilité croissance*

- ONF – R&D PACA et Rhône-Alpes

Catherine Riond

Philippe Dreyfus

Jean Ladier



- AMAP – INRA/CIRAD Montpellier

François de Coligny



Présentation du consortium

- CNRS Montpellier – CEFE

Xavier Morin

Isabelle Chuine

Sylvain Coq

Stephan Hättenschwiler

Johanne Nahmani



- IRSTEA Grenoble – EMGR

Thomas Cordonnier

Thomas Bourdier

Georges Kunstler



- *Stabilité croissance*
- *Stabilité régénération*

- ONF – R&D PACA et Rhône-Alpes

Catherine Riond

Philippe Dreyfus

Jean Ladier



- AMAP – INRA/CIRAD Montpellier

François de Coligny



Présentation du consortium

- CNRS Montpellier – CEFE

Xavier Morin

Isabelle Chuine

Sylvain Coq

Stephan Hättenschwiler

Johanne Nahmani



- IRSTEA Grenoble – EMGR

Thomas Cordonnier

Thomas Bourdier

Georges Kunstler



- *Stabilité croissance*
- *Stabilité régénération*
- *Stabilité décomposition*

- ONF – R&D PACA et Rhône-Alpes

Catherine Riond

Philippe Dreyfus

Jean Ladier



- AMAP – INRA/CIRAD Montpellier

François de Coligny



Présentation du consortium

- CNRS Montpellier – CEFE

Xavier Morin

Isabelle Chuine

Sylvain Coq

Stephan Hättenschwiler

Johanne Nahmani



- IRSTEA Grenoble – EMGR

Thomas Cordonnier

Thomas Bourdier

Georges Kunstler



- *Stabilité croissance*
- *Stabilité régénération*
- *Stabilité décomposition*
- *Modélisation*

- ONF – R&D PACA et Rhône-Alpes

Catherine Riond

Philippe Dreyfus

Jean Ladier



- AMAP – INRA/CIRAD Montpellier

François de Coligny



Présentation du consortium

- CNRS Montpellier – CEFE

Xavier Morin

Isabelle Chuine

Sylvain Coq

Stephan Hättenschwiler

Johanne Nahmani



- IRSTEA Grenoble – EMGR

Thomas Cordonnier

Thomas Bourdier

Georges Kunstler



- ONF – R&D PACA et Rhône-Alpes

Catherine Riond

Philippe Dreyfus

Jean Ladier



- AMAP – INRA/CIRAD Montpellier

François de Coligny



- *Stabilité croissance*
- *Stabilité régénération*
- *Stabilité décomposition*
- *Modélisation*
- *Ingénierie*

Présentation du consortium

- CNRS Montpellier – CEFE



Xavier Morin ● ● ● ●

Isabelle Chuine ● ●

Sylvain Coq ● ●

Stephan Hättenschwiler ● ●

Johanne Nahmani ● ●

- IRSTEA Grenoble – EMGR



Thomas Cordonnier ● ● ● ●

Thomas Bourdier ● ●

Georges Kunstler ● ● ● ●

- ONF – R&D PACA et Rhône-Alpes



Catherine Riond ● ● ●

Philippe Dreyfus ● ● ● ●

Jean Ladier ● ● ●

- AMAP – INRA/CIRAD Montpellier



François de Coligny ●

- *Stabilité croissance*
- *Stabilité régénération*
- *Stabilité décomposition*
- *Modélisation*
- *Ingénierie*

Impacts des changements globaux sur les forêts

Changements Globaux

Regional

Répartition des espèces

Extinctions

Colonisations

Local

Composition des communautés

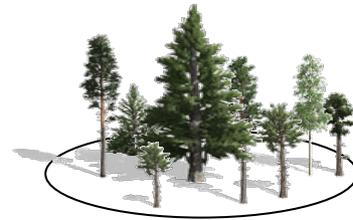
Fonctionnement des Ecosystèmes

↑ CO₂

↑ Température et changement précipitations



Diversité



Impacts des changements globaux sur les forêts

Changements Globaux

Regional

Répartition des espèces

Extinctions

Colonisations

Local

Composition des communautés

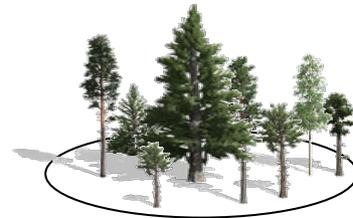
Fonctionnement des Ecosystèmes

↑ CO₂

↑ Température et changement précipitations

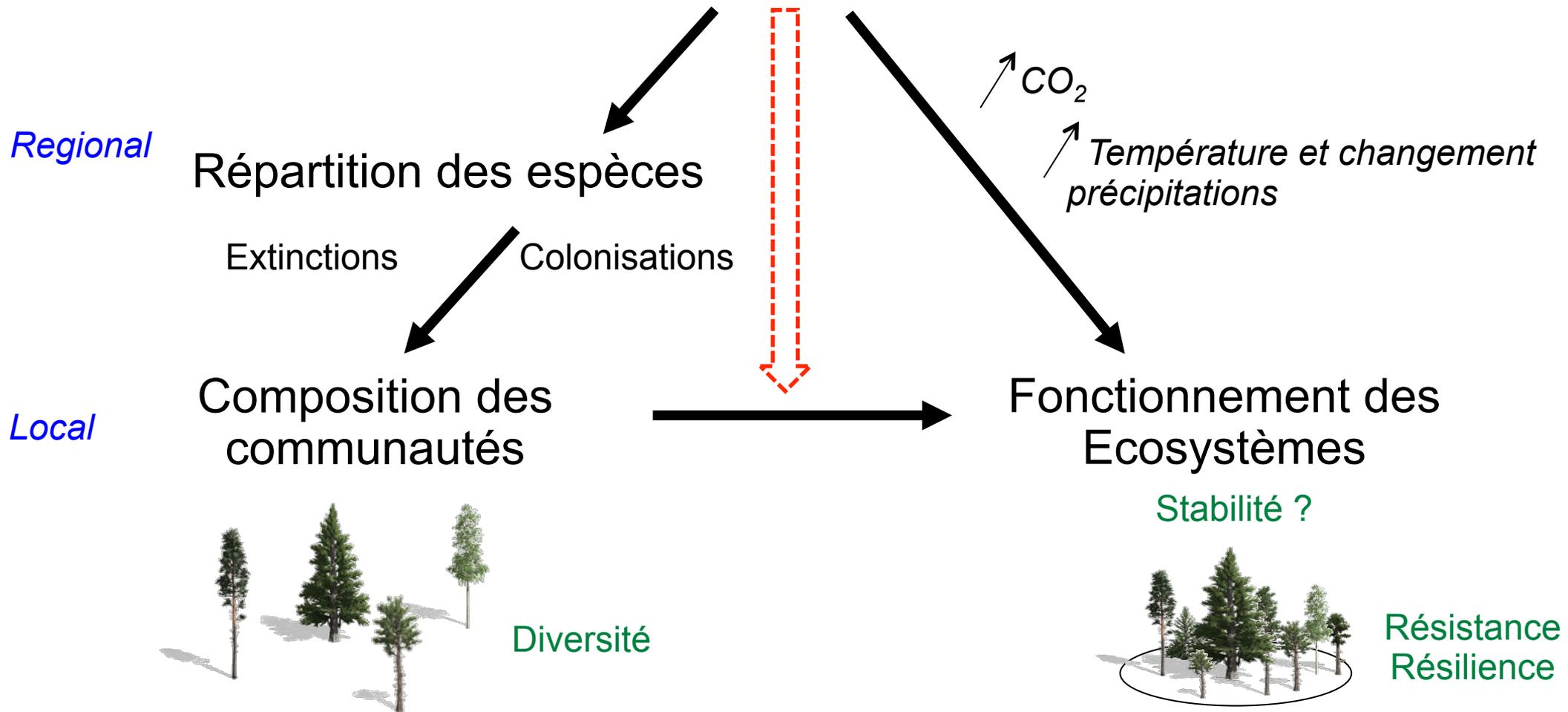


Diversité



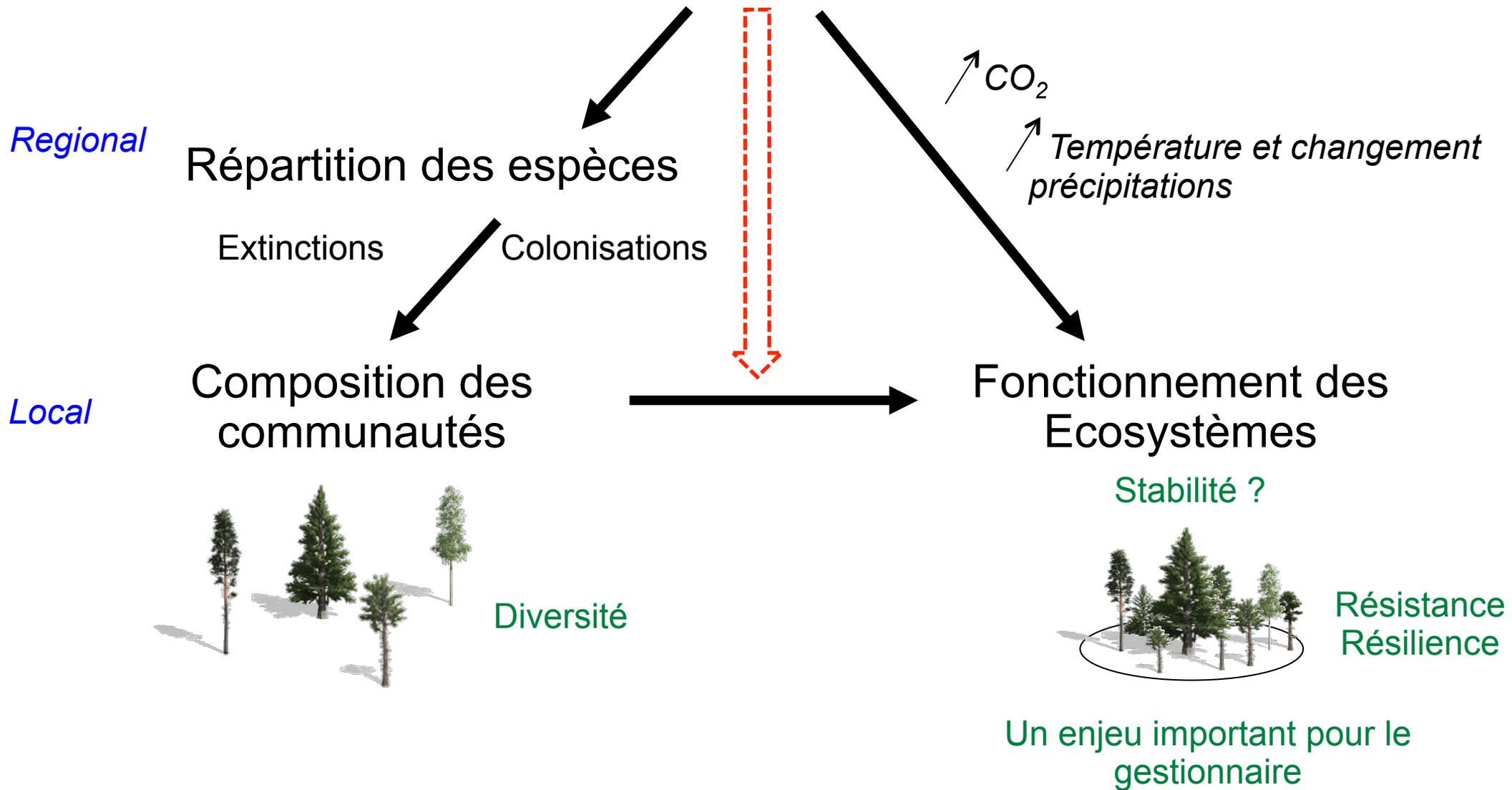
Impacts des changements globaux sur les forêts

Changements Globaux



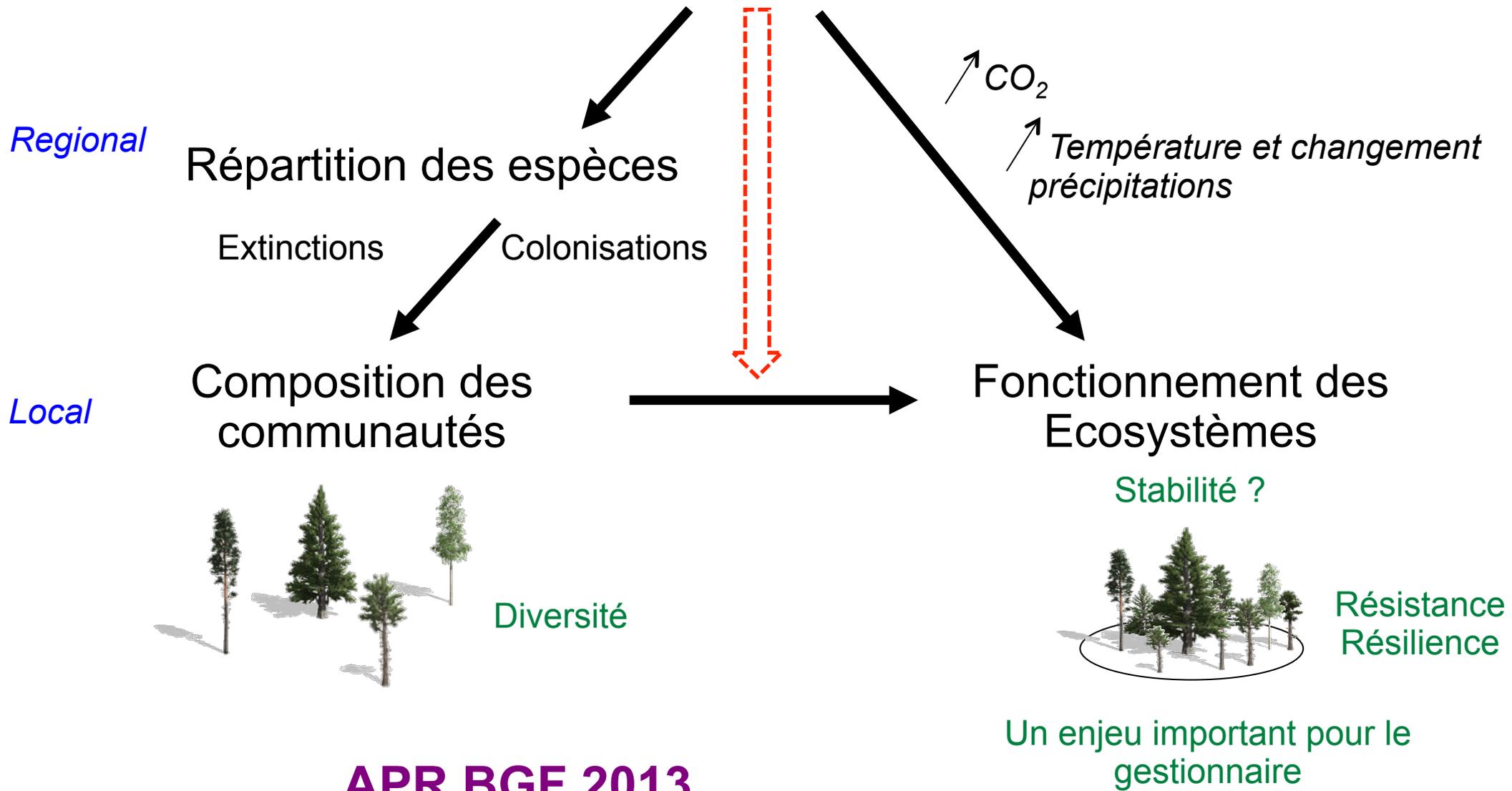
Impacts des changements globaux sur les forêts

Changements Globaux



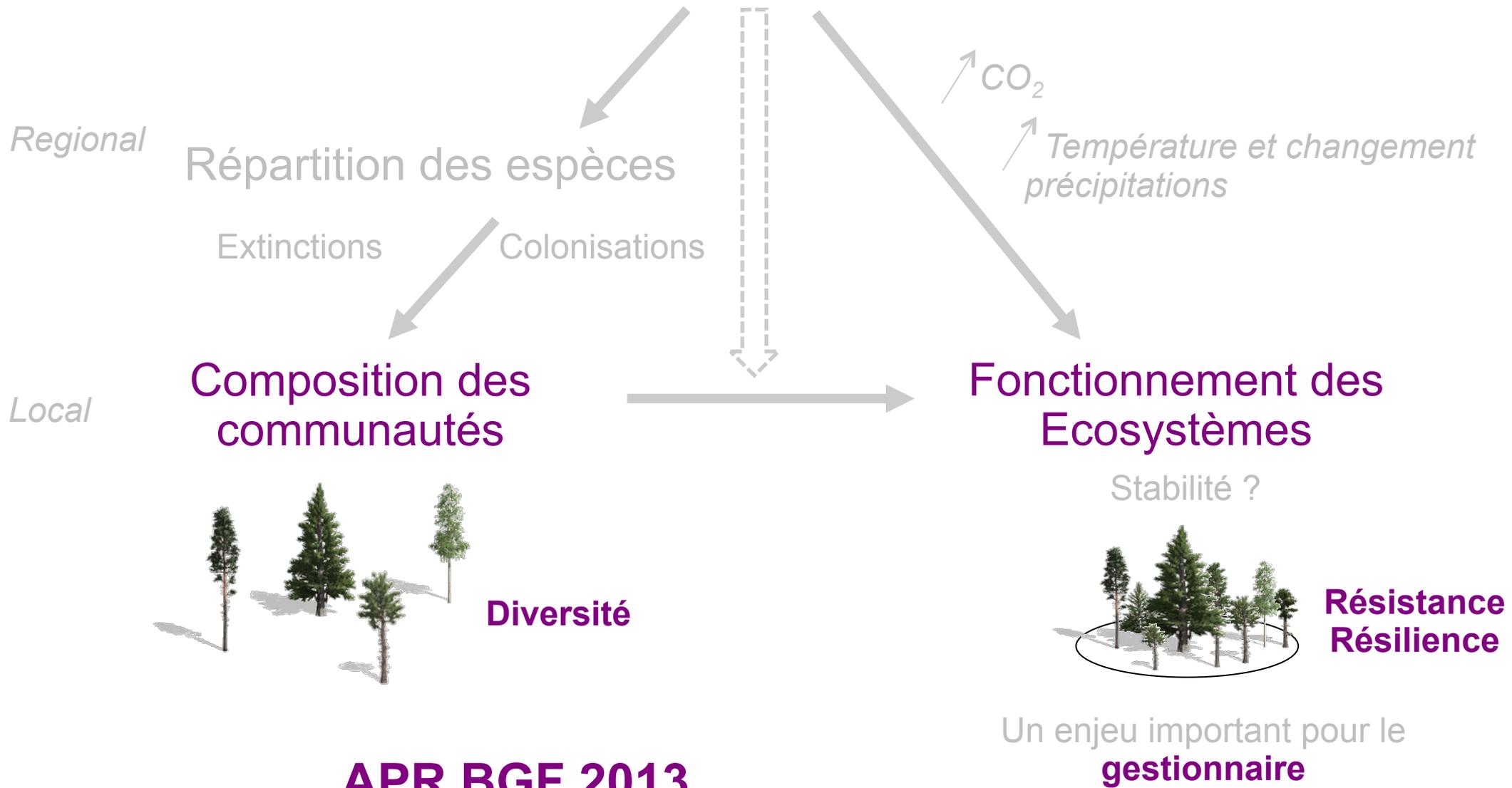
Impacts des changements globaux sur les forêts

Changements Globaux



Impacts des changements globaux sur les forêts

Changements Globaux



APR BGF 2013

Un enjeu important pour le gestionnaire

Diversité et Stabilité des écosystèmes en contexte de changement climatique

Diversité et Stabilité des écosystèmes en contexte de changement climatique

Théorie

Lehman & Tilman (2000)
Yachi & Loreau (1999)

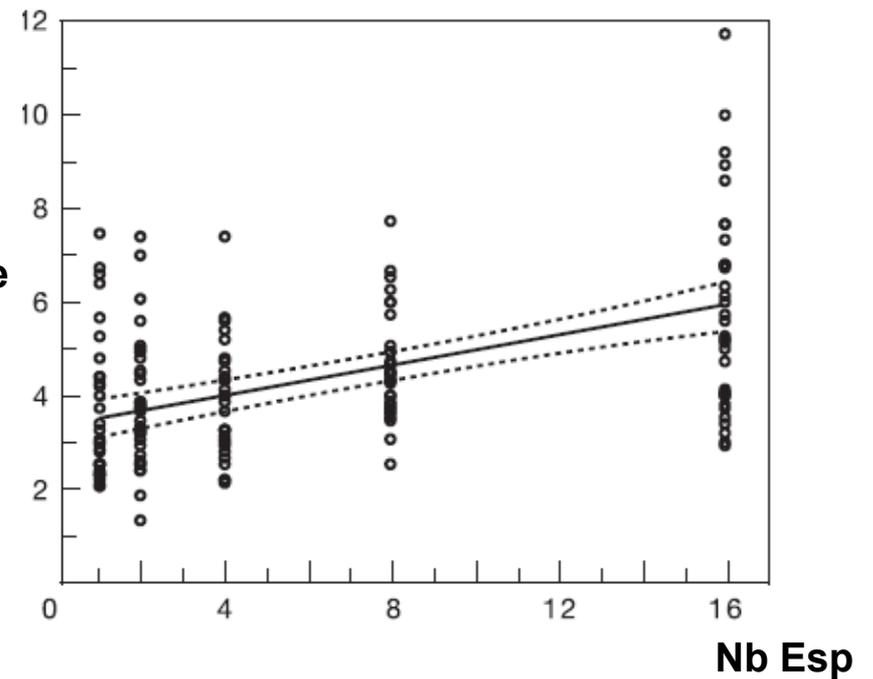
En moyenne, un effet stabilisant de la diversité

Expérimentations

Ives & Carpenter (2007)
Tilman et al. (2006)



Stabilité temporelle
de la productivité



Valide pour les écosystèmes naturels ?
En forêt ?
Mécanismes ?

Diversité et Stabilité des écosystèmes en contexte de changement climatique

Résilience vs. Résistance

Capacité d'un écosystème forestier à maintenir sa structure et ses propriétés après une perturbation ou un stress

Vitesse de récupération après une perturbation ou un stress

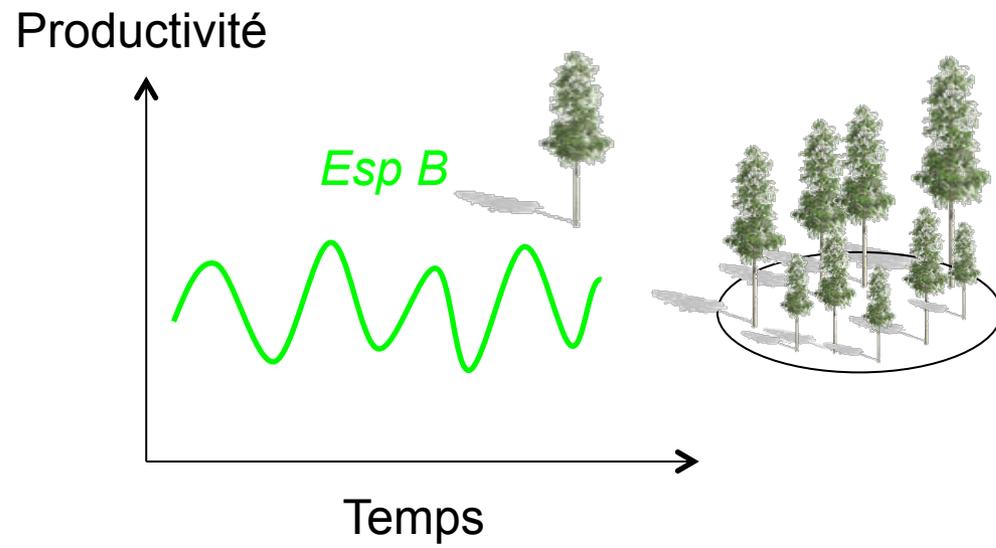
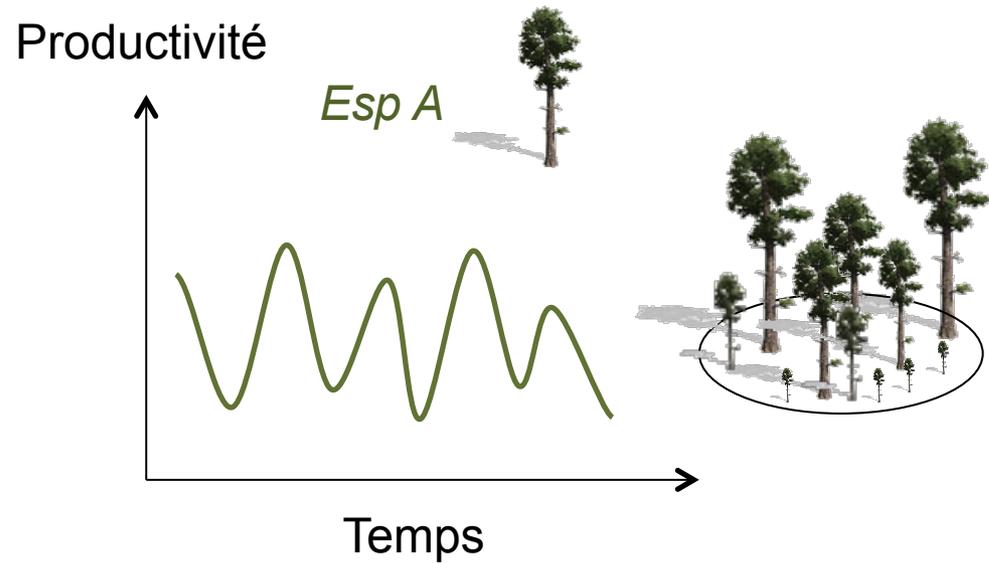
Test de l'hypothèse d'assurance écologique (Yachi & Loreau 1999)

Les espèces se compensent les unes les autres du fait de leurs réponses différentes aux conditions de milieu

Hypothèses

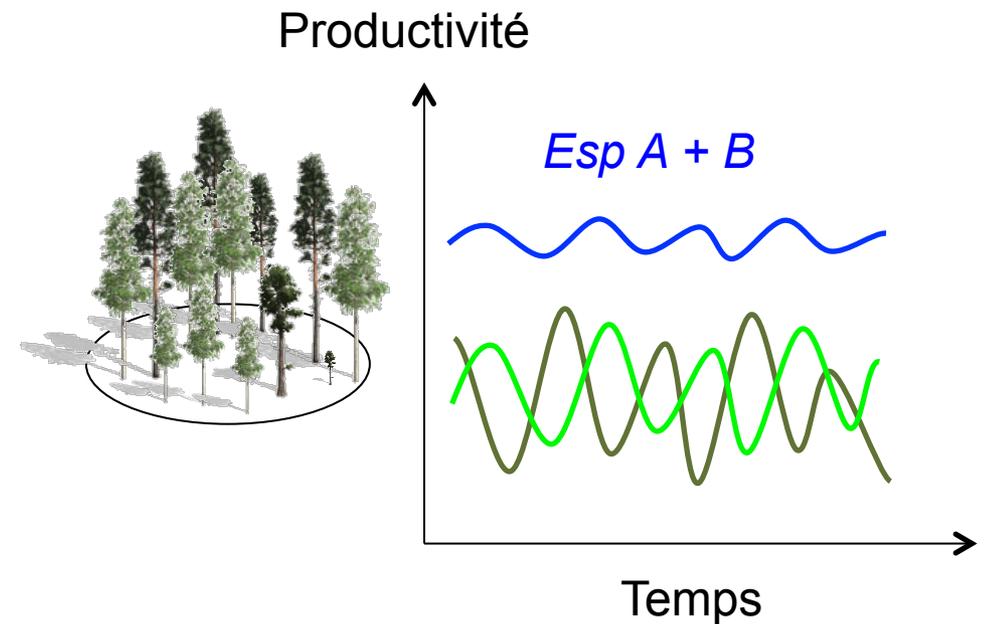
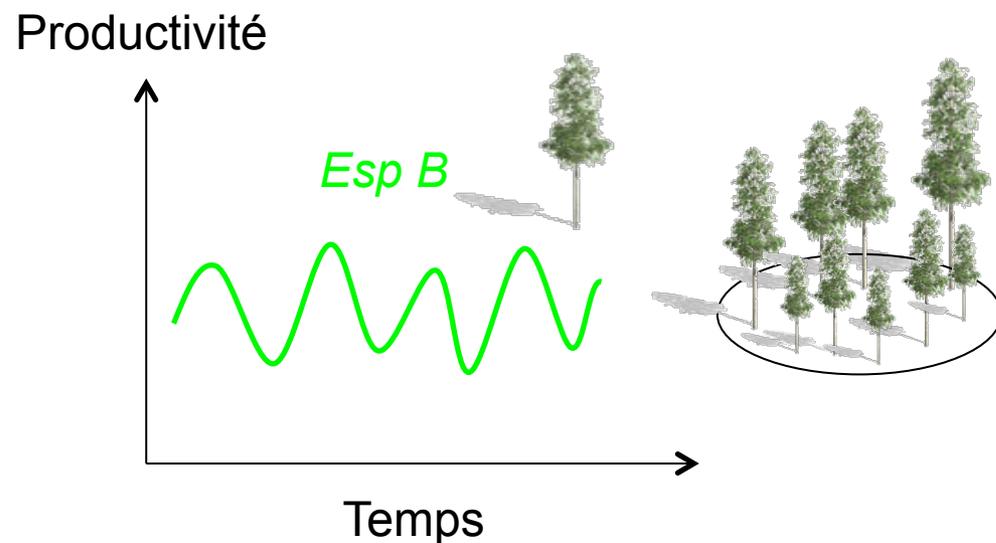
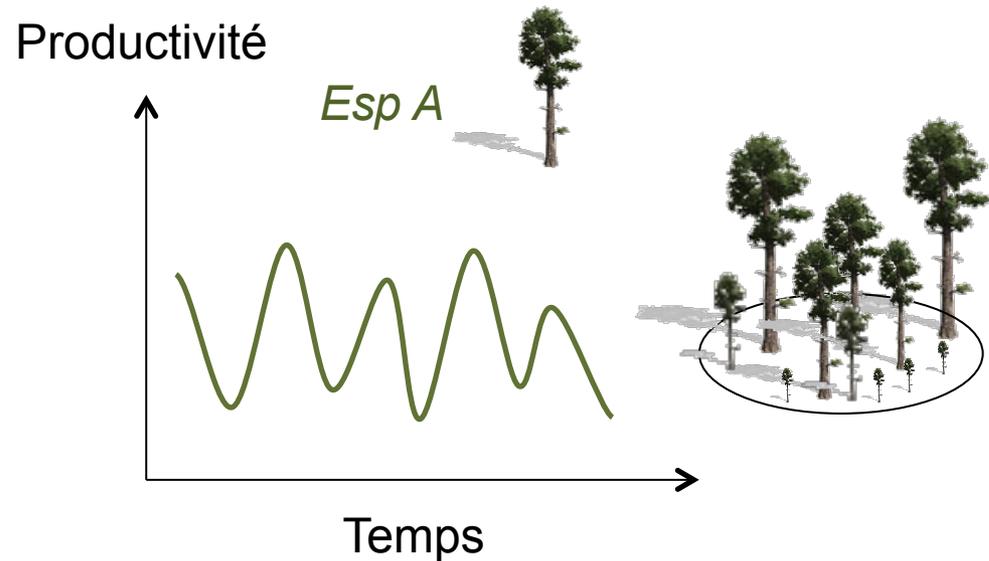
Diversité et Stabilité des écosystèmes en contexte de changement climatique

Test de l'hypothèse d'assurance écologique



Diversité et Stabilité des écosystèmes en contexte de changement climatique

Test de l'hypothèse d'assurance écologique

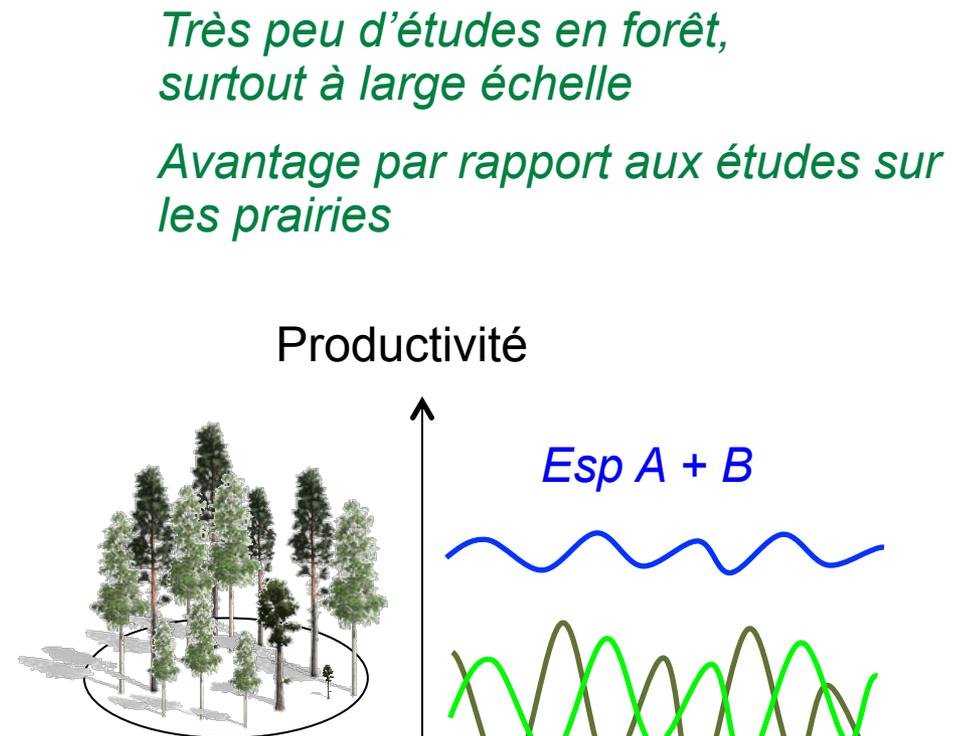
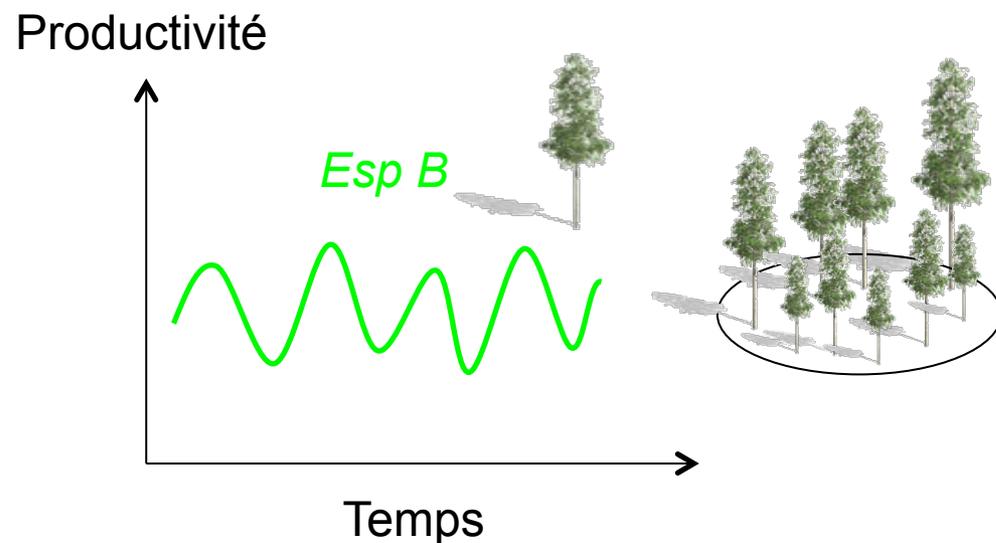
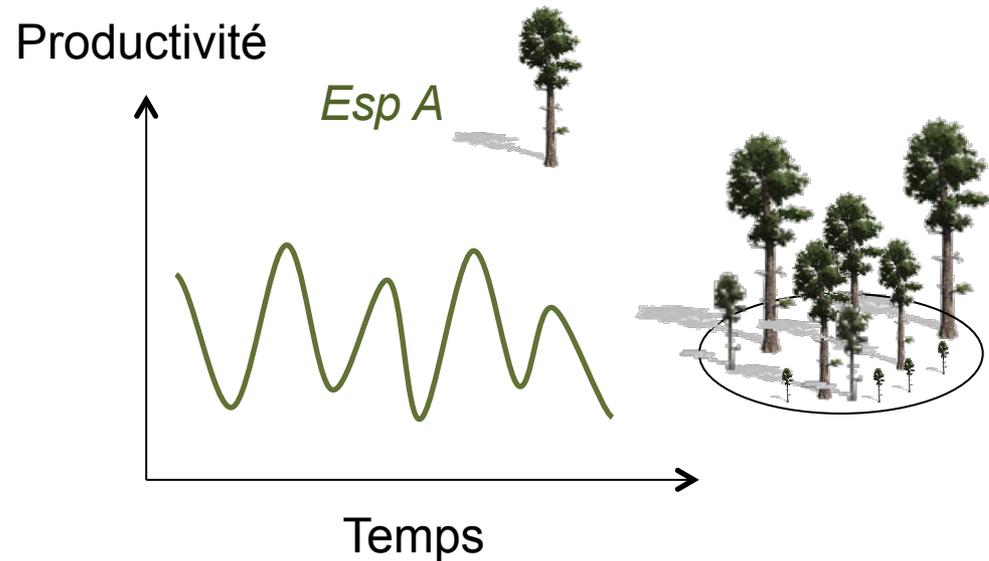


Dynamique compensatoire

- réponse aux fluctuations environnementales
- réponse différentielle à la compétition

Diversité et Stabilité des écosystèmes en contexte de changement climatique

Test de l'hypothèse d'assurance écologique



Dynamique compensatoire

- réponse aux fluctuations environnementales
- réponse différentielle à la compétition

Hypothèses

Diversité et Stabilité des écosystèmes en contexte de changement climatique

Résilience vs. Résistance

Capacité d'un écosystème forestier à maintenir sa structure et ses propriétés après une perturbation ou un stress

Vitesse de récupération après une perturbation ou un stress

Test de l'hypothèse d'assurance écologique

= *très peu d'études en forêt surtout à large échelle*

Test sur plusieurs processus écosystémiques

Croissance

Régénération

Décomposition

Hypothèses

Diversité et Stabilité des écosystèmes en contexte de changement climatique

Résilience vs. Résistance

Capacité d'un écosystème forestier à maintenir sa structure et ses propriétés après une perturbation ou un stress

Vitesse de récupération après une perturbation ou un stress

Test de l'hypothèse d'assurance écologique

**= très peu d'études en forêt
surtout à large échelle**

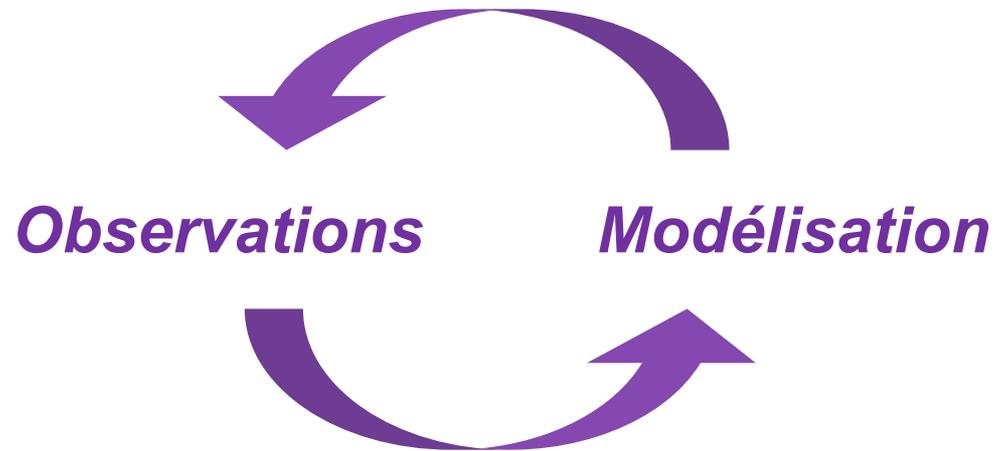
Test sur plusieurs processus écosystémiques

Croissance Régénération Décomposition

Nécessité d'un transfert intégré vers la gestion

Forêts Méditerranéo-alpines = région où se trouvent de nombreux types forestiers identifiés comme sensibles au changement climatique

Hêtre Sapin Ch. pubescent + Pin sylvestre + Epicéa ??



2 outils principaux sur lequel s'appuiera DISTIMACC :

le dispositif BioProFor et le modèle ForCEEPS

BioProFor = un gradient environnemental pour étudier l'impact du climat sur la diversité et le fonctionnement des écosystèmes

ANR 2012-2014

+ Placettes Irstea

Un gradient latitudinal...

Effet climat à large échelle

...de gradients altitudinaux...

Effet climat à l'échelle locale

...de placettes de diversité variée

Inventaires et biométrie

Arbres Arbustes (Régénération)

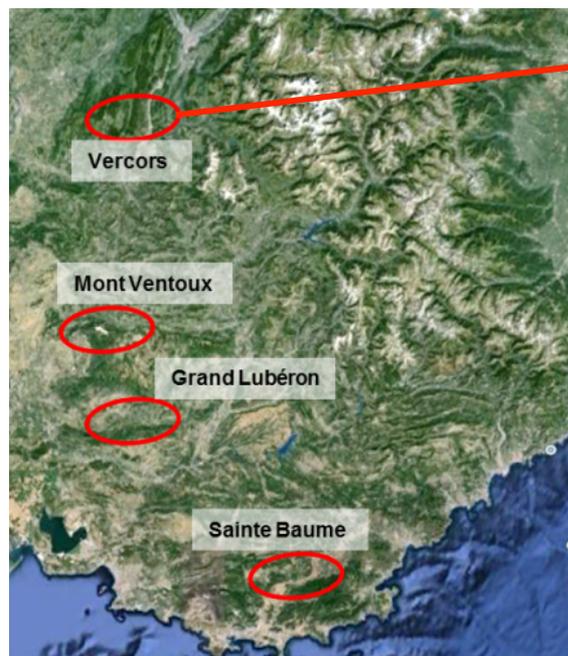


Mesures de traits fonctionnels et d'histoire de vie

Age Densité du bois Phénologie LAI



Instrumentation



BioProFor = un gradient environnemental pour étudier l'impact du climat sur la diversité et le fonctionnement des écosystèmes

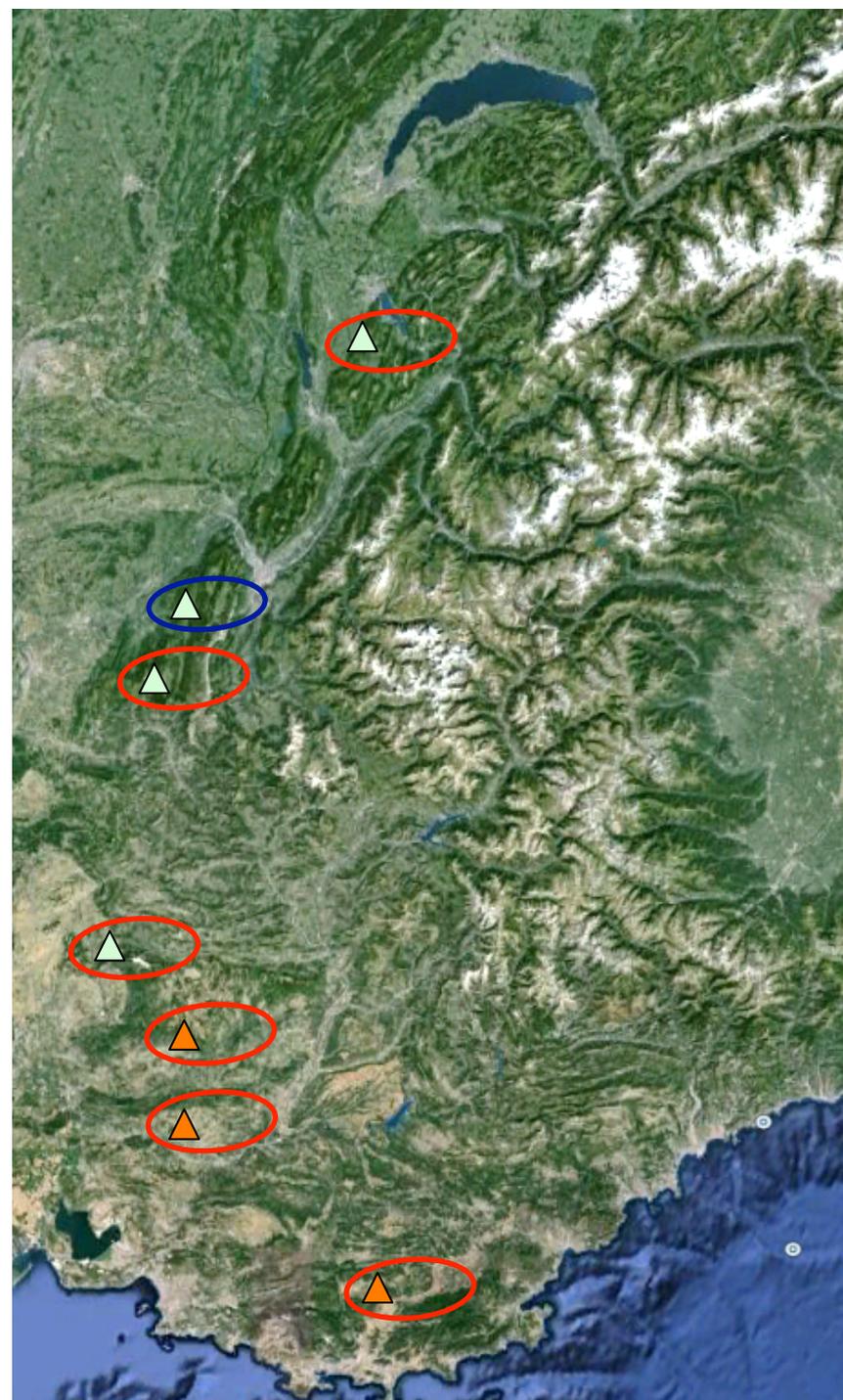
-  Sites BioProFor 2012-2014
= 63 placettes (fin 2014)
-  + 1 autre site Nord Vercors (Méaudre)
IRSTEA Grenoble

Espèces BioProFor

Fagus sylvatica = sur tous les sites

Abies alba 

Quercus pubescens 



BioProFor = un gradient environnemental pour étudier l'impact du climat sur la diversité et le fonctionnement des écosystèmes

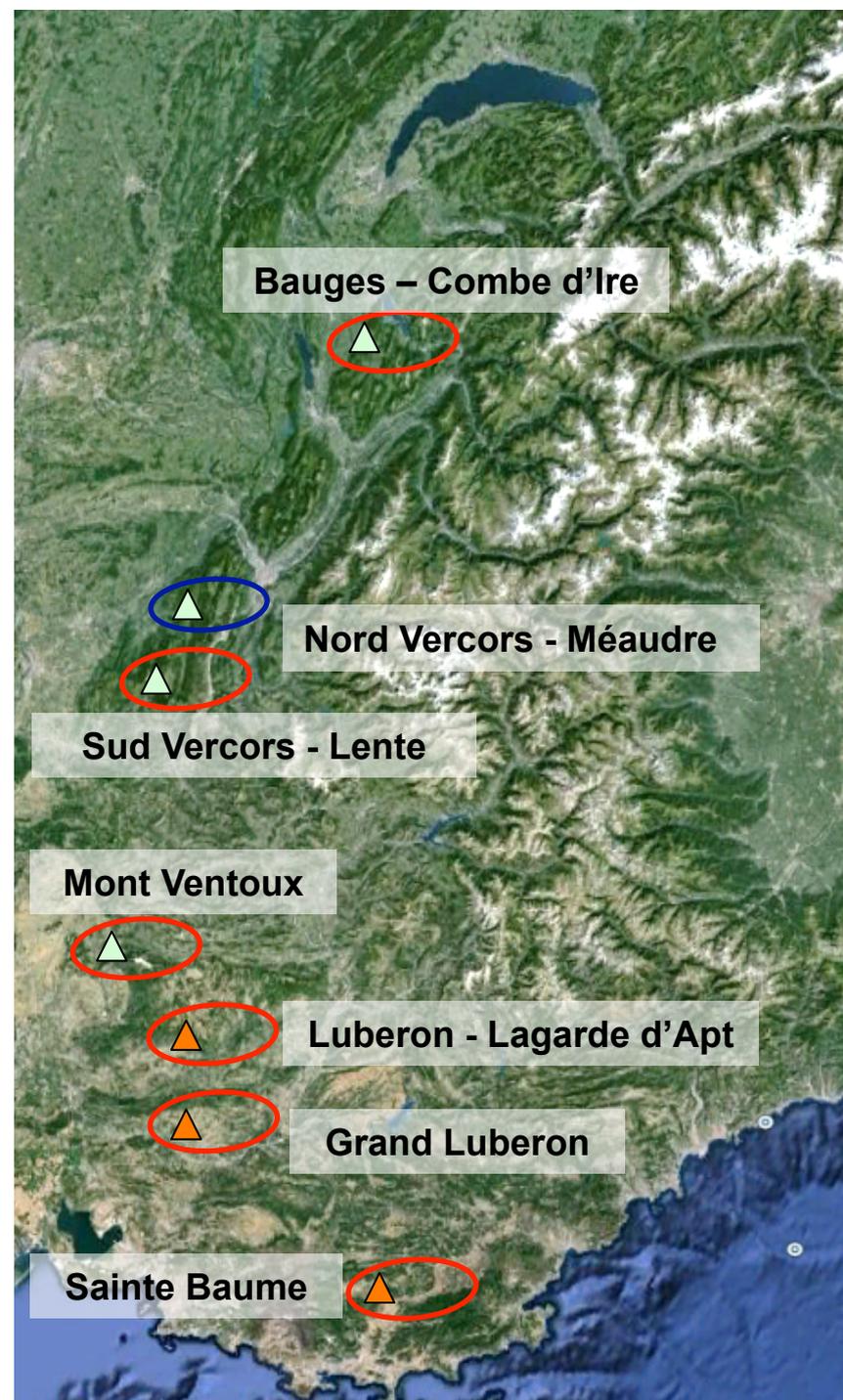
-  Sites BioProFor 2012-2014
= 63 placettes (fin 2014)
-  + 1 autre site Nord Vercors (Méaudre)
IRSTEA Grenoble

Espèces BioProFor

Fagus sylvatica = sur tous les sites

Abies alba 

Quercus pubescens 



BioProFor = un gradient environnemental pour étudier l'impact du climat sur la diversité et le fonctionnement des écosystèmes

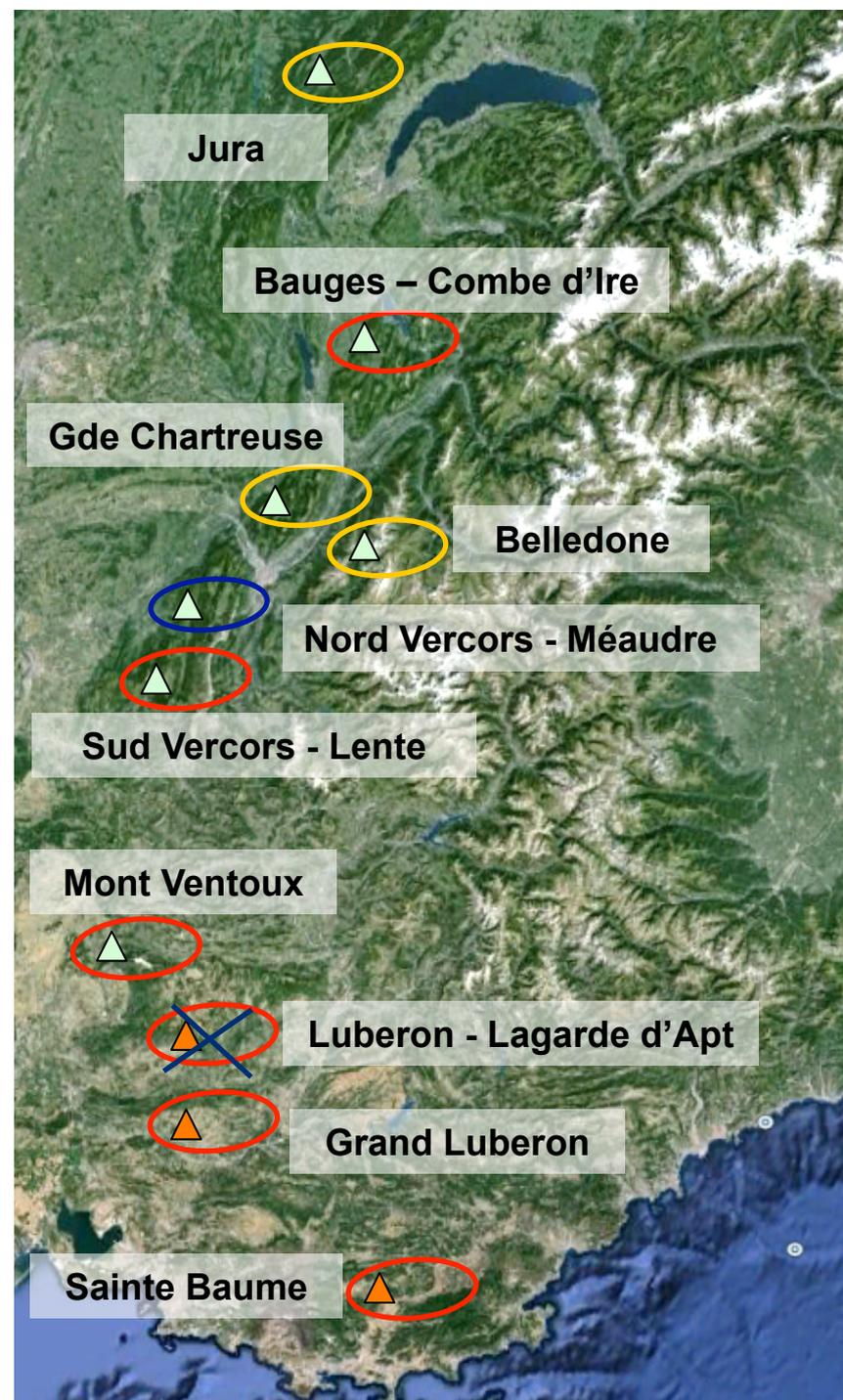
-  Sites BioProFor 2012-2014 = 63 placettes (fin 2014)
-  + 1 autre site Nord Vercors (Méaudre) IRSTEA Grenoble
-  Sites additionnels possibles (DISTIMACC)
-  Sites BioProFor non conservés

Espèces BioProFor

Fagus sylvatica = sur tous les sites

Abies alba 

Quercus pubescens 



BioProFor = un gradient environnemental pour étudier l'impact du climat sur la diversité et le fonctionnement des écosystèmes

-  Sites BioProFor 2012-2014 = 63 placettes (fin 2014)
-  + 1 autre site Nord Vercors (Méaudre) IRSTEA Grenoble
-  Sites additionnels possibles (DISTIMACC)
-  Sites BioProFor non conservés

Espèces BioProFor

Fagus sylvatica = sur tous les sites

Abies alba 

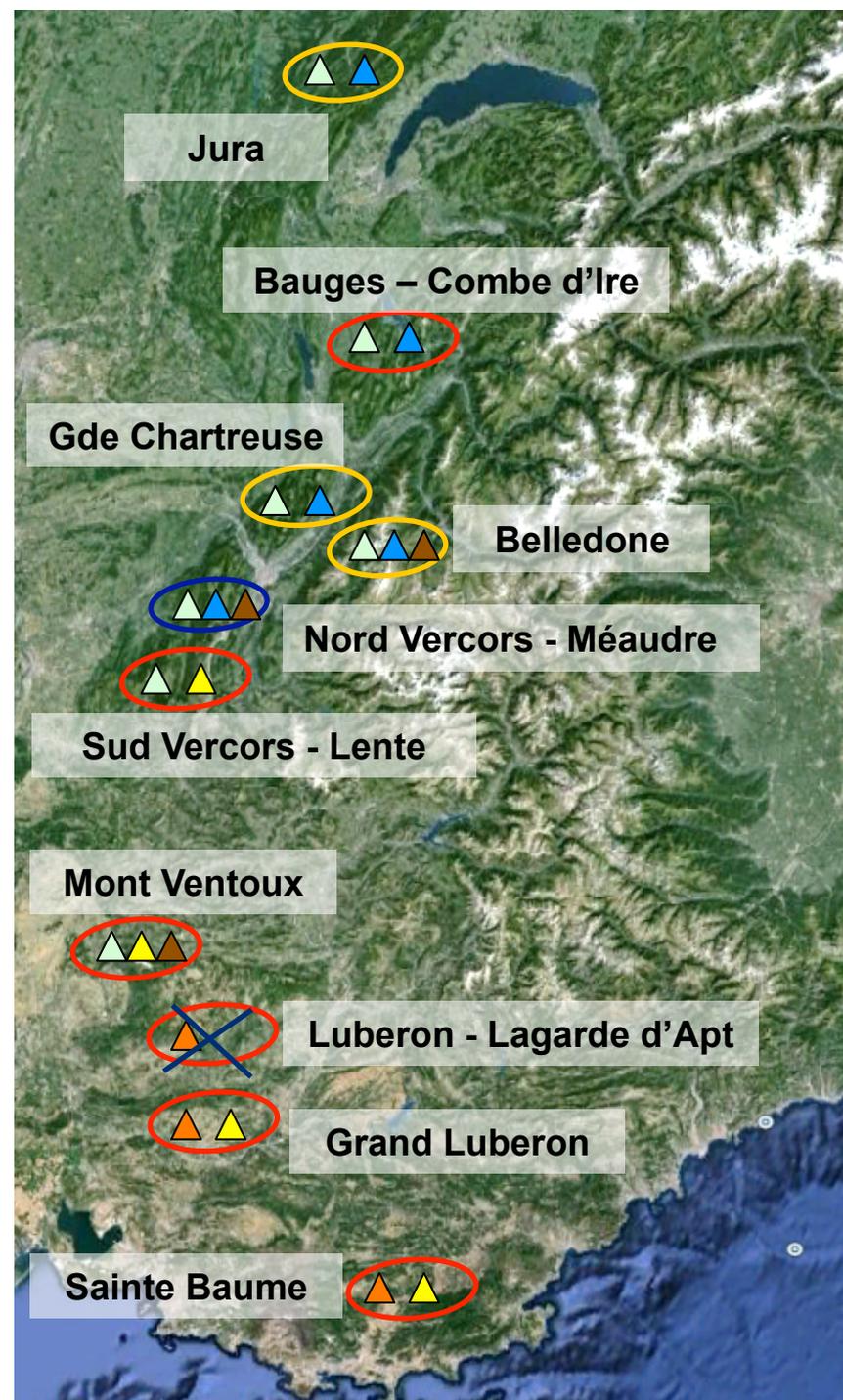
Quercus pubescens 

Espèces supplémentaires

Picea abies 

Pinus sylvestris 

Pinus uncinata 



ForCEEPS = *FORest Community Ecology and Ecosystem Processes*

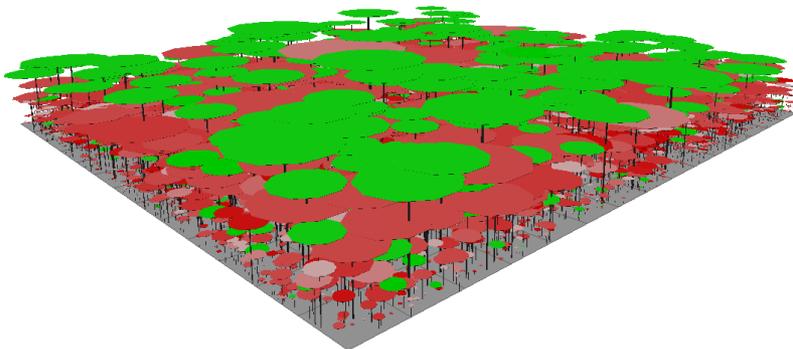
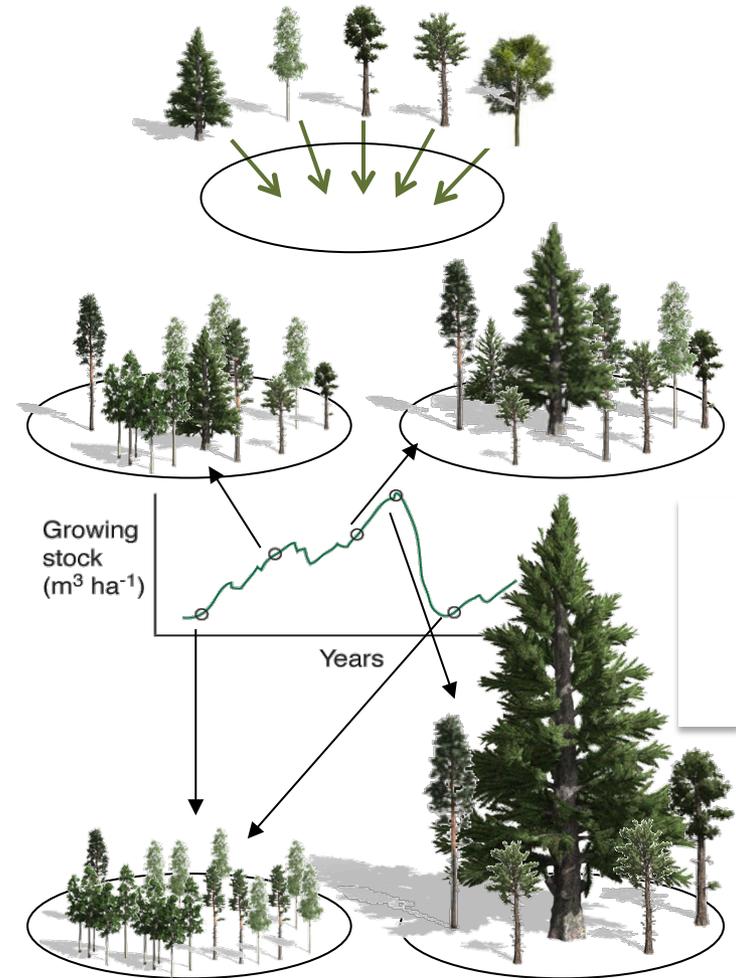
(Morin, de Coligny, Fahse & Bugmann)

= un modèle de dynamique forestière pour étudier l'effet de la diversité sur les proc. écosyst.

ForCEEPS = FORest Community Ecology and Ecosystem Processes



- Inspiré de ForClim (ETH Zürich)
- Un modèle de trouée classique
= *successions cycliques sur de petites parcelles*
- Description quantitative de la dynamique de populations d'arbres
= *Etablissement / Croissance / Mortalité*
- Facteurs limitants
Lumière / Climat / Azote du sol
- Développement sur *CAPSIS*



...en développement (1^{ère} version disponible depuis avril)

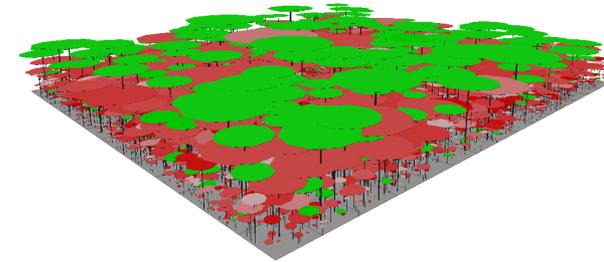
ForCEEPS = FORest Community Ecology and Ecosystem Processes



ForClim



ForCEEPS



Cohorte-centré



Individu-centré

Espèce-centré



Génotype-centré = var. intrasp.

Compétition pour la lumière



*Compétition pour la lumière
+ Compétition pour l'eau*

Régénération « simpliste »



*Plus intégrée
+ Tests avec des données de terrain*

Modélisation du couvert en disques



*Modélisation en cylindres
= plus de finesse dans la compétition
pour la lumière*

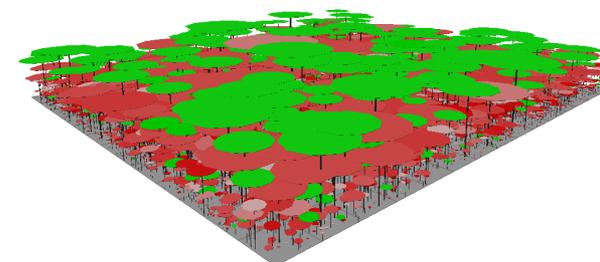
ForCEEPS = FORest Community Ecology and Ecosystem Processes



ForClim



ForCEEPS



Cohorte-centré



Individu-centré

Espèce-centré



Génotype-centré = var. intrasp.

Compétition pour la lumière



*Compétition pour la lumière
+ Compétition pour l'eau*

Régénération « simpliste »



*Plus intégrée
+ Tests avec des données de terrain*

Modélisation du couvert en disques



*Modélisation en cylindres
= plus de finesse dans la compétition
pour la lumière*

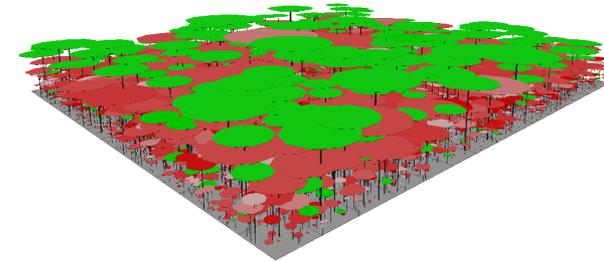
ForCEEPS = FORest Community Ecology and Ecosystem Processes



ForClim



ForCEEPS



Cohorte-centré



Individu-centré



Espèce-centré



Génotype-centré = var. intrasp.



Compétition pour la lumière



*Compétition pour la lumière
+ Compétition pour l'eau*

Régénération « simpliste »



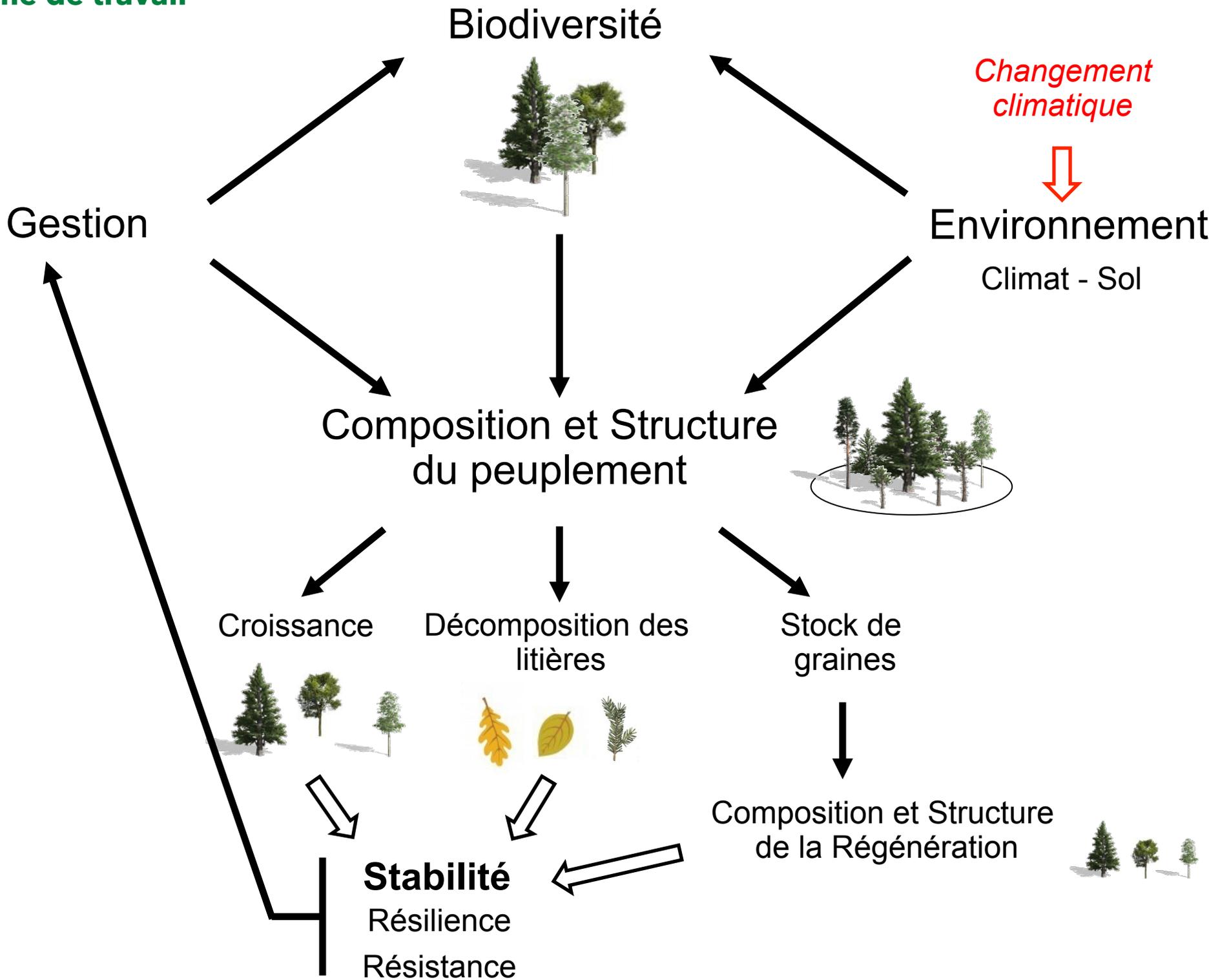
*Plus intégrée
+ Tests avec des données de terrain*

Modélisation du couvert en disques



*Modélisation en cylindres
= plus de finesse dans la compétition
pour la lumière*

Programme de travail



Programme de travail

1

Ingénierie des mélanges

Biodiversité



Changement climatique

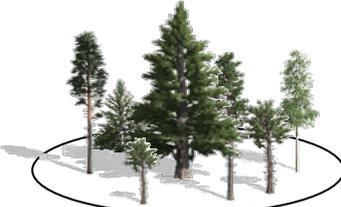


Environnement

Climat - Sol

Gestion

Composition et Structure du peuplement



Croissance



Décomposition des litières

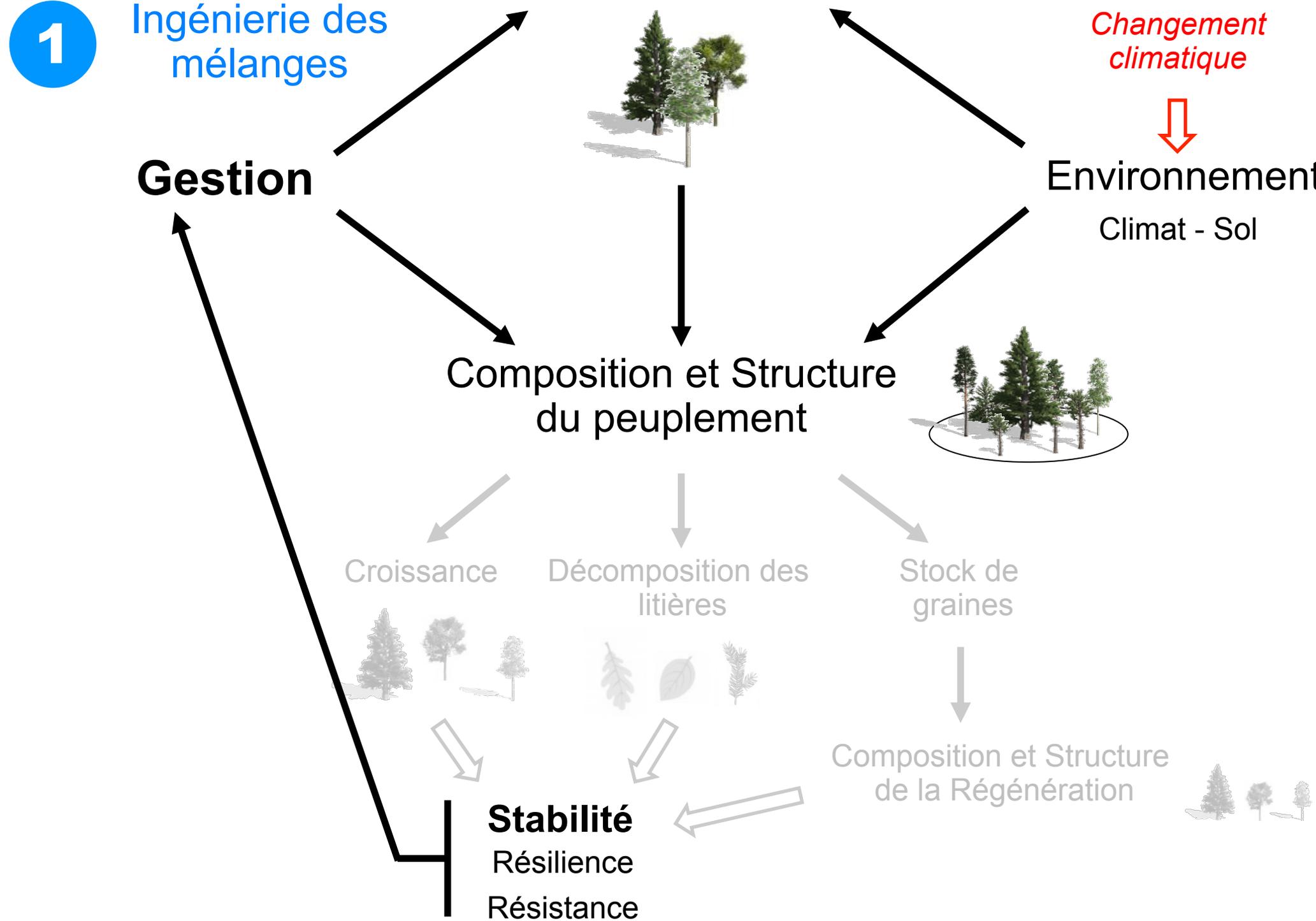


Stock de graines

Composition et Structure de la Régénération



Stabilité
Résilience
Résistance



1 Ingénierie des mélanges

Assurer le **lien** entre questions scientifiques et éléments utiles pour la gestion en :

- **ciblant les mélanges** d'intérêt étudiés au cours du projet
- testant le **comportement** de différents mélanges (simulations) en particulier en réponse à différentes conditions climatiques
- favorisant le **transfert** vers la gestion.

= Démarche d'ingénierie forestière intégrant chercheurs et gestionnaires

⇒ **Mise au point de scénarios sylvicoles candidats, pour les différentes situations écologiques d'intérêt.**

1 Ingénierie des mélanges

(i) Synthèse bibliographique sur les mélanges d'intérêt, leur promotion et leur conduite

- Vision globale sur les mélanges = données IFN
- Vision plus fine : base SIG (inventaires) en Rhône-Alpes, info plus disparate en PACA
- *Conduite* : guides sylvicoles, questionnaire EuMixFor (COST Action), **enquêtes**

(ii) Travail de simulation (via *ForCEEPS*)

= Test de modalités de gestion des mélanges identifiés, selon différents gradients (altitude, latitude), et selon certains scénarios d'évolution climatique

Scénarios sylvicoles

= *un des points clés du projet, objet du 1^{er} workshop entre les partenaires (30 oct.)*

2

Diversité – Stabilité
croissance des arbres

Biodiversité



Changement climatique

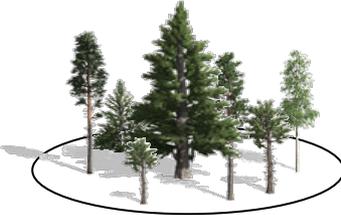


Environnement

Climat - Sol

Gestion

Composition et Structure
du peuplement



Croissance



Décomposition des
litières

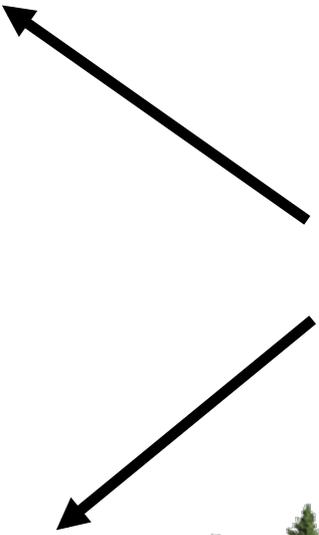
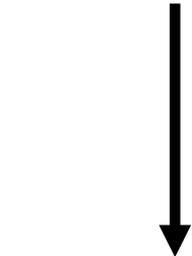
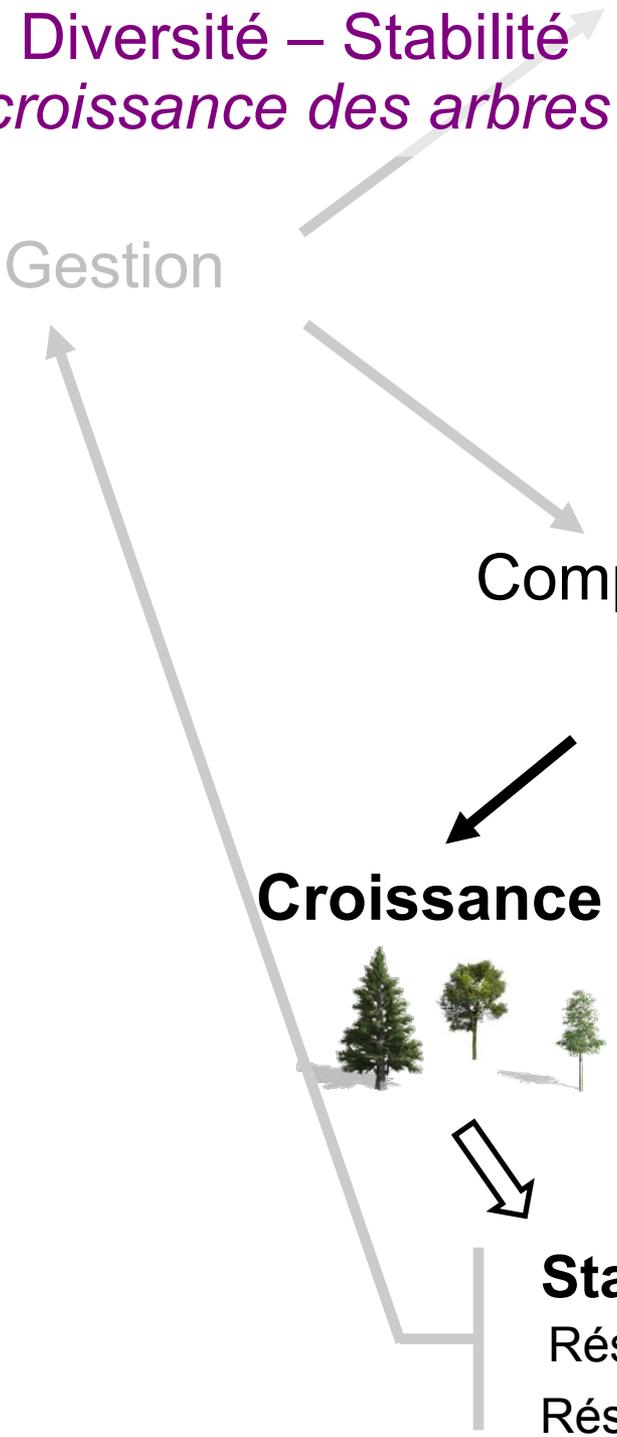


Stock de
graines

Composition et Structure
de la Régénération



Stabilité
Résilience
Résistance



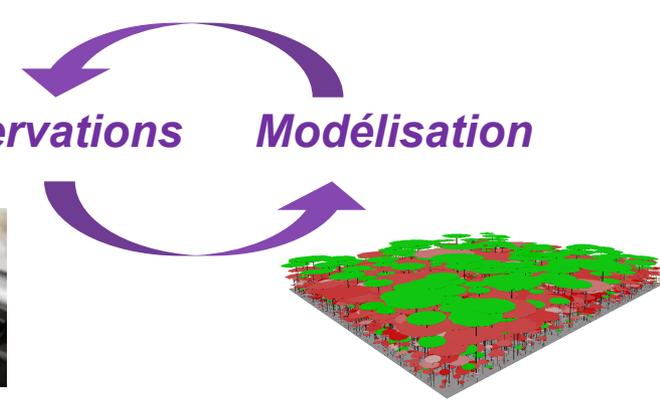
2

Diversité – Stabilité
croissance des arbres



Observations

Modélisation



Test de l'effet des **mélanges** et de la diversité des ligneux sur la **production** des peuplements et sa **stabilité** au cours du temps, en fonction du **climat**

- La stabilité des peuplements augmente avec la diversité (intra- et inter-spécifique)
- Effet dépendant de la structuration en taille des peuplements (hétérogénéité des hauteurs)
- Effet mélange plus fort en conditions plus stressantes (plus froides et/ou plus sèches)
- ... du fait que la diversité fonctionnelle intra-spécifique diminue avec l'altitude et/ou la latitude.

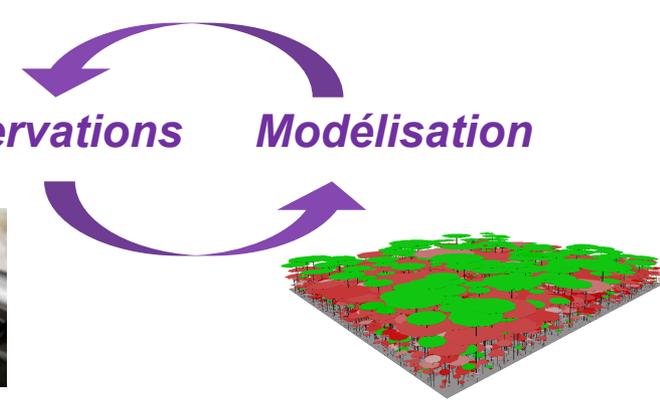
2

Diversité – Stabilité
croissance des arbres



Observations

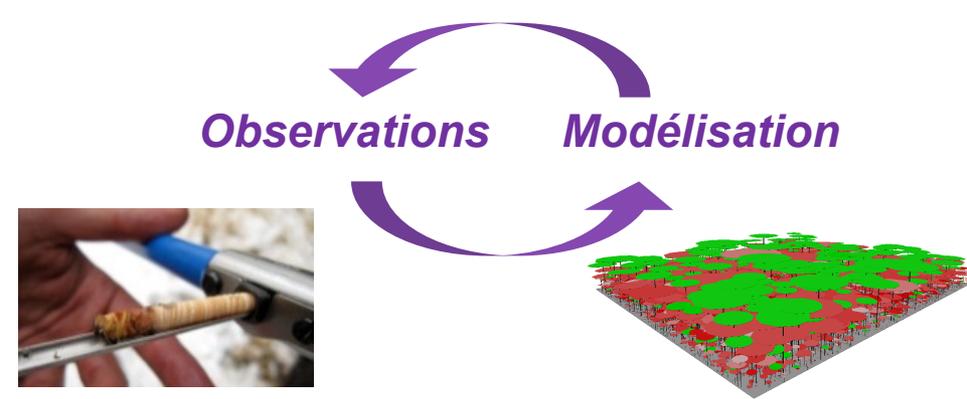
Modélisation



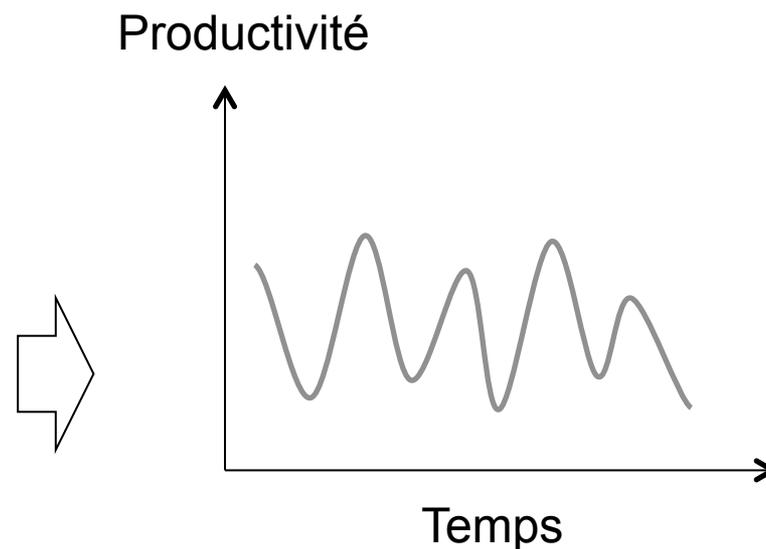
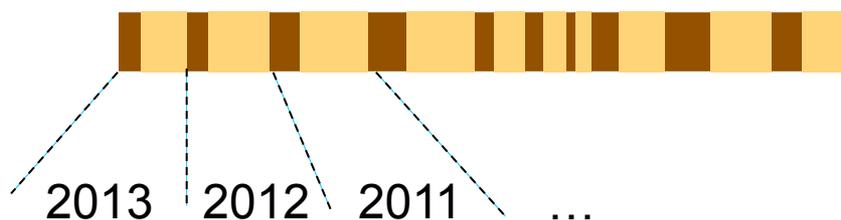
Test de l'effet des **mélanges** et de la diversité des ligneux sur la **production** des peuplements et sa **stabilité** au cours du temps, en fonction du **climat**



2 Diversité – Stabilité
croissance des arbres



Test de l'effet des **mélanges** et de la diversité des ligneux sur la **production** des peuplements et sa **stabilité** au cours du temps, en fonction du **climat**



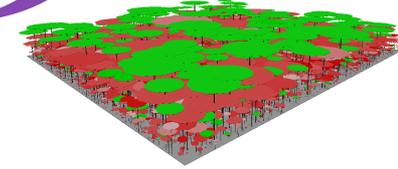
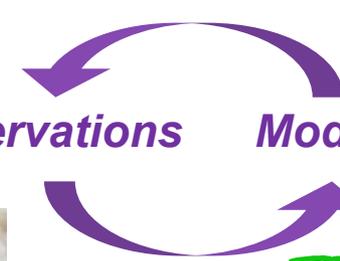
2

Diversité – Stabilité
croissance des arbres



Observations

Modélisation



Test de l'effet des **mélanges** et de la diversité des ligneux sur la **production** des peuplements et sa **stabilité** au cours du temps, en fonction du **climat**

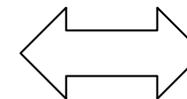


Productivité



Diversité

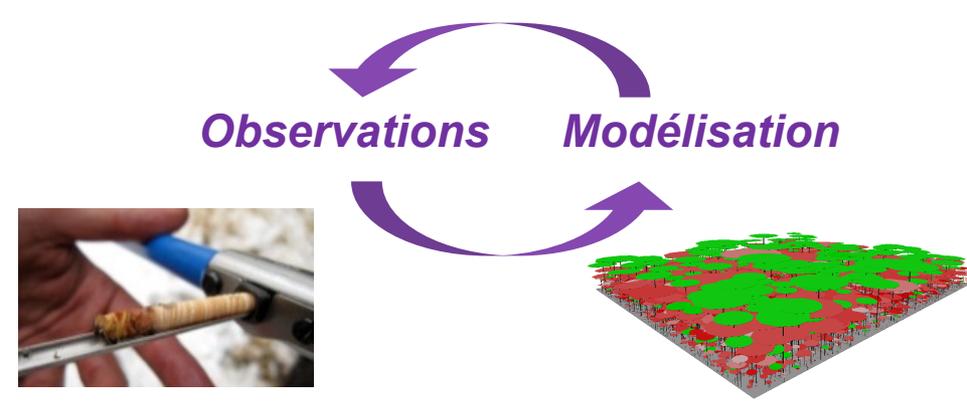
Productivité



Environnement

Modèles statistiques individu centrés ? Peuplement centrés ?

2 Diversité – Stabilité *croissance des arbres*



Test de l'effet des **mélanges** et de la diversité des ligneux sur la **production** des peuplements et sa **stabilité** au cours du temps, en fonction du **climat**

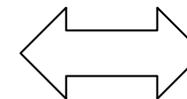


Stabilité



Diversité

Stabilité



Environnement

Modèles statistiques individu centrés ? Peuplement centrés ?

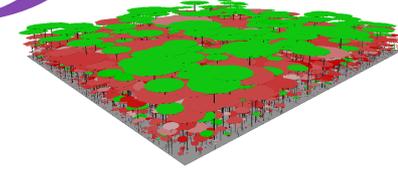
2

Diversité – Stabilité *croissance des arbres*

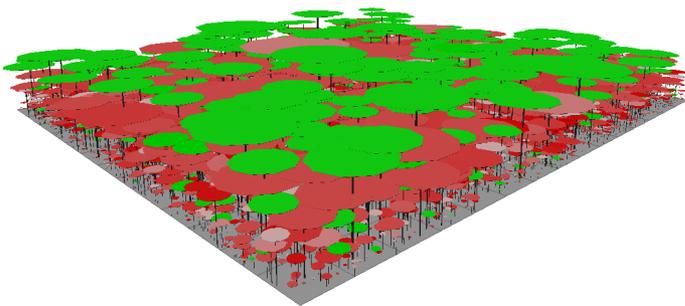


Observations

Modélisation



Test de l'effet des **mélanges** et de la diversité des ligneux sur la **production** des peuplements et sa **stabilité** au cours du temps, en fonction du **climat**

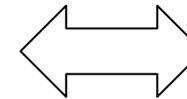


Stabilité



Diversité

Stabilité



Environnement

Verrous :

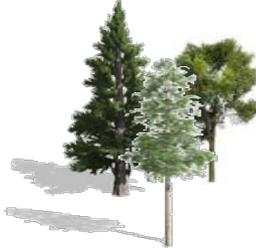
- calibration satisfaisante pour les sites
- + implémentation de la compétition pour l'eau

Programme de travail

3

**Diversité – Stabilité
régénération**

Biodiversité



*Changement
climatique*

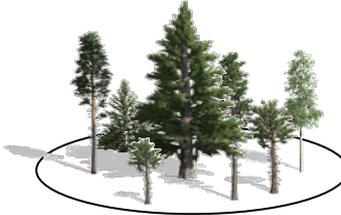


Environnement

Climat - Sol

Gestion

**Composition et Structure
du peuplement**



Croissance



Décomposition des
litières

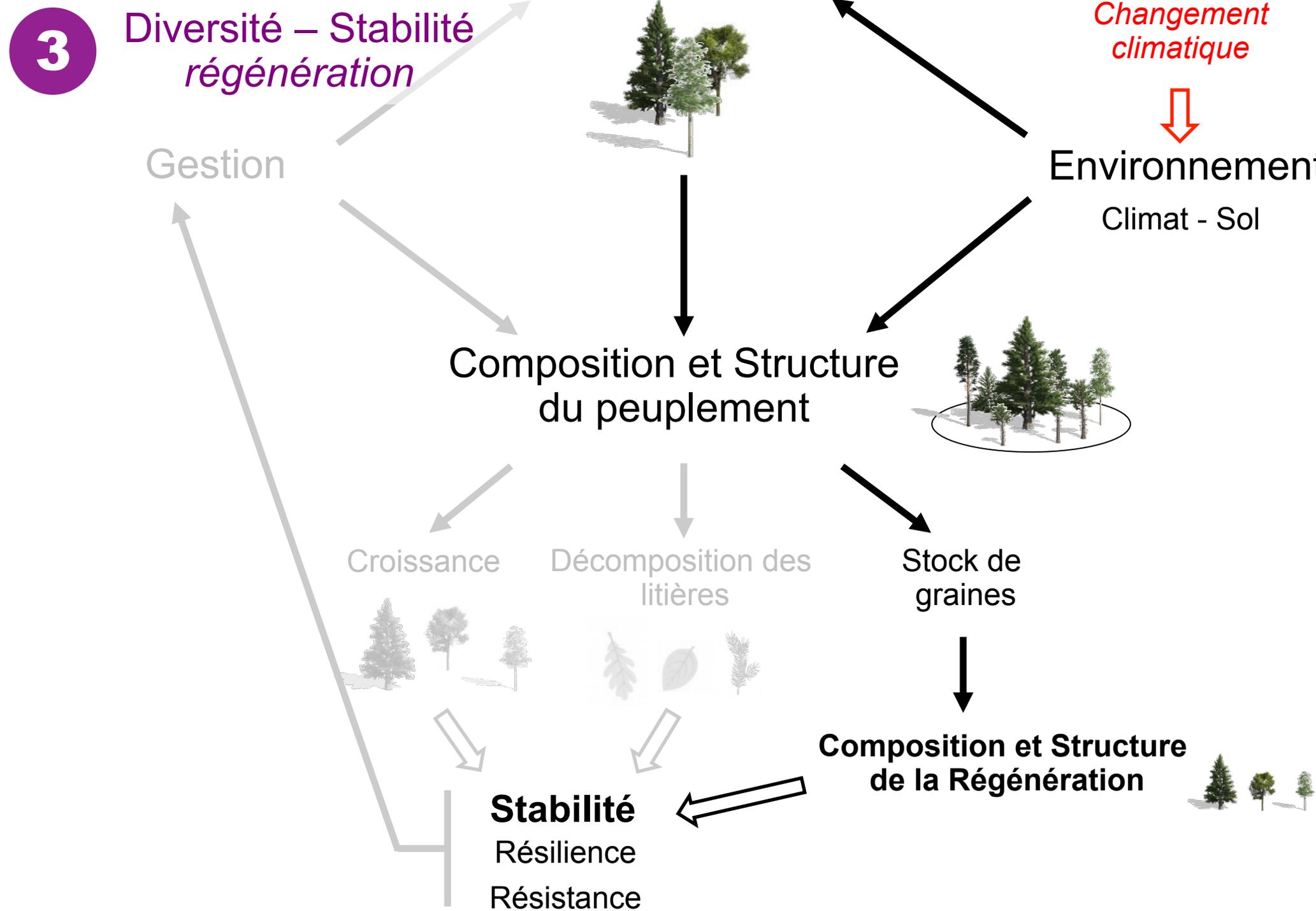


Stock de
graines

**Composition et Structure
de la Régénération**



Stabilité
Résilience
Résistance

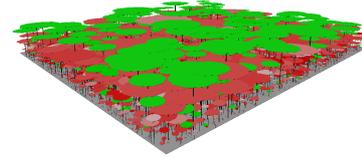
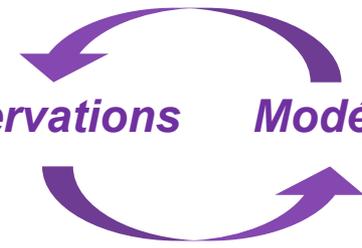


3

Diversité – Stabilité *régénération*



Observations Modélisation



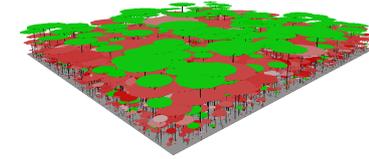
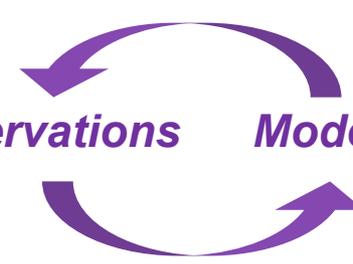
Réponse du succès de **régénération** des arbres à la **diversité** des espèces de couvert et aux **conditions environnementales**

- La régénération dépend de la diversité des ligneux et de la structure du peuplement
- La présence d'un sous-étage favorise la régénération en conditions climatiques plus stressantes mais est limitant en conditions plus optimales
- Après un stress, la régénération est plus importante dans les peuplements plus diversifiés

3 Diversité – Stabilité régénération



Observations Modélisation



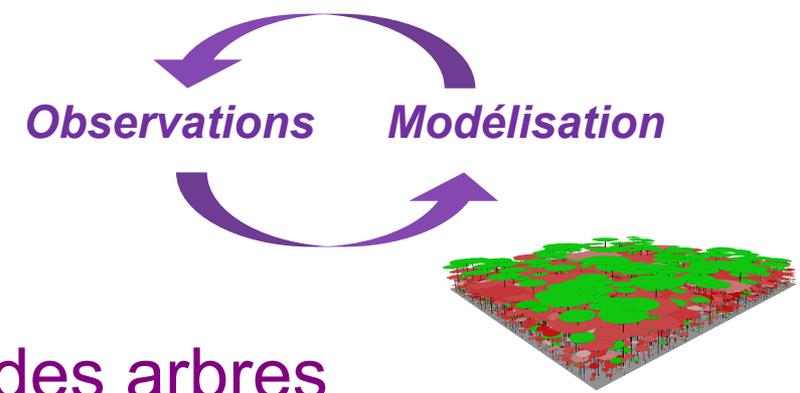
Réponse du succès de **régénération** des arbres à la **diversité** des espèces de couvert et aux **conditions environnementales**

- La régénération dépend de la diversité des ligneux et de la structure du peuplement
- La présence d'un sous-étage favorise la régénération en conditions climatiques plus stressantes mais est limitant en conditions plus optimales
- Après un stress, la régénération est plus importante dans les peuplements plus diversifiés



Facteurs confondants !
= Approche plus exploratoire

3 Diversité – Stabilité régénération

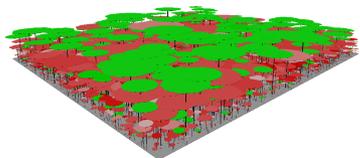


Réponse du succès de **régénération** des arbres à la **diversité** des espèces de couvert et aux **conditions environnementales**

- La régénération dépend de la diversité des ligneux et de la structure du peuplement
- La présence d'un sous-étage favorise la régénération en conditions climatiques plus stressantes mais est limitant en conditions plus optimales
- Après un stress, la régénération est plus importante dans les peuplements plus diversifiés



Facteurs confondants !
= Approche plus exploratoire



Dépend de l'avancement du développement

4

Diversité – Stabilité
décomposition

Biodiversité



Changement climatique

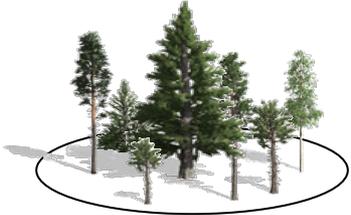


Environnement

Climat - Sol

Gestion

Composition et Structure
du peuplement



Croissance



Décomposition des
litières

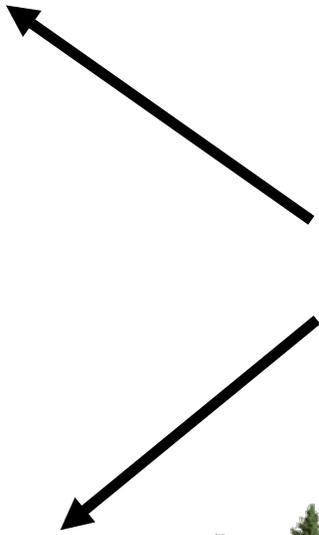
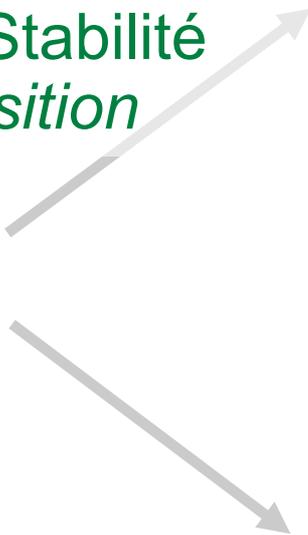
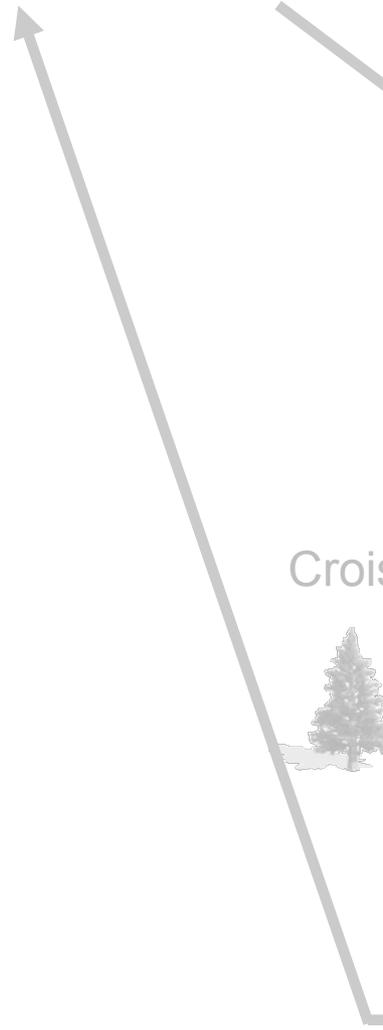


Stock de
graines

Composition et Structure
de la Régénération



Stabilité
Résilience
Résistance



4

Diversité – Stabilité *décomposition*

Expérimentation

Résilience de la **décomposition** des litières en fonction la **diversité** des espèces de couvert et des **conditions environnementales**



Hypothèse 1

Le processus de décomposition est plus résistant aux conséquences négatives d'une sécheresse accentuée dans les mélanges que dans les peuplements monospécifiques.

Test *in situ* de l'hypothèse 1 :

- « **Mini-exclusion** » de pluie (bâches suspendues)
 - = **Accentuation de la période sèche** (bâches mises en place pendant 60 jours)
- **Sachets de litière (Fig. 1)** avec litière foliaire 1 espèce ou 2 espèces
- **Distinction effets couvert/effets mélange de litières**
Transplantation réciproque et sachets de litière avec deux substrats neutres

4

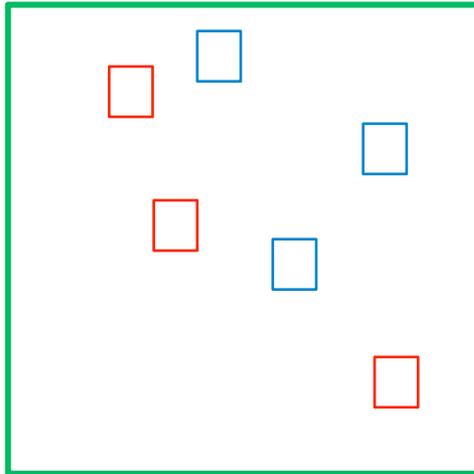
Diversité – Stabilité *décomposition*

Expérimentation



Design expérimental:

- 3 « mini-exclusions » et 3 contrôles par placette (6 quadrats)
- 4 récoltes prévues (automne 2015, printemps 2016, automne 2016, printemps 2016)
- 2 sachets de litière (1 monoculture / 1 mélange) par quadrat et date



5 sites (Sainte Baume, Grand Luberon, Mont Ventoux, Sud Vercors, Bauges)
en focalisant les mélanges hêtre / sapin ou hêtre / pin (nouv. esp)

4

Diversité – Stabilité *décomposition*

Expérimentation

Hypothèse 2

Le processus de décomposition est plus résilient en réponse à une sécheresse accentuée dans les mélanges d'espèces.



Test *in situ* de l'hypothèse 2 :

- En ajoutant un sachet de litière de chaque substrat dans chaque quadrats.
- Arrosage de ces sachets après l'application de la « mini-exclusion » de deux mois et récolte après 24 heures.

Variables de réponse:

- Perte en masse
- Perte en C, N et P (approche NIRS)
- Respiration basal et SIR (substrate induced respiration) des microorganismes
- Abondance et composition de la macrofaune du sol
- Activité enzymatique (hypothèse 2)

Observations et expérimentations dans le cadre de DISTIMACC

Diversité – Stabilité

2

Croissance

3

Régénération

4

Décomposition



Inventaires et biométrie

Arbres Arbustes Régénération

Traits fonctionnels et d'histoire de vie



Age Croissance

Densité du bois

Traits foliaires Chimie



LAI

Phénologie



Expérimentations

Pièges à graines et litière

Décomposition

Observations et expérimentations dans le cadre de DISTIMACC

Diversité – Stabilité

2

Croissance

3

Régénération

4

Décomposition



Inventaires et biométrie

Arbres Arbustes Régénération

Traits fonctionnels et d'histoire de vie



*Age Croissance
Densité du bois*

Traits foliaires Chimie



*LAI
Phénologie*



Expérimentations

*Pièges à graines et litière
Décomposition*

Observations et expérimentations dans le cadre de DISTIMACC

Diversité – Stabilité

2

Croissance

3

Régénération

4

Décomposition



Inventaires et biométrie
Arbres Arbustes Régénération

BioProFor

DISTIMACC

DISTIMACC

Traits fonctionnels et d'histoire de vie



Age Croissance
Densité du bois

Traits foliaires Chimie

BioProFor

DISTIMACC

DISTIMACC

DISTIMACC

DISTIMACC



LAI
Phénologie

BioProFor

BioProFor

BioProFor



Expérimentations
Pièges à graines et litière
Décomposition

DISTIMACC

Observations et expérimentations dans le cadre de DISTIMACC

Diversité – Stabilité

+ placettes supplémentaires

2

Croissance

3

Régénération

4

Décomposition



Inventaires et biométrie
Arbres Arbustes Régénération

BioProFor

DISTIMACC

DISTIMACC

Traits fonctionnels et d'histoire de vie



Age Croissance
Densité du bois

Traits foliaires Chimie

BioProFor

DISTIMACC

DISTIMACC

DISTIMACC

DISTIMACC



LAI
Phénologie

BioProFor

BioProFor

BioProFor



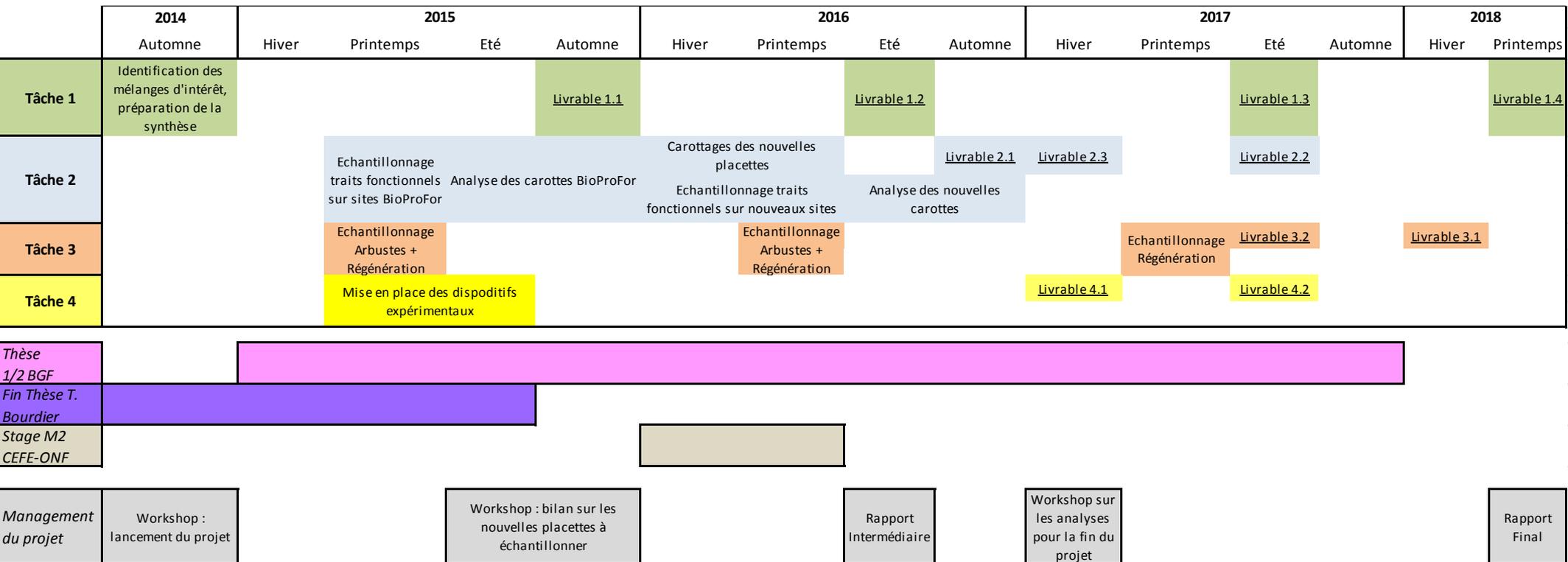
Expérimentations
Pièges à graines et litière
Décomposition

DISTIMACC

Planning

Début de projet :

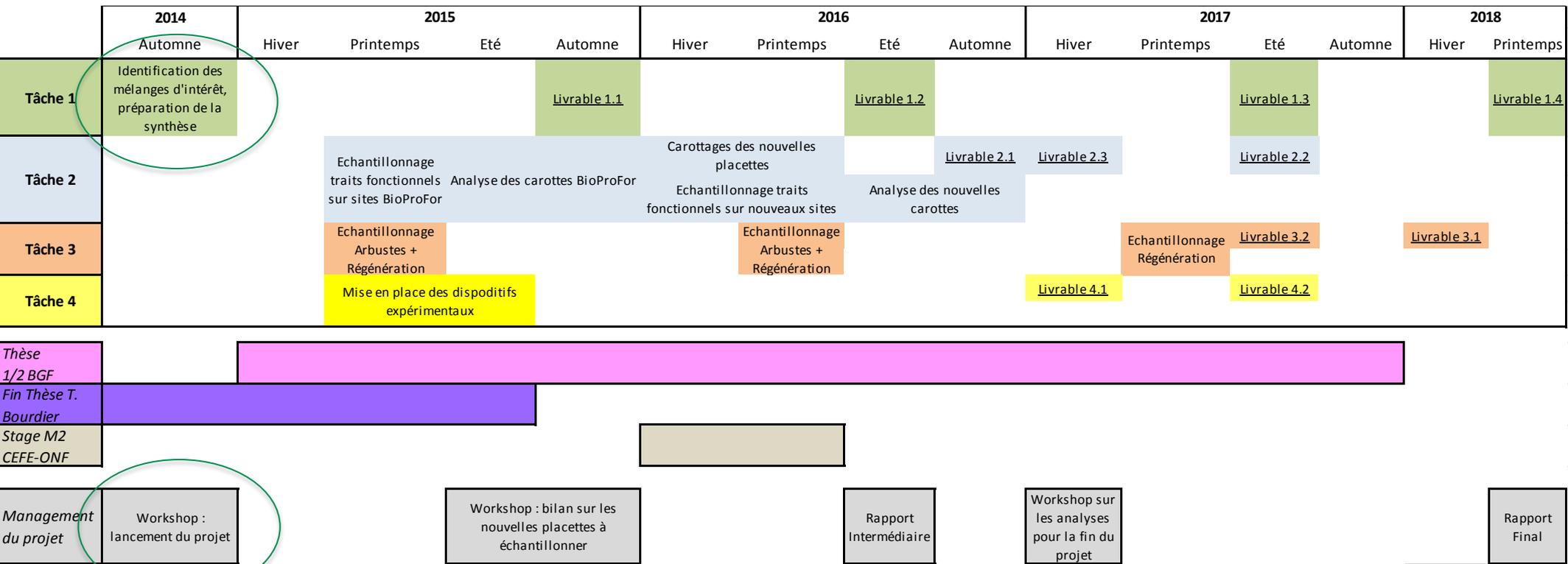
- **Workshop de lancement du projet**
- **Identification des mélanges d'intérêt**



Planning

Début de projet :

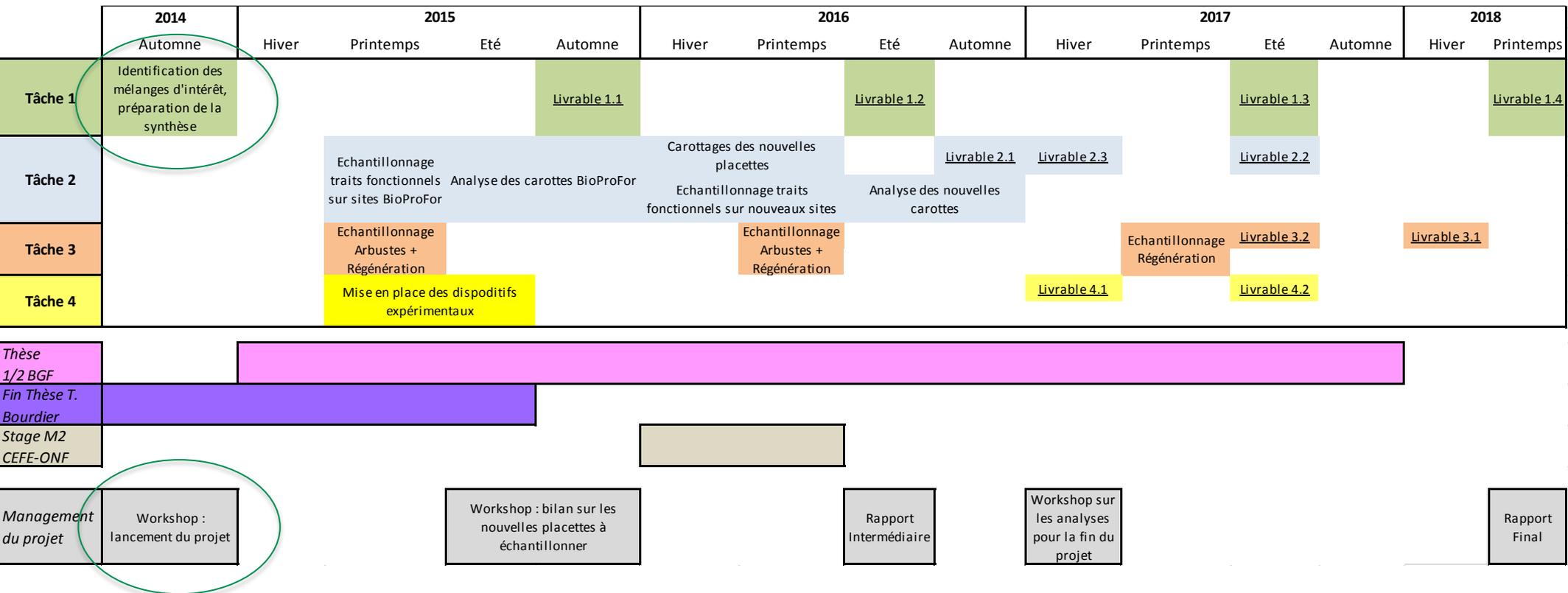
- **Workshop de lancement du projet**
- **Identification des mélanges d'intérêt**



Planning

Début de projet :

- **Workshop de lancement du projet**
- **Identification des mélanges d'intérêt**



Etat au 16 septembre 2014 :

- Début du projet en octobre 2014
- Début de la thèse BGF hiver/printemps 2015

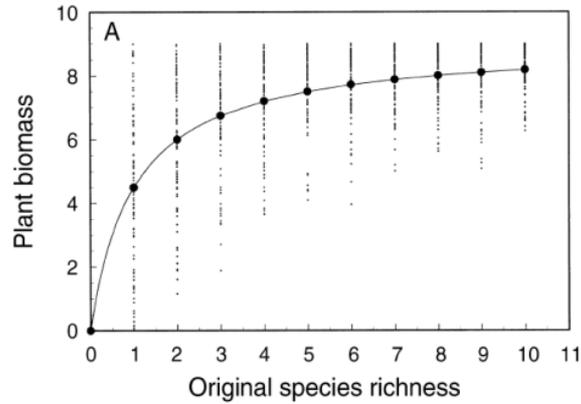
Merci !

La relation diversité-productivité



La relation diversité-productivité

Travaux théoriques



Tilman *et al.* 1997
Loreau 1998

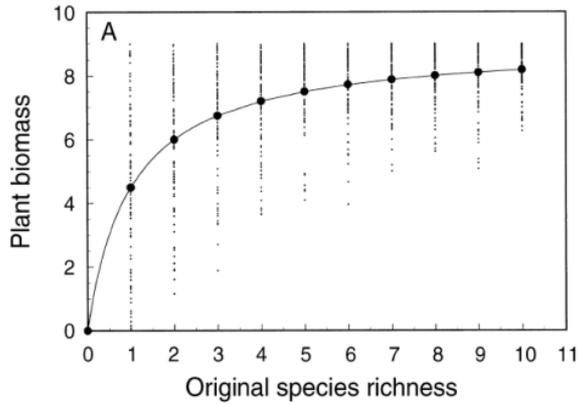
Biodiversité



**Fonctionnement des
Ecosystèmes**

La relation diversité-productivité

Travaux théoriques



Tilman *et al.* 1997
Loreau 1998

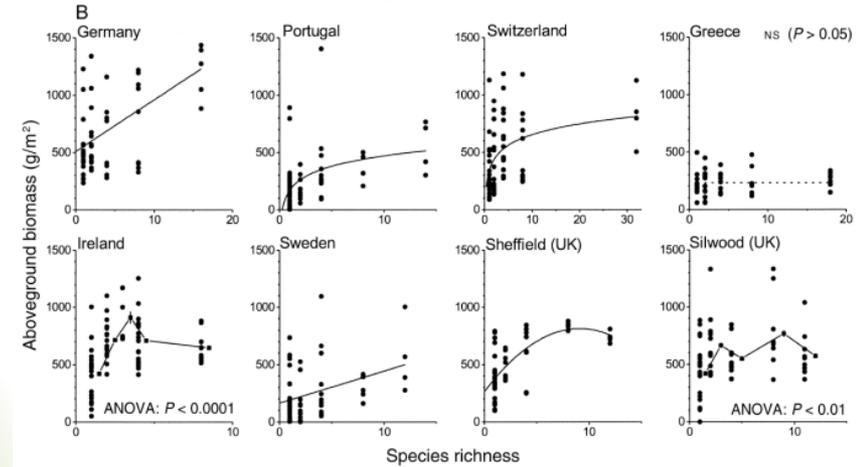
Biodiversité



Fonctionnement des Ecosystèmes

Hector *et al.* 1999
Cardinale *et al.* 2012

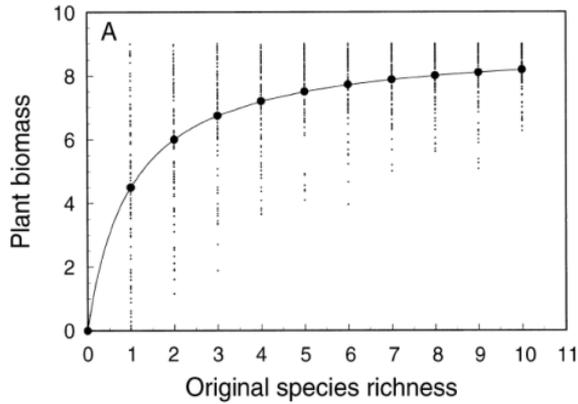
Expérimentations



La relation diversité-productivité

en forêt

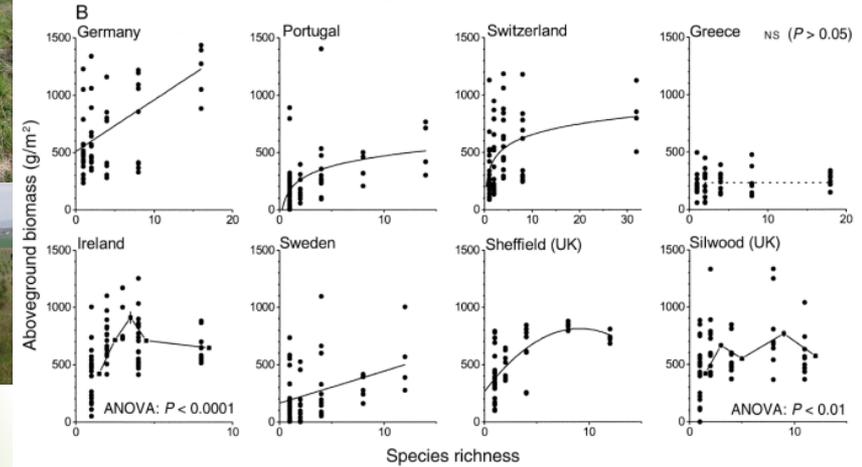
Travaux théoriques



Tilman *et al.* 1997
Loreau 1998



Expérimentations



Biodiversité



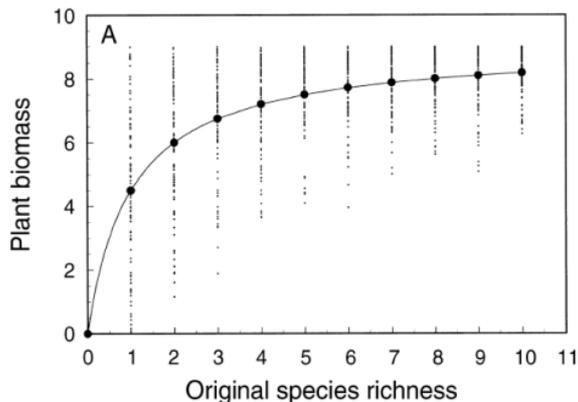
Fonctionnement des Ecosystèmes

Hector *et al.* 1999
Cardinale *et al.* 2012

La relation diversité-productivité

en forêt

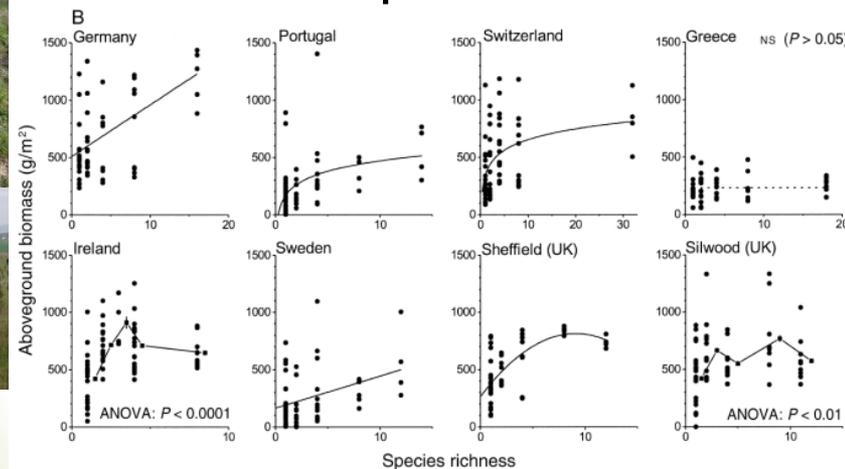
Travaux théoriques



Tilman *et al.* 1997
Loreau 1998



Expérimentations

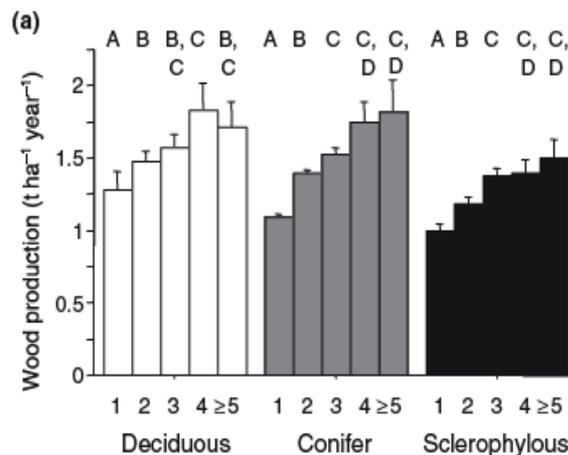


Biodiversité



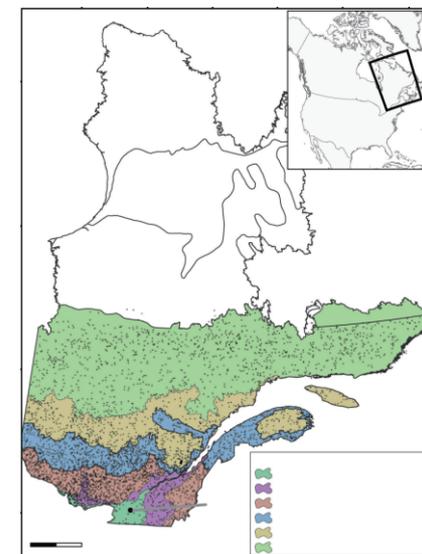
Fonctionnement des Ecosystèmes

Hector *et al.* 1999
Cardinale *et al.* 2012



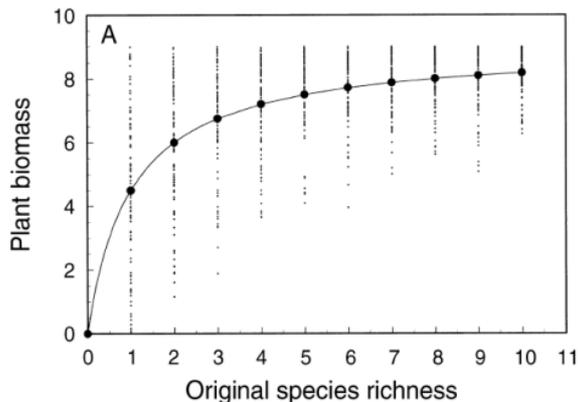
Vila *et al.* 2007
Paquette & Messier 2011
Vila *et al.* 2013

Observations



La relation diversité-productivité *en forêt*

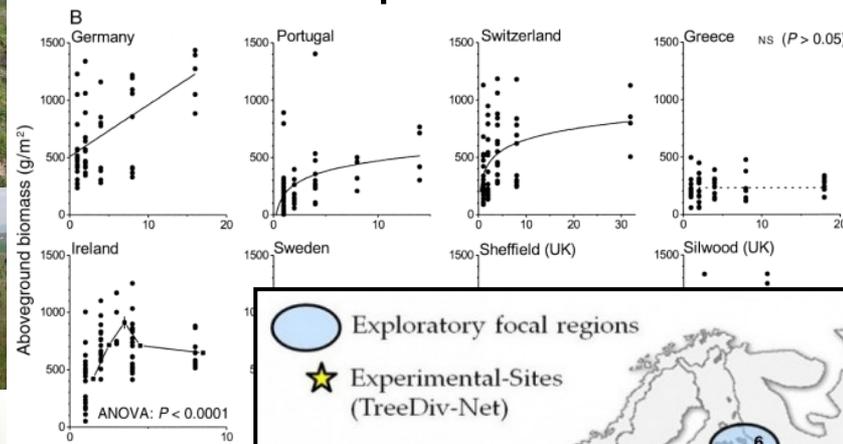
Travaux théoriques



Tilman *et al.* 1997
Loreau 1998



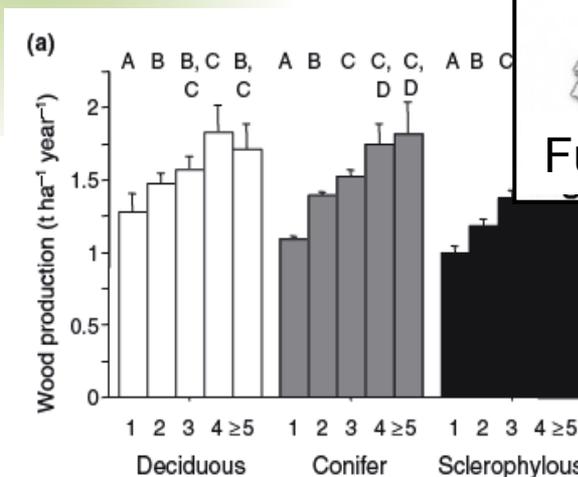
Expérimentations



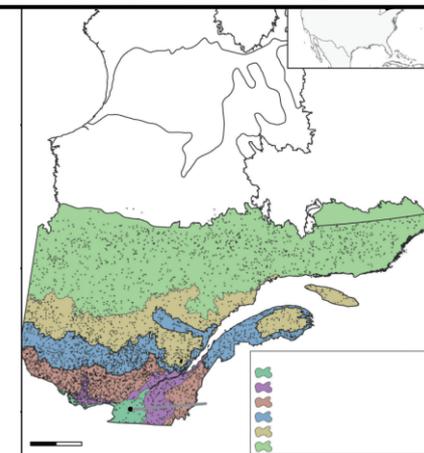
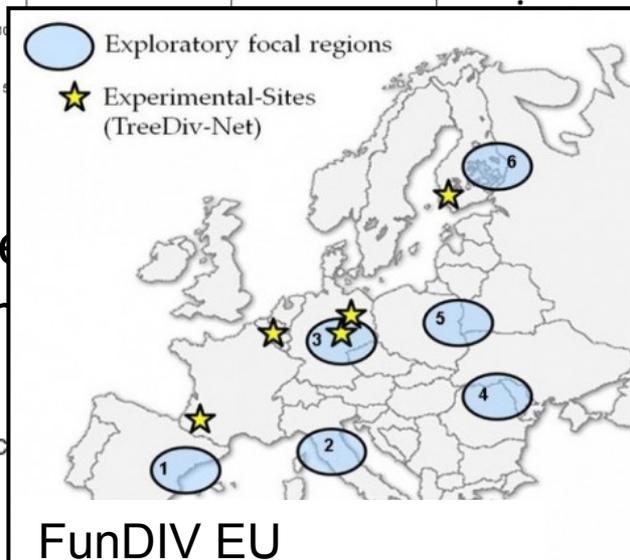
Biodiversité



**Fonctionnement
Ecosystème**



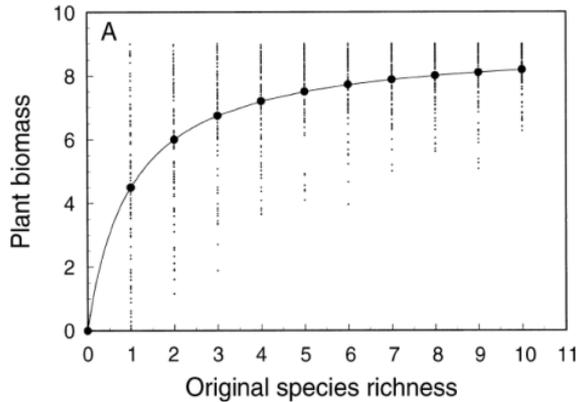
Vila *et al.* 2007
Paquette & Messier 2011
Vila *et al.* 2013



La relation diversité-productivité

en forêt

Travaux théoriques



Tilman *et al.* 1997
Loreau 1998

Biodiversité

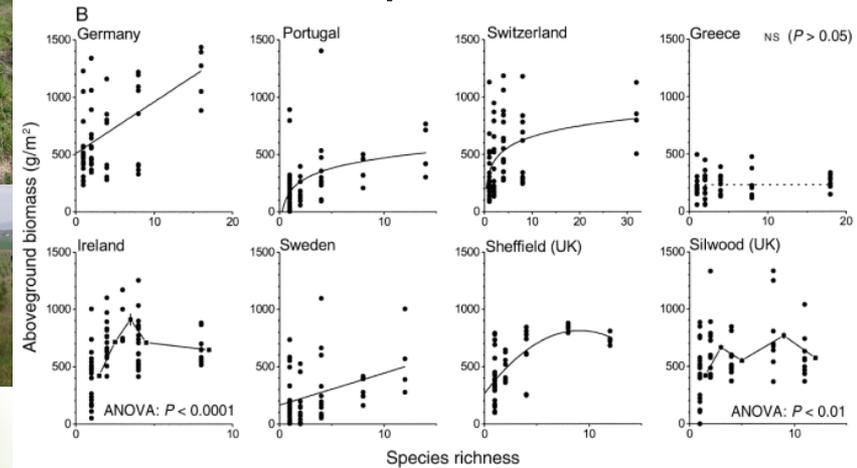


Fonctionnement des Ecosystèmes

Hector *et al.* 1999
Cardinale *et al.* 2012



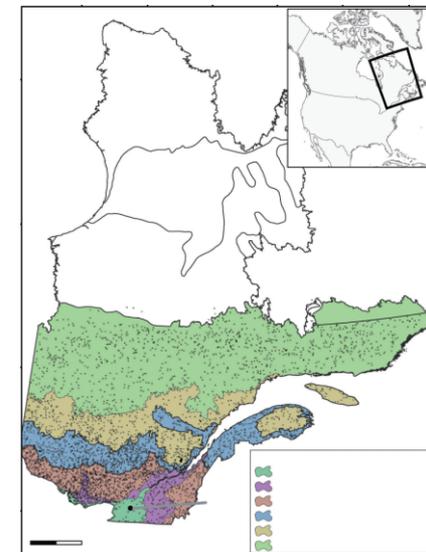
Expérimentations



Modèle de dynamique forestière

- outil indépendant
- espèces "réelles" :
 - paramètres = dérivés de mesures sur les traits
- long-terme = richesse spécifique réalisée
- grand nombre de combinaisons d'espèces

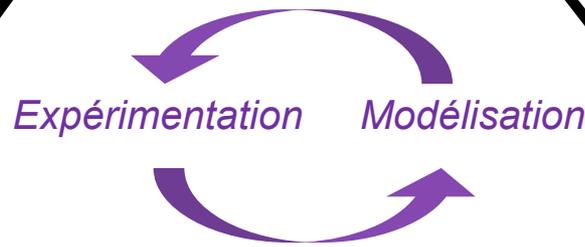
Observations



**Changement
climatique**



Environnement
Climat - Sol



Biodiversité

*Répartition des espèces
Composition des communautés*



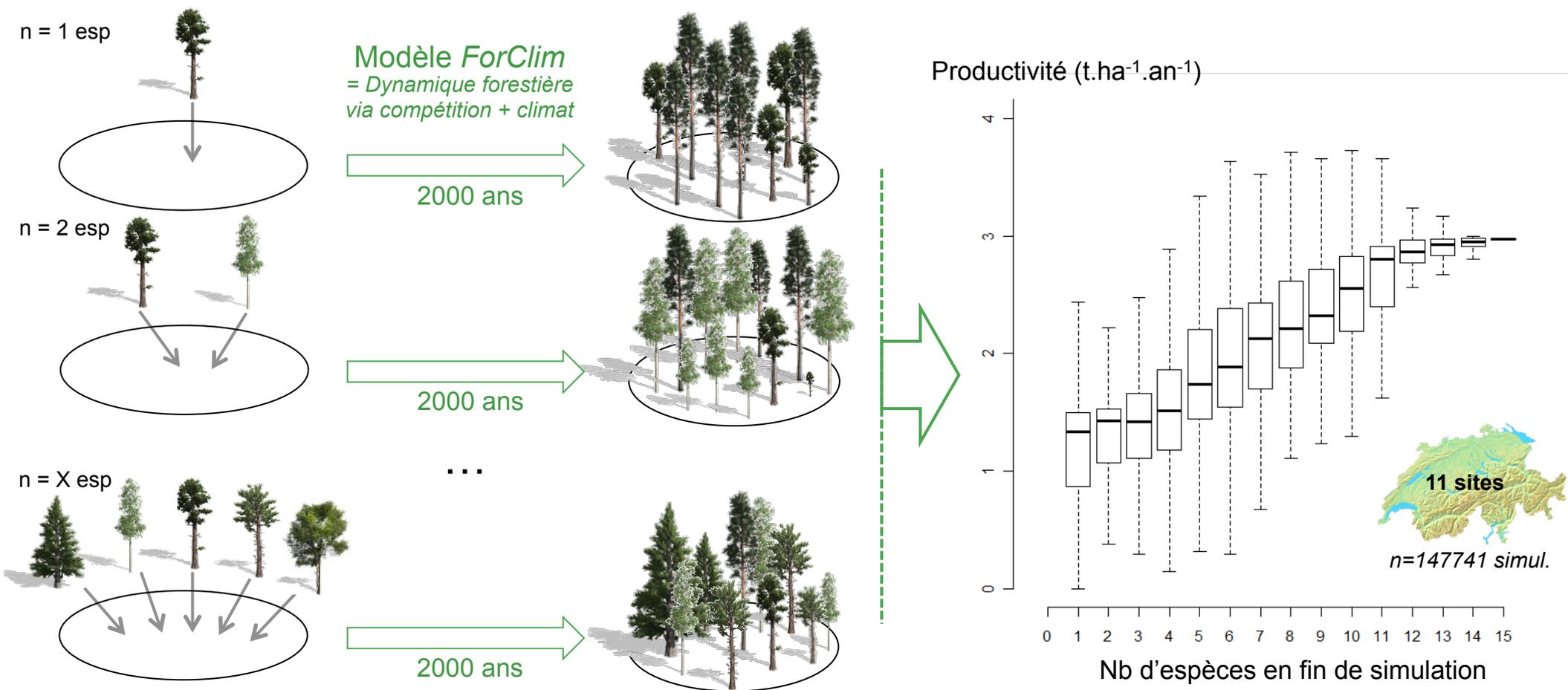
Fonctionnement et
Résilience des
Écosystèmes

Productivité



Relation *Diversité – Productivité* dans les écosystèmes forestiers ?

⇒ Expériences virtuelles par modélisation



Les forêts mélangées sont plus productives que les monocultures
+ Mise en évidence d'une complémentarité de niche entre espèces

Approche prometteuse...

Principes du modèle

Volume change of a tree:

$$dV/dt = r \cdot L - m \cdot V$$

Photosynthesis Respiration

- allometric relationships:

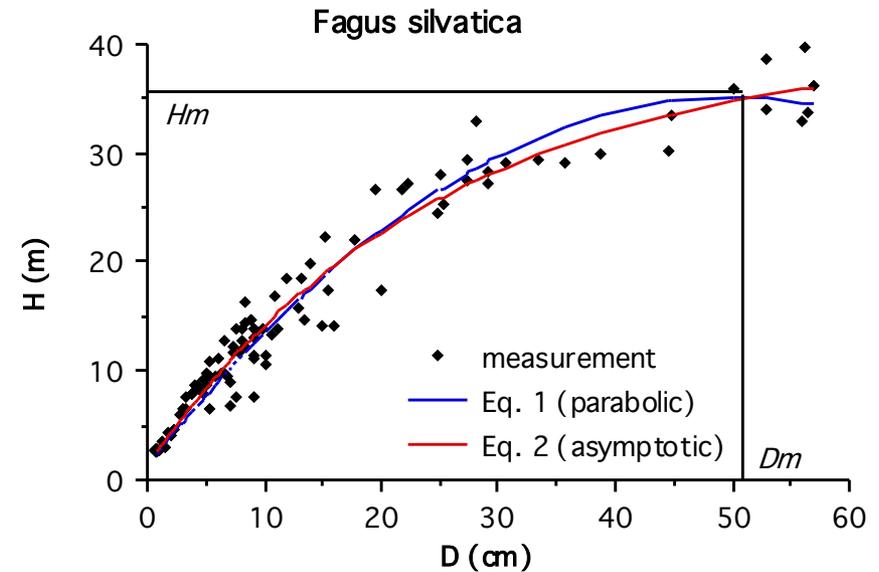
$$V = f_1(H, D)$$

$$L = f_2(D)$$

$$H = f_3(D)$$

- from which follows:

$$\frac{dD}{dt} = g \cdot D \cdot \left(1 - \frac{H}{H_{max}}\right) \cdot \frac{1}{b(D)} \cdot f(e)$$



Principes du modèle

$$f(e) = ?$$

Facteurs:

lumière

température

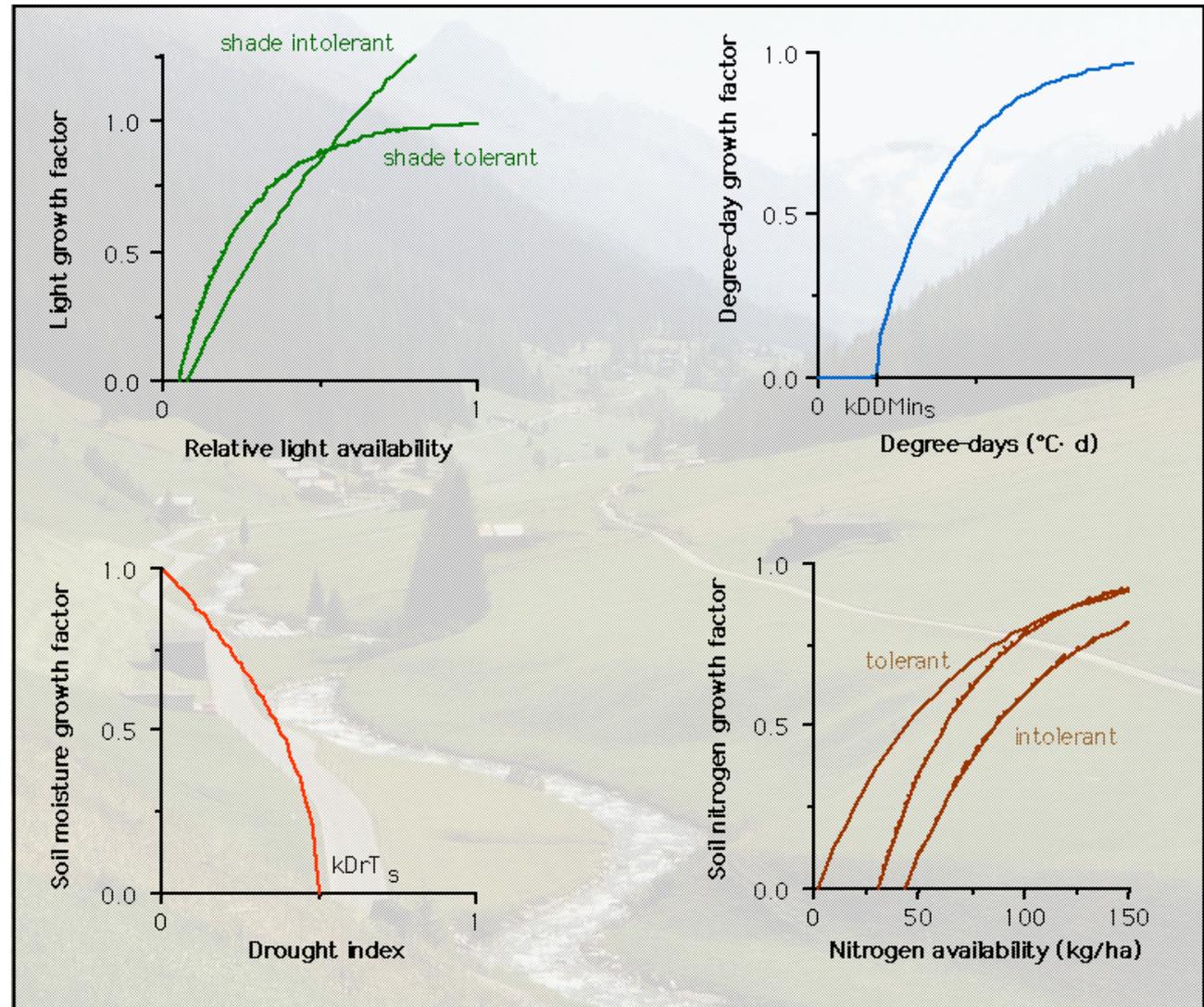
stress hydrique

azote

- Etablissement
(même facteurs
+ abrouissement)

- Mortalité

- Age-dépendante
- Stress-dépendante
- Perturbations



Principes du modèle

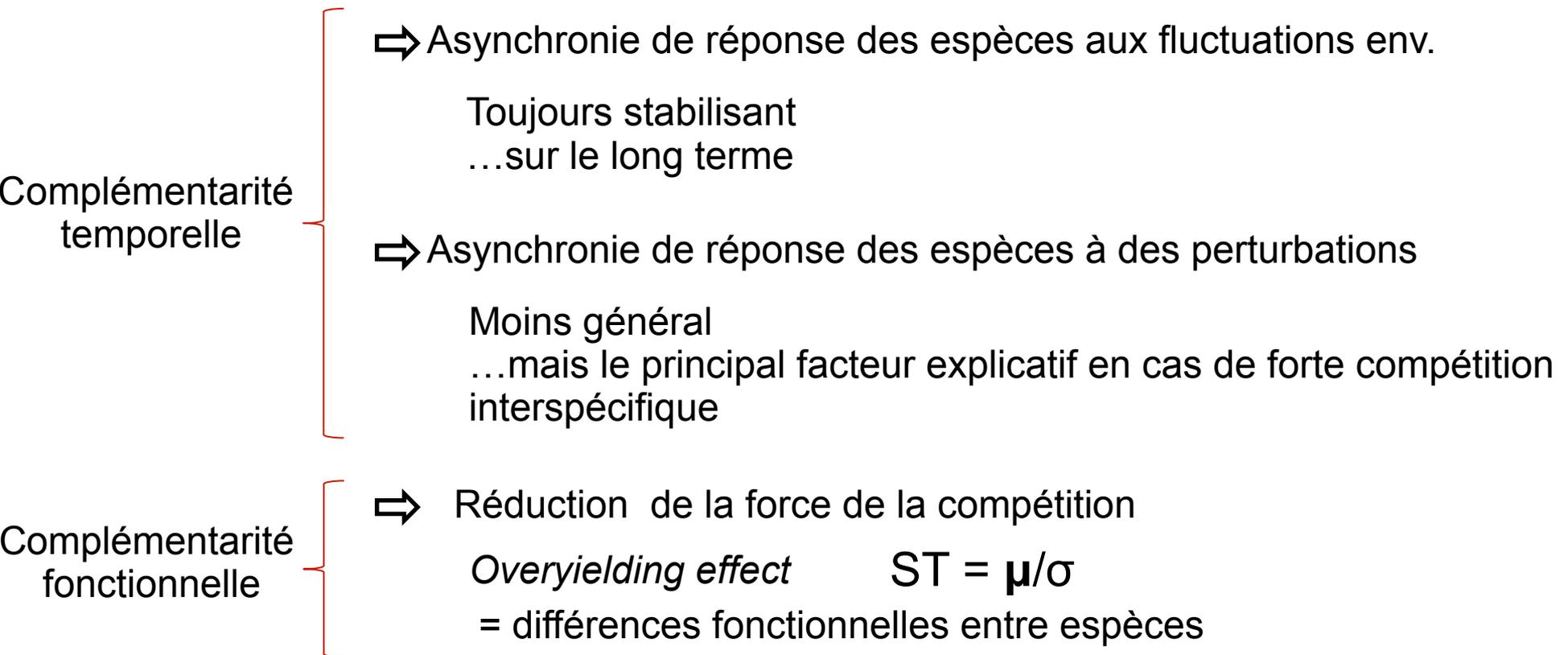
Site Cleuson VS, 2120 m a.s.l., larch-Stone pine forests

- At the level of a single patch:

- Averaged across 200 patches (≈ 16 ha):

3 Synthèse des mécanismes

3 mécanismes principaux pour expliquer l'effet de la diversité sur la stabilité



Limites = autres interactions (trophiques ou non), hétérogénéité spatiale

Difficulté de séparer les effets ! => de Mazancourt et al. 2013 Ecol. Lett.

2 outils principaux : le dispositif BioProFor et le modèle ForCEEPS

ForCEEPS

(Morin, de Coligny, Fahse & Bugmann)

= un modèle de dynamique forestière pour étudier l'effet de la diversité sur les proc. écosyst.

1- Retranscription de ForClim

Automne 2012 – Hiver 2013

2- Validation sur les 11 sites de ForClim

Printemps 2014

3- Validation (+ Calibration ?) sur de nouveaux sites

4- Incorporation de la variabilité intra-spécifique

Été 2014

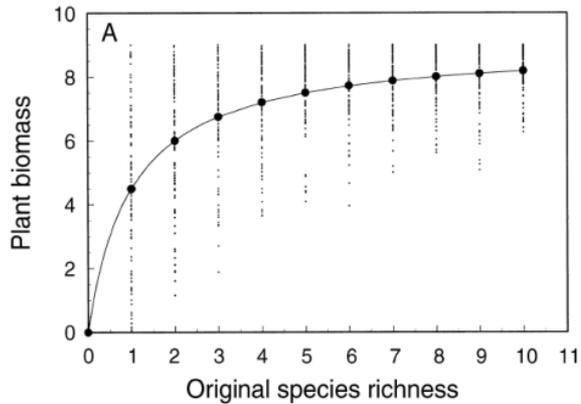
5- Module de compétition pour l'eau => Ecosystèmes méditerranéens

6- Amélioration de la régénération

La relation diversité-productivité

Travaux théoriques

Expérimentations

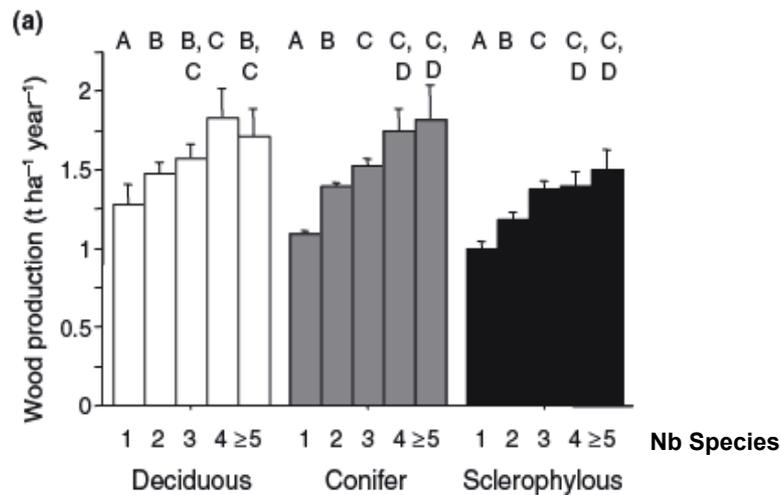


Tilman *et al.* 1997

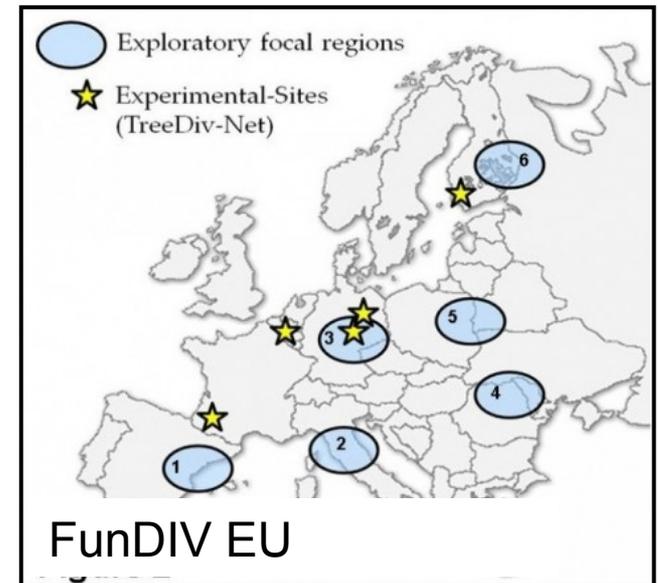
Biodiversité



Fonctionnement des Ecosystèmes ✓



Observations

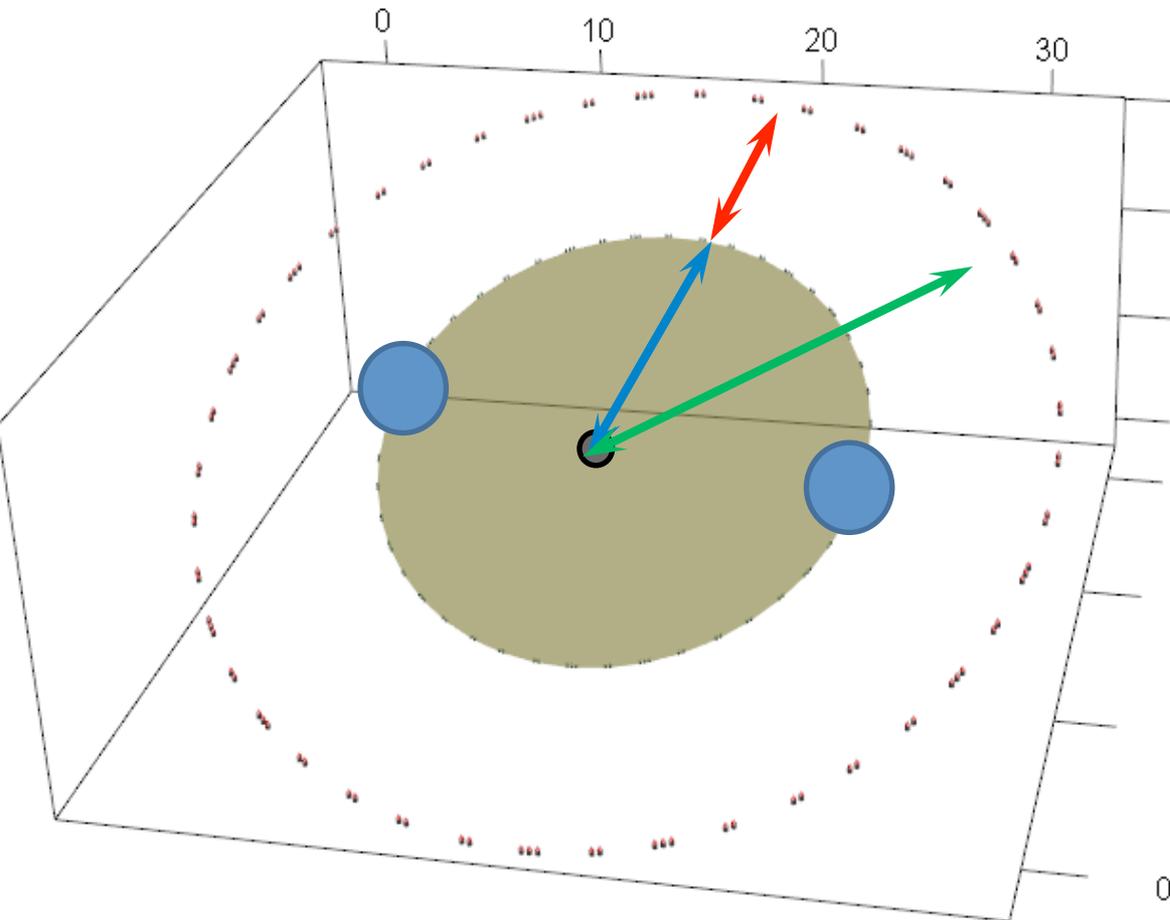


Vila *et al.* 2007

Rayon total : 17.50 Mètres (1000 m²)

Rayon cœur: 10.00 Mètres

Rayon zone tampon : 7.50 Mètres



Micro station météo



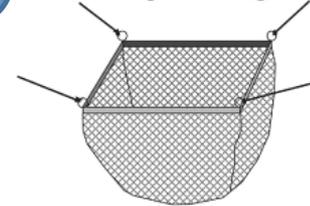
T°air/RH

Time Lapse Cam



Phénologie

2 piège a graines



2014?

Mesures :

- Hauteur/diamètre (zone totale) de tous les arbres
 - Carottage (zone cœur) des arbres avec un diamètre > 7.5 cm
 - Mesures sur les bas ligneux (densité, traits)
- => 2014

Diversité et Stabilité des écosystèmes en contexte de changement climatique

Un débat qui fait long-feu...

Théorie → *Simple models of interspecific competition became less stable [...] as the number of interacting species increased*

May (1972)

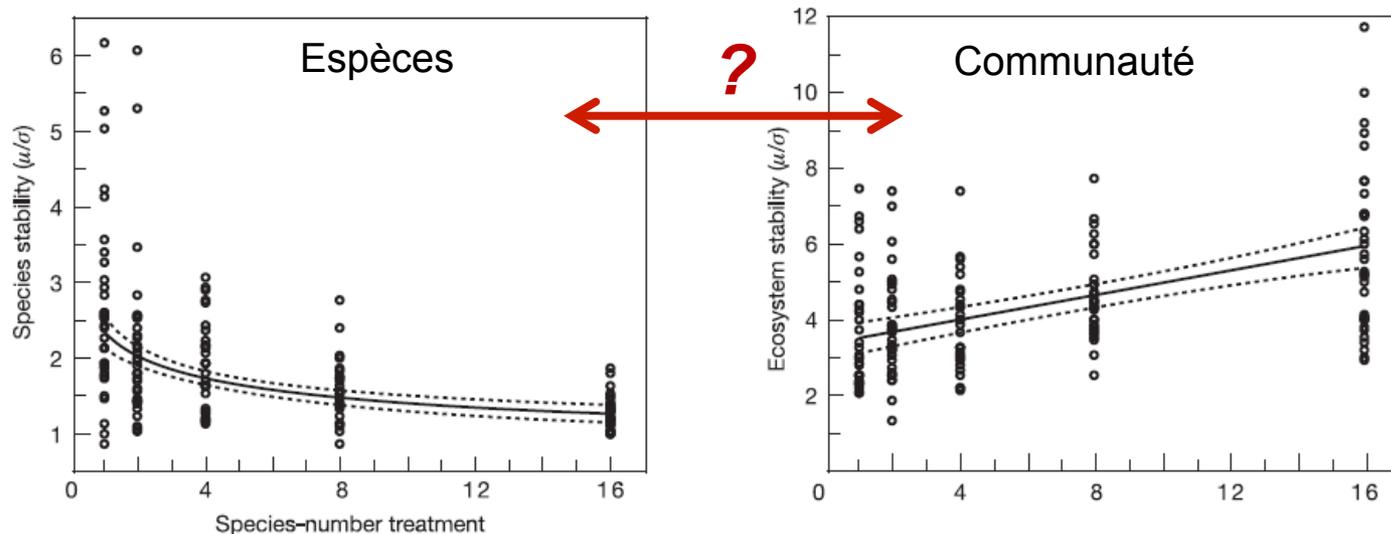
Plus de diversité et de complexité dans un écosystème mènent à plus d'instabilité

Expérimentations → *En moyenne, un effet stabilisant de la diversité*

Ives & Carpenter (2007)

...partiellement résolu

Mécanismes ?



Tilman et al. (2006)

4 Diversité – Stabilité *décomposition*

Résilience de la **décomposition** des litières en fonction la **diversité** des espèces de couvert et des **conditions environnementales**



- Une plus grande diversité des ligneux accélère la décomposition des litières
- Cet effet est lié à la diversité des plantes sur le site et à leurs effets sur les cd. environ., et de la diversité des litières elle-même
- La résistance et la résilience de la décomposition sont plus importantes avec une plus grande diversité

4

Diversité – Stabilité décomposition

Expérimentation

Résilience de la décomposition des litières en fonction la diversité des espèces de couvert et des conditions environnementales



Hypothèse 1:

Le processus de la décomposition est plus résistant aux conséquences négatives d'une sécheresse accentuée dans des mélanges d'espèces d'arbre.

In situ test de l'hypothèse 1:

- « **Mini-exclusion** » de pluie en utilisant des bâches (1.5 x 1.5 m) suspendus à 0.5 m de la surface de sol.
- **Accentuation de la période sèche:** bâches mises en place pendant 60 jours de mi-juillet à mi-septembre (deux années de suite).
- **Sachets de litière (Fig. 1)** remplis de litière foliaire d'une espèce (placettes monocultures) ou de deux espèces (mélanges) exposés pendant deux ans.
- **Distinction effets couvert/effets mélange de litières:** Transplantation réciproque et sachets de litière avec deux substrats neutres (papier cellulose et bâtons de bois)

4

Diversité – Stabilité décomposition

Expérimentation

Design expérimental:

- 3 « mini-exclusion » et 3 contrôle par placette (6 cadrats) (Fig. 2)
- 4 récoltes prévues (automne 2015, printemps 2016, automne 2016, printemps 2016)
- 2 sachets de litière (1 monoculture / 1 mélange, Fig. 1) par cadrat et date



Fig. 1: Sachet de litière pour laisser passer la faune (jusqu'à 8 mm)

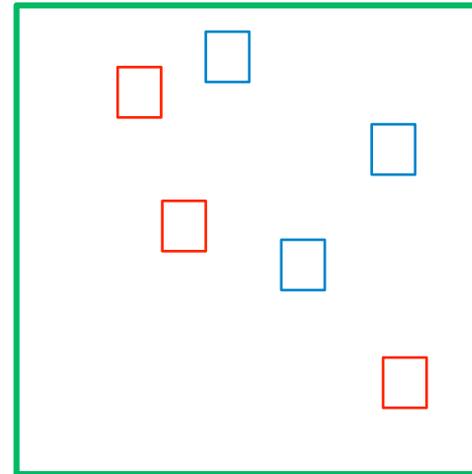


Fig. 2: Dispositif expérimental: en vert une placette, en bleu 3 cadrats de contrôle, et en rouge 3 cadrats de « mini-exclusion »

➔ 5 sites (Sainte Baume, Grand Luberon, Mont Ventoux, Sud Vercors, Bauges) en focalisant les mélanges hêtre / pin

5 sites x 6 placettes x 6 cadrats x 4 récoltes x 2 sachets = 1080 sachets de litières

5 sites x 6 placettes x 6 cadrats x 4 récoltes x 1 sachet = 540 sachets de cellulose

5 sites x 6 placettes x 6 cadrats x 4 récoltes x 1 sachet = 540 sachets de bât. de bois

4

Diversité – Stabilité *décomposition*

Expérimentation

Hypothèse 2:

Le processus de la décomposition est plus résilient en réponse à une sécheresse accentuée dans des mélanges d'espèces d'arbre.



In situ test de l'hypothèse 2:

- En ajoutant un sachet de litière de chaque substrat dans chaque cadrats.
- Arrosage de ces sachets après l'application de la « mini-exclusion » de deux mois et récolte après 24 heures.

Variables de réponse:

- Perte en masse
- Perte en C, N et P (approche NIRS)
- Respiration basal et SIR (substrate induced respiration) des microorganismes
- Abondance et composition de la macrofaune du sol (les deux récoltes en automne)
- Activité enzymatique (uniquement pour hypothèse 2)