

ANR - AO "Systema" – 2010

Projet "Intens&Fix"

**« Intensification écologique des écosystèmes de
plantations forestières.**

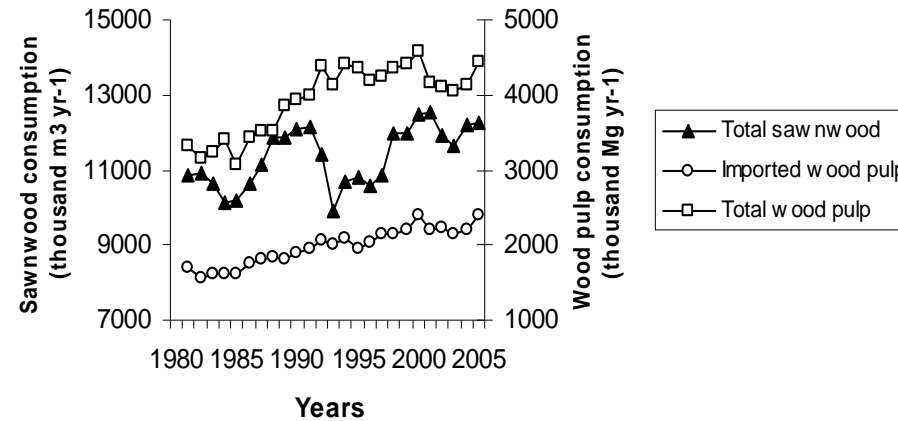
**Modélisation biophysique et évaluation socio-économique
de l'introduction d'espèces fixatrices d'azote »**

Coordinateur : Jean-Pierre Bouillet, CIRAD, UMR Eco&Sols

Présenté par Jean-Michel Harmand, CIRAD, UMR Eco&Sols

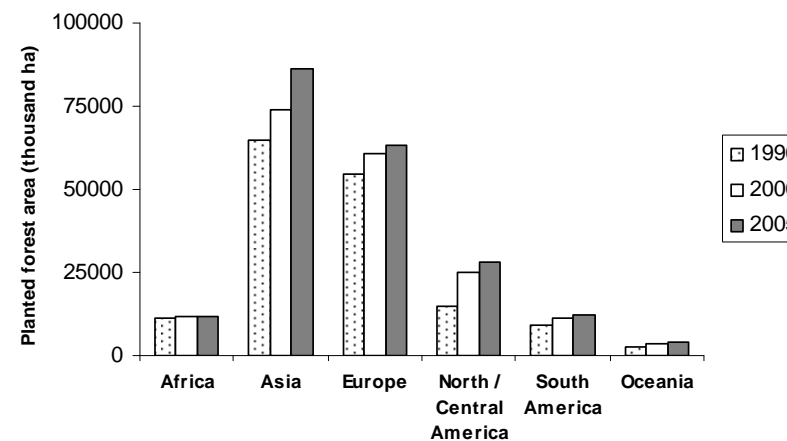
Contexte

Augmentation régulière en France et dans le monde de la demande en produits ligneux



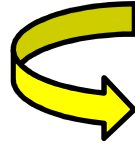
Evolution entre 1980 et 2005 de la consommation en bois de sciage et de pâte à papier en France (<http://faostat.fao.org>)

Cette demande n'est pas **satisfaite** par les forêts naturelles seules mais de + en + par les **plantations forestières (PF)** : 5% de la surface boisée → 35% de la production ligneuse.



Evolution des surfaces de PF dans le monde entre 1990 et 2005 (FAO, 2005)

Mais **l'extension** des PF est **limitée** :
accès aux terres arables (compétition avec l'agriculture, ...)



Les **rendements** doivent **augmenter** sur des sols
relativement peu fertiles
(en général pas de compensation par la fertilisation des pertes liées à l'exportation du bois)

La **durabilité** des PF est donc un **enjeu** majeur,
particulièrement au vu des risques de déficits en **N** et **P**

Plus généralement une attention particulière doit être portée à :

- La **préservation** des ressources organiques, minérales et hydriques
 - L'**efficience** d'utilisation des potentialités stationnelles

ET

- L'attractivité des **innovations** pour les acteurs

Hypothèse Centrale

**Possibilité d'une intensification écologique des PF
par l'association d'espèces fixatrices d'azote (EFA)**

✔ **Production** des PF : maximiser interactions >0 entre espèces
→ meilleure efficacité d'utilisation des ressources: eau, nutriments

✔ biodisponibilité de **N** : fixation symbiotique N_2 et recyclage du N
(litières aériennes/souterraines, exsudats)

✔ biodisponibilité **P** :
plus forte mobilisation du P minéral
plus forte production de phosphatases
(racines et microorganismes)
→ plus forte minéralisation du P organique (+/- 50% du P du sol)

Alternatives aux monocultures

→ production soutenue et durable

- Diminution de la fertilisation minérale (N et P)

- Impacts environnementaux > 0

(maintien/amélioration de la fertilité des sols, séquestration de C, ...)

- Impacts socio-économiques > 0

(agriculteurs, propriétaires forestiers, compagnies industrielles)

Objectifs

Développer un modèle intégré pour les associations d'espèces en PF

Le modèle sera dérivé d'un modèle conceptuel relatif

- 1) Au **fonctionnement** des plantations mixtes :
étude des **principaux processus** biophysiques et biogéochimiques
 - 2) Aux **règles** de **décision** des **acteurs** :
prise en compte des contraintes techniques et socio-économiques liées à
l'utilisation de EFA dans les PF.
- Tester des règles de décision pour la gestion des PF avec EFA
- Evaluation de la faisabilité économique

Ecosystèmes étudiés

France

- *Juglans sp.* + *Alnus cordata* / *Juglans sp.* + *Medicago sp.* (Languedoc)
Rotation de 30-50 ans : bois d'oeuvre de haute qualité
- *Populus sp.* + *Robinia pseudoacacia* (Centre-NE France)
Rotation de 4-8 ans (TCR) : bioénergie

Brésil et Congo

Eucalyptus grandis / *urophylla***grandis* + *Acacia mangium*
Rotation de 6-8 ans : pâte à papier / particules



Partenaires

France

- **Cirad/Inra UMR Eco&Sols (Brésil, Congo, Montpellier)**
 - **UMR System (Montpellier)**
 - **UMR Innovation (Montpellier)**
 - **UMR EEF (Nancy)**
- **Association Française d'Agroforesterie (Montpellier - France)**

Brésil

USP-Esalq (sous-traitant Cirad-UMR Eco&Sols)

Congo

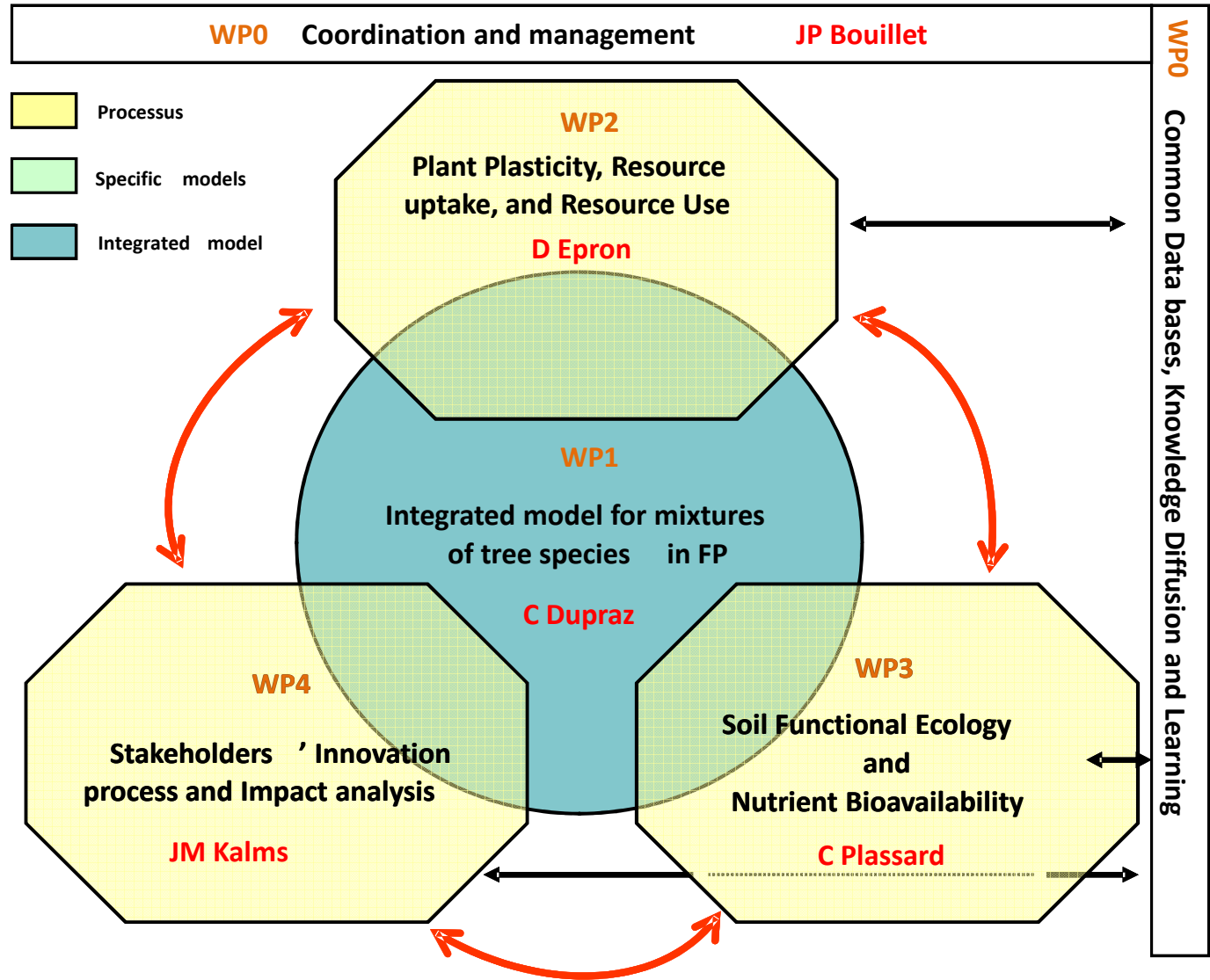
CRDPI



Eucalyptus grandis



Eucalyptus grandis
+ *Acacia mangium*



WP1 “Integrated model for mixtures of Nitrogen Fixing Species in Forest Plantations”

WP1 focuses on the elaboration of the integrative model. It constitutes the backbone of the project, ensuring that all concepts/hypotheses/models established and verified in WP2 and WP3 participate to the formalisation into equations of the conceptual model.

A strong link also exists with WP4 that provides a feed-back from end-users to guide the modelling tasks, and assesses the management rules with the outputs of the simulation runs

Scientific Questions

- 1) Which **processes** of each sub-system should be **included** in the model?
- 2) Which **formalisms** should be **adopted** for each key process?
- 3) How should these **formalisms** be **translated** into mathematical **equations** considering the multi-scale temporal and spatial context?
- 4) How should the integrative **model** be **evaluated** and **validated**?

WP2 “Plant Plasticity, Resource uptake and Resource Use”

WP2 deals with morphological traits, physiological processes and carbon allocation schemes that will explain changes in resource use efficiency by each species and resource partitioning among species.

Scientific Questions

- 1) What are the pertinent **adaptative** plant **traits** that characterize the response of trees in mixed stands,
- 2) Are they **shared** between the four **non N-fixing species** at the different sites?
- 3) Is there evidence for **niche** differentiation in mixed stands likely to improve the amounts of natural resources available for stand development?
- 4) High N inputs to the soil through N₂ fixation are they likely to lead to **soil acidification** through large amounts of nitrate leaching?

WP3 “Nutrient bioavailability and soil Functional Ecology ”

WP3 aims at assessing how the introduction of NFS in FP affects soil biological functioning,
Organic Matter decomposition,
soil nutrient dynamics (especially N and P) and plant nutrition

Scientific Questions

- 1) Does plant species **diversity** increase litter decomposition of both species, thus **enhancing** soil C, N and P **cycling** ?
- 2) What are the **changes** in soil organism' **functional groups** in response to associated NFS ?
- 3) How these **modifications** affect C dynamics and improve N and P **bioavailability** ?
- 4) What are the main processes of **competition-facilitation** modifying **belowground** N and P **fluxes** ?

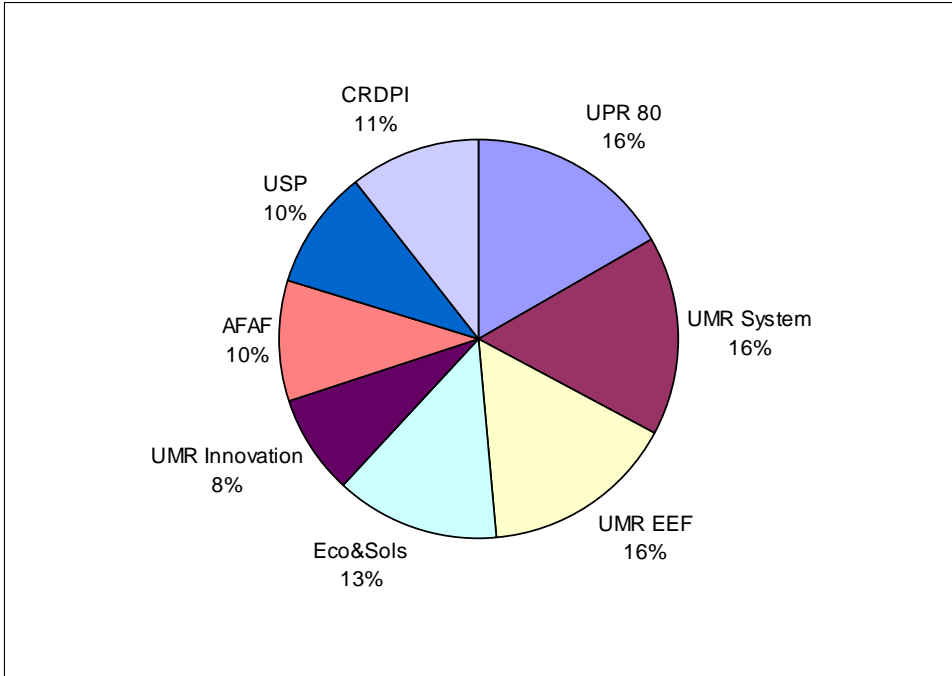
WP4 “Stakeholders’ Innovation process and impact analysis”

WP4 aims at:

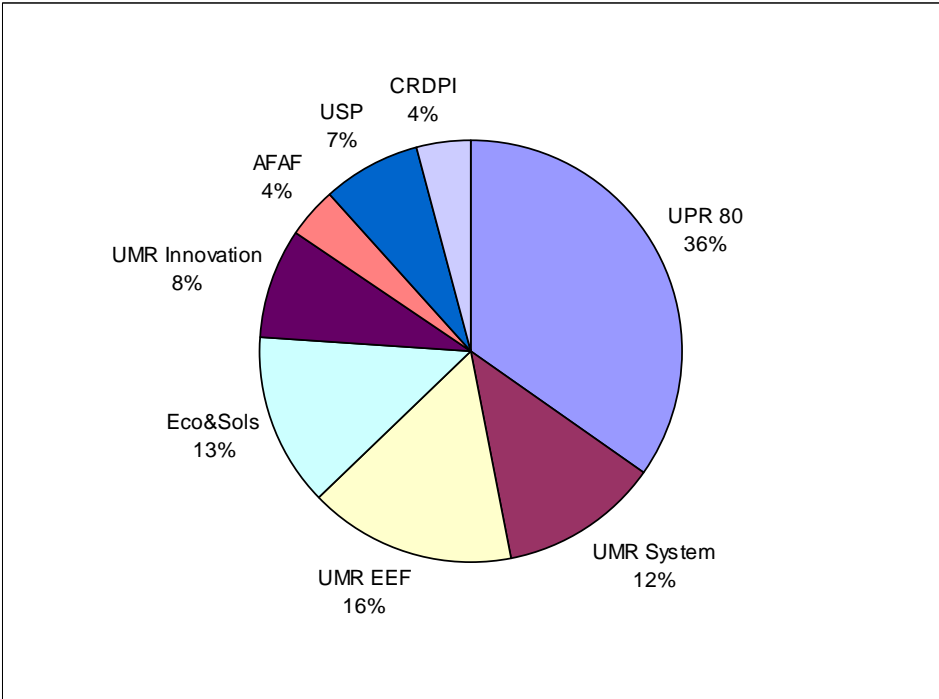
- i) understanding the socio-economic determinants of the former and actual forestry practices and the stakeholders’ strategies to improve the forestry system implementing ecological intensification
- ii) assessing the economical and social impacts of the innovations for each wood goods and products

Scientific Questions

- 1) Can these forestry associations contribute to an **ecological intensification** **socially** sound?
- 2) Can a **participative approach** used to validate these innovations lead to **improve** the wood goods and products chain?



Subvention: 997 k€



Budget total : 6440 k€

Result valorization

Scientific publications, R/D journals...

Ecological Intensification tools

- **NFS Introduction**
- **Spacing**
- **Rotation length...**