

# **Journées Plantes et Peuplements virtuels 27-28 mars 2008**

Compte rendu des journées  
INRA-CIRAD-INRIA

François Brun

# Journées INRA-CIRAD-INRIA

- Organisation par l'INRA : DS PPV et le dépt EA
- Comité de programme : Nathalie Munier-Jolain & Laurent Bruckler (EA), Catherine Christophe & François Houllier (DS PPV), Daniel Auclair (EFPA), Evelyne Costes (GAP), Thierry Fourcaud (CIRAD), Christian Fournier (EA), Christophe Godin / Christophe Pradal (INRIA), Bernard Tivoli (SPE), Jan Traas (BV)
- Sur deux jours : présentations, discussions et tables rondes thématiques.
- Une communauté française d'une centaine de chercheurs, dont 60 présents

=> Une photographie assez complète de la communauté française

# Définitions

- Développement de **modèles de plantes** représentant des **jeux d'interactions au sein de la plante** (la structure : topologie et géométrie, le fonctionnement, la morphogenèse et entre la plante et son environnement).
- **Des noms différents** : architecture des plantes, modèles architecturés, plantes virtuelles, modèles structure – fonction du développement des plantes, ...

# Objectifs

- Faire le point au sein de la communauté INRA-CIRAD-INRIA
  - sur l'avancement des **fronts de science**
  - sur les **applications attendues**
  - sur l'**organisation** du dispositif de recherche
  - sur les **ambitions collectives**

# Les équipes

## Rennes

- INRA BIO3P

## Lusignan

- INRA PF

## Angers

- INRA SAGAH

## Bordeaux

- INRA EPHYSE
- INRA SV

## Mons

- INRA SADV

## Paris, Grignon, Rocquencourt

- INRA EGC
- ECP-INRIA DigiPlant

## Nancy

- INRA, LERFOB

## Lyon

- INRA RDP

## Clermont Ferrand

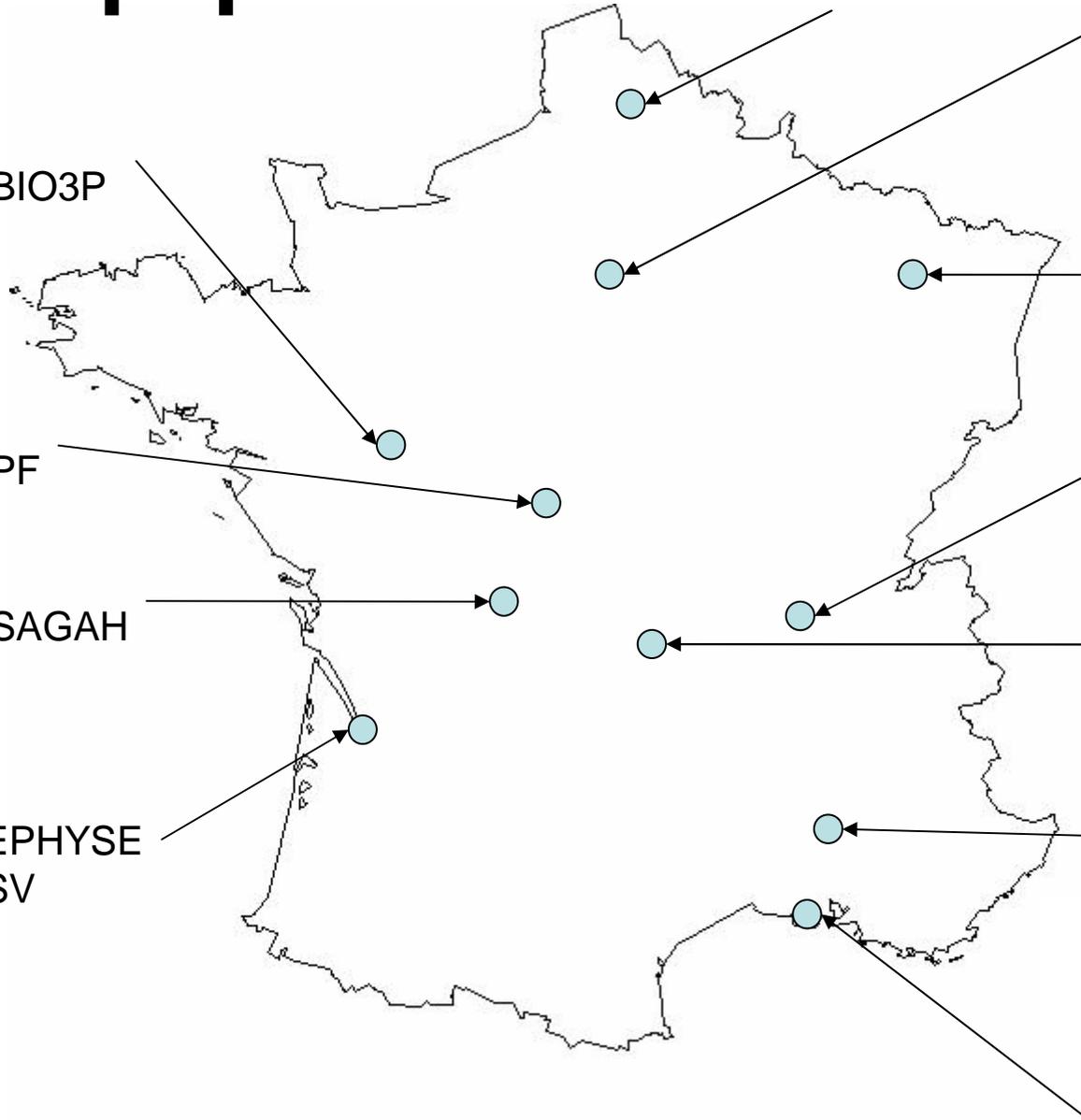
- INRA PIAF

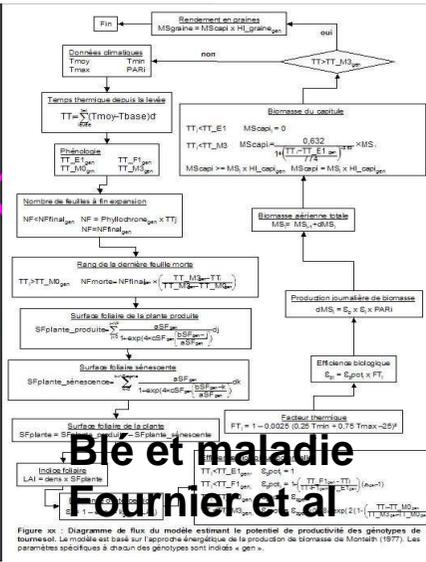
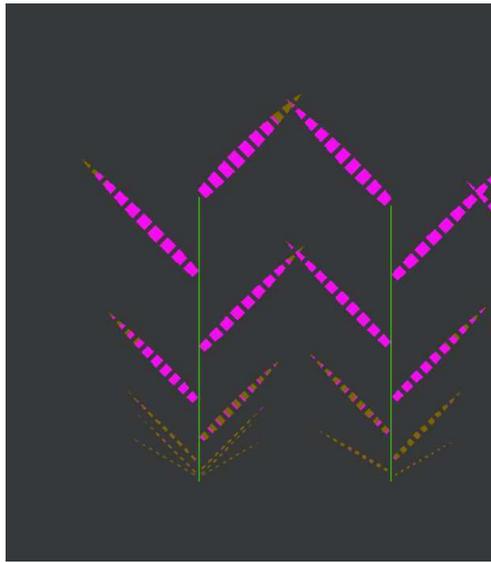
## Avignon

- INRA FM
- INRA CSE
- INRA PSH
- INRA GAFL

## Montpellier

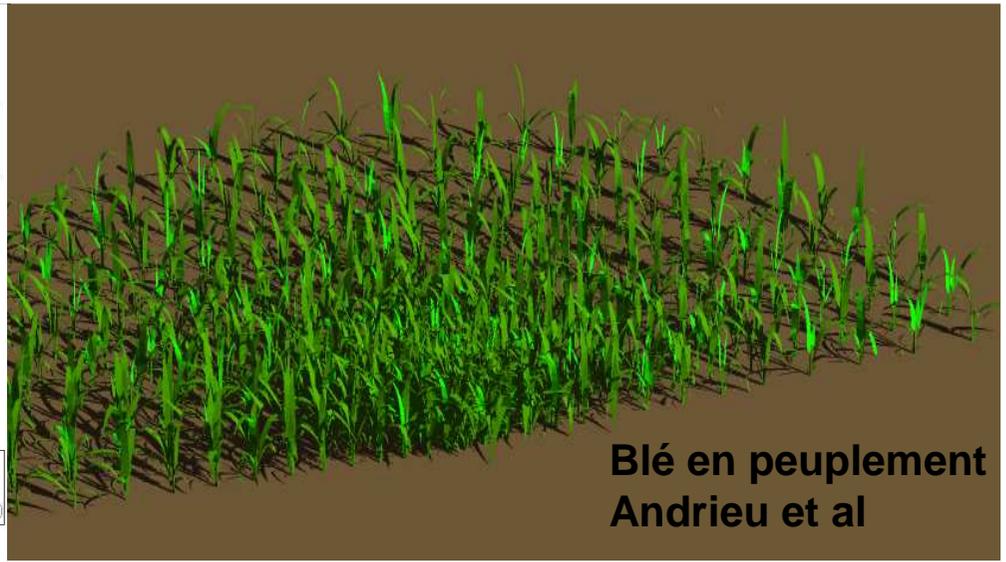
- INRA DAP
- INRA LEPSE
- CIRAD AMAP
- CIRAD MI



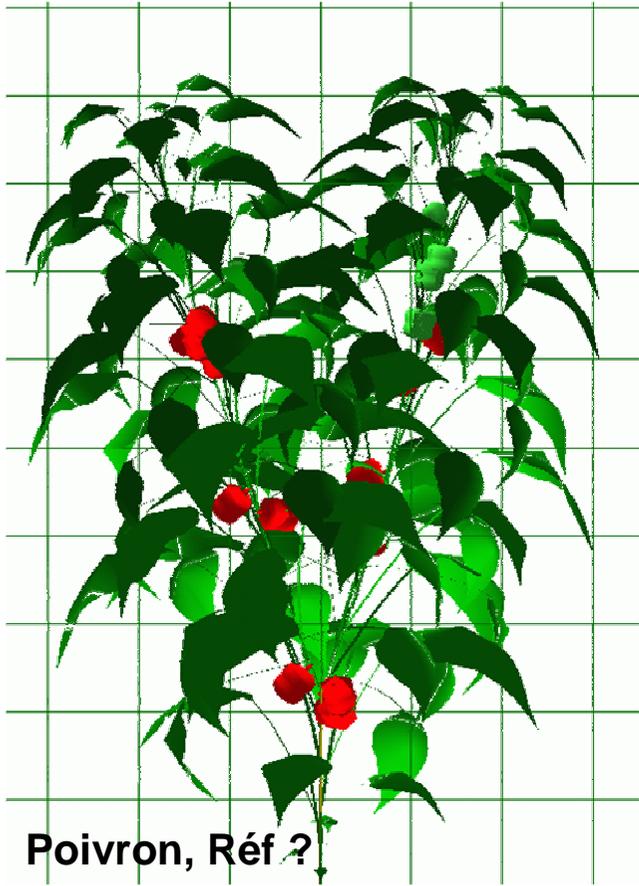


**Blé et maladie**  
**Fournier et al**

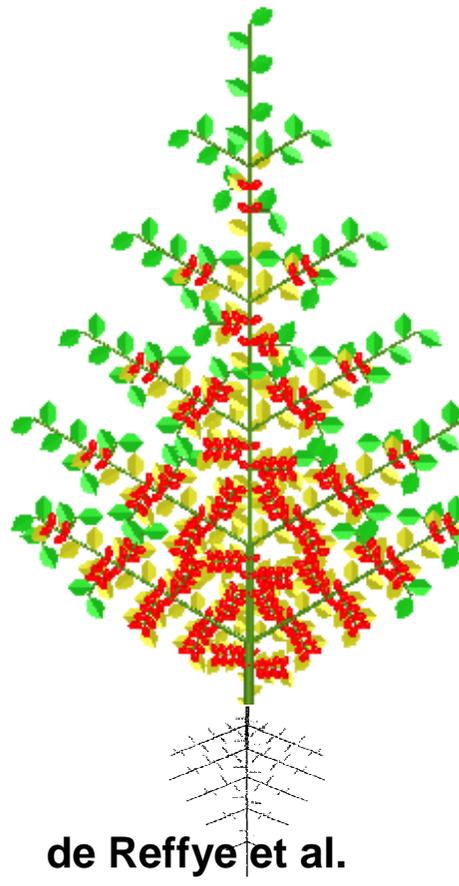
Figure 30 : Diagramme de flux du modèle estimant le potentiel de productivité des génotypes de tournesol. Le modèle est basé sur l'approche énergétique de la production de biomasse de Monteith (1977). Les paramètres spécifiques à chacun des génotypes sont indiqués « gen ».



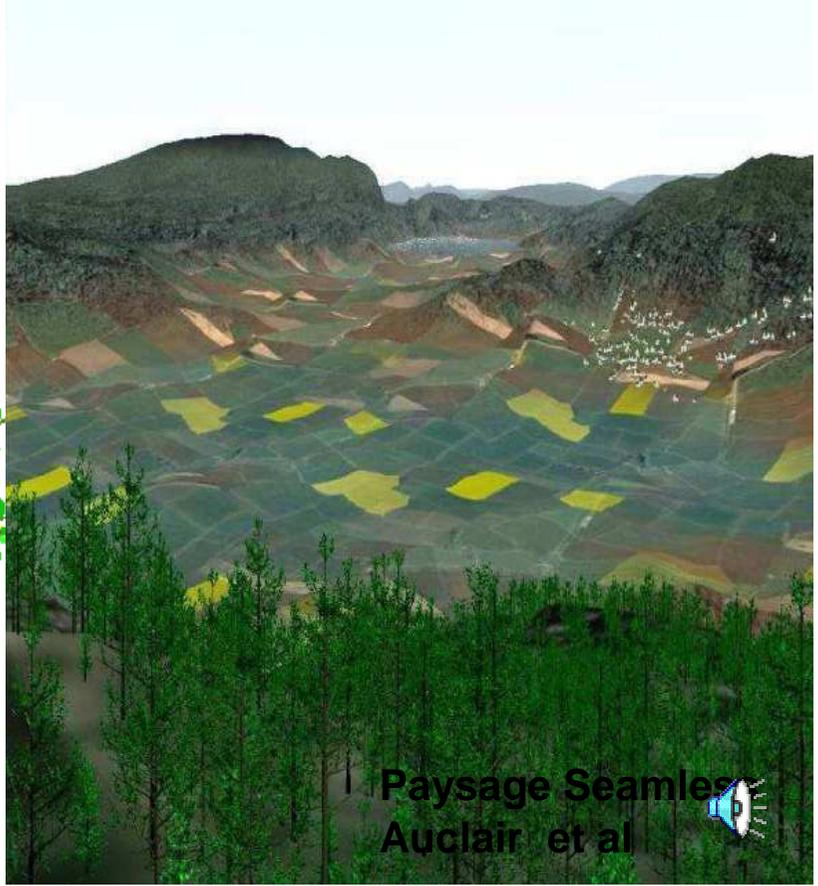
**Blé en peuplement**  
**Andrieu et al**



**Poivron, Réf ?**



**de Reffye et al.**



**Paysage Seamless**  
**Auclair et al**

# Développement et fonctionnement des plantes : questions, défis pour le département EA

- *Jérémy Lecoœur (LEPSE), Christian Fournier (LEPSE) & Alexandra Julien (EGC)*
- Représentation un peu creuse => des modèles plus riche conceptuellement
- Biologie intégrative :
  - Rendre compte de propriétés émergentes du végétal
  - Demande de la communauté scientifique : intégration des connaissances, IGE.
- Représentations de la plantes :
  - modèle de culture (process bases models)
  - modèle génétique
  - modèle écophysiological
  - modèle « plante virtuelle » : un système complexe, échelle n-1 à n+1
- Potentiel applicatif de ces approches :
  - Mise en place de l'architecture
  - Estimation des flux au sein de la plante
  - Apporter une structure plante pour d'autres applications

# Morphogenèse et développement : intégration niveaux moléculaire- cellulaire-tissulaire-organe

- *Jan Traas (RDP) & Bruno Moulià (PIAF)*
- Un nouveau champ de recherche : Utilisation des approches plantes virtuelles en biologie cellulaire & moléculaire

# Analyse et modélisation de l'architecture des Plantes

- *Daniel Barthélémy, AMAP*
- Historique au sein du laboratoire AMAP
- Héritage des travaux de Francis Hallé et al.
- Gamme de logiciel AMAP
- Développements actuels :
  - Intégration de plus de connaissance sur la physiologie
  - Pour simuler mieux la plasticité et interaction avec l'environnement de la plante

⇒ **Voir la présentation de T. Fourcaud (AMAP)**

# Maladies des plantes et architecture

- **Une thématique émergente à l'interface entre deux disciplines**
  - Quand l'architecture de la plante et du couvert pilote les épidémies : que peut-on attendre d'une approche "plante et peuplement virtuels" en phytopathologie ? Bernard Tivoli (BIO3P) & SV Agnès Calonnec (SV)
  - Réseau INRA EPIARCH : architecture et épidémiologie (Bernard Tivoli, Bertrand Ney) => Une structuration en cours
- **Beaucoup d'efforts de recherche :**
  - Couplage du développement de la vigne et de la dynamique épidémique des maladies aériennes fongiques. A. Calonnec (SV)
  - Développement du pommier, paramètres microclimatiques et développement épidémique de la tavelure. Hervé Sinoquet (PIAF), Marc Saudreau (PIAF) & Pierre-Eric Lauri (GAP)
  - Couplage des paramètres architecturaux du blé et de la dynamique de développement des maladies foliaires. Bertrand Ney, Bruno Andrieu, Michaël Chelle (EGC).
  - Représentation de la plante dans une optique de couplage de la dynamique de développement de la plante et de la dynamique de l'ascochytose du pois. Yannick Monnet (BIO3P)

=> Voir les présentations de Corrinne Robert et Marc Saudreau

# Plantes, peuplements et paysages

- **Modèles et méthodes, changement d'échelles**
  - Daniel Auclair (AMAP)
  - A l'échelle du peuplement, voire du paysage
  - Intégration des modélisations des plantes
  - Basé sur des couplages de modèles
  - Problématique du volume de donnée et nécessité de simplification
  - Possibilité de simulation de paysage  
« fonctionnel »
- **Discussion Agronomie et changements d'échelle**

# Génétique et environnement : apports des plantes virtuelles

- **Génétique et environnement.** Evelyne Costes (DAP), Claude Welcker (LEPSE), Catherine Giauffret (SADV), Bénédicte Quilot (GAFL)
- **La question du phénotypage haut débit.** Bruno Andrieu (EGC) & Christine Granier (LEPSE)
  - Acquisition d'information à partir de l'estimation de paramètres
  - Le besoin de modèles adaptés
  - Des instruments et protocoles de mesure à redéfinir
  - La question des bases de données
- **Analyse de la plasticité phénotypique des céréales, son contrôle par le métabolisme carboné et les relations source –puits.** Delphine Luquet (MI)

# Modélisation des flux dans l'architecture et allocation des ressources

- A. Lacoïnte (PIAF), G. Vercambre (PSH), L. Pagès (PSH), A. Escobar (PF)
- Un défi méthodologique
- Allocation des ressources : eau, C, N et leurs interactions
  - C'est un processus central des modèles intégrés
  - Mais, souvent un point faible
- 2 grands types d'approches
  - Les approches empiriques :
    - Confrontation de l'offre à la demande (ou croissance potentielle)
    - Progrès de ces approches
    - Efficacité d'un point de vue prédictif, mais, dans une certaine gamme
  - Les approches mécanistes :
    - Explicitation des processus de transport
    - Possibilité d'exploration dans une plus large gamme, notamment dans un contexte de changement climatique, mais point faible au niveau prédictif

# Autres applications

- **Vers un rosier virtuel en 3D** pour intégrer les interactions plante - environnement - génotype dans la mise en place de l'architecture. EA / Angers SAGAH Vincent Guérin, Sabine Demotes et Bruno Andrieu.
- **biomécanique et physique**
  - Biomécanique des plantes : des modèles structure-fonction pour quoi faire ? Thierry Fourcaud (AMAP), Thiéry Constant (LERFOB), Bruno Moulia (PIAF)
  - Mécanique des fluides et plante virtuelle (modélisation du vent, du transport turbulent, des mouvements des plantes). Yves Brunet (EPHYSE)
  - FIRE PARADOX Fuel Manager : Un gestionnaire de combustible pour la modélisation des incendies de forêt. Eric Rigolot (FM)

# Méthodes et outils de modélisation

- Exemples du projet Virtual Plants, Evelyne Costes (DAP)  
=> morphogénèse : du gène au phénotype
- OpenAlea: une plateforme logicielle libre et reconfigurable pour la modélisation des plantes. Christian Fournier (LEPSE).
- Accessibilité des données et outils, intégration, problématique des plates-formes. François de Coligny (AMAP). => CAPSIS : orienté foresterie
- Modèle analytique de la croissance et de la production des plantes. Philippe de Reffye (DigiPlante).
- Discussion : Plates-formes : mutualisation des outils, méthodes (Christian Fournier, François De Coligny)
  - ⇒ **Voir la présentation de C. Fournier sur les méthodes et outils informatiques.**
  - ⇒ **Deux exemples d'utilisation :**
    - **DIGIPLANT et GREENLAB Betterave**
    - **OPENALEA et ADEL blé**

# La question des données

- Méthodes de numérisation des plantes : confrontation des modèles aux données. Hervé Sinoquet (PIAF)
- Discussion : Stratégies de partage des données. Bruno Andrieu, Hervé Sinoquet

# Conclusions journées et perspectives 1/2

- **D'après François Houllier (DS PPV) Laurent Bruckler (CD EA)**
- **Une communauté productive et diversifiée**
  - modèles développés
  - outils mis en œuvre
  - questions scientifiques traitées.
- **Contenu scientifique.**
- Un cœur historique central (fonctionnement intégré de la plante).  
Nécessité de revisiter certains concepts, en lien avec les grandes questions scientifiques.
- Des avancés dans 4 domaines :
  - modélisation spatiale du fonctionnement des tissus végétaux
  - interaction biomécanique
  - le couplage plante virtuelle et maladies
  - la modélisation du paysage.
- A explorer : interaction G\*E, aide à la conception d'idéotype, l'histoire de la domestication

# Conclusions journées et perspectives 2/2

- **Contenu méthodologique**
- l'offre méthodologique très fournie, tant en qualité qu'en quantité.
- Deux questions connexes : celle des plates-formes et celle des bases de données.
  - Plates-formes/outils de modélisation
    - Richesse de l'offre (OpenAlea, CAPSIS, DIGIPLANT)
    - Partager des méthodes et des outils,
    - Développer des synergies entre producteurs de ressources et utilisateurs de ces dernières
  - Bases de données environnementales et de phénotypes,
    - En retard par rapport à ce qui existe pour les données génomiques.
    - Réflexion sur la conception (taille, diversité des espèces, génotypes, caractères phénotypiques, maquettes, images vs données, ...)
    - Réflexion sur l'organisation et le stockage

# Pour plus d'information

<http://www.inra.fr/agroBI/PLANTVIRT.html>