ANR FORWIND

Une nouvelle librairie dans Capsis pour l'évaluation du risque lié au vent – Forest Gales

C. Meredieu

B. Gardiner

K. Kanimura

T. Labbé

F. de Coligny

08/04/2014

CAQSIS - Gembloux

Qu'est-ce que ForestGales?

GALES

Modèle de prédiction du risque

Combinaison de modèles
mécanistes
empiriques
→ force requise pour déraciner/casser l'arbre moyen du peuplement
→ vitesses générant cette force
→ période de retour de ces vitesses

Logiciel d'aide à la décision
ForestGALES

Fonctionnement de ForestGALES

Entrées

- **DBH, Hauteur… pour l'arbre moyen**

- **Contexte sylvicole**
  Options de choix

ForestGALES

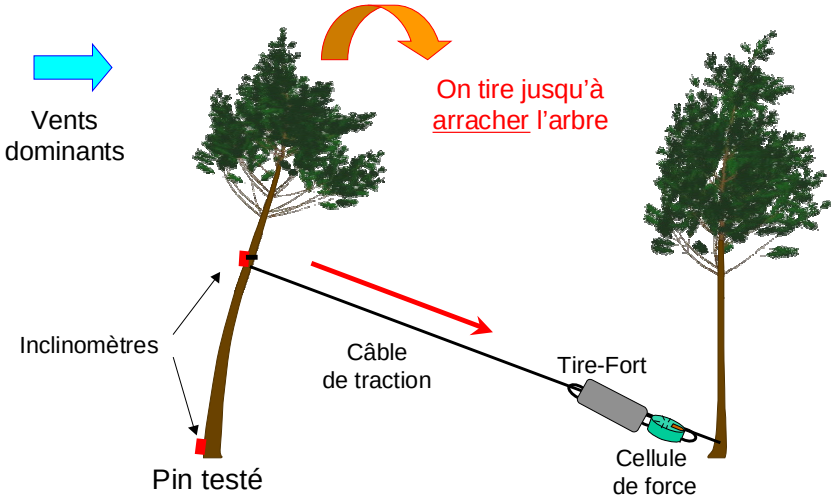
Combinaison de modèles mécanistes et empiriques

1 - Force requise pour déraciner l'arbre moyen du peuplement (Moment critique de renversement)

MCR=f (Poids Tige) OU

MCR=f(dbh² x Hauteur)

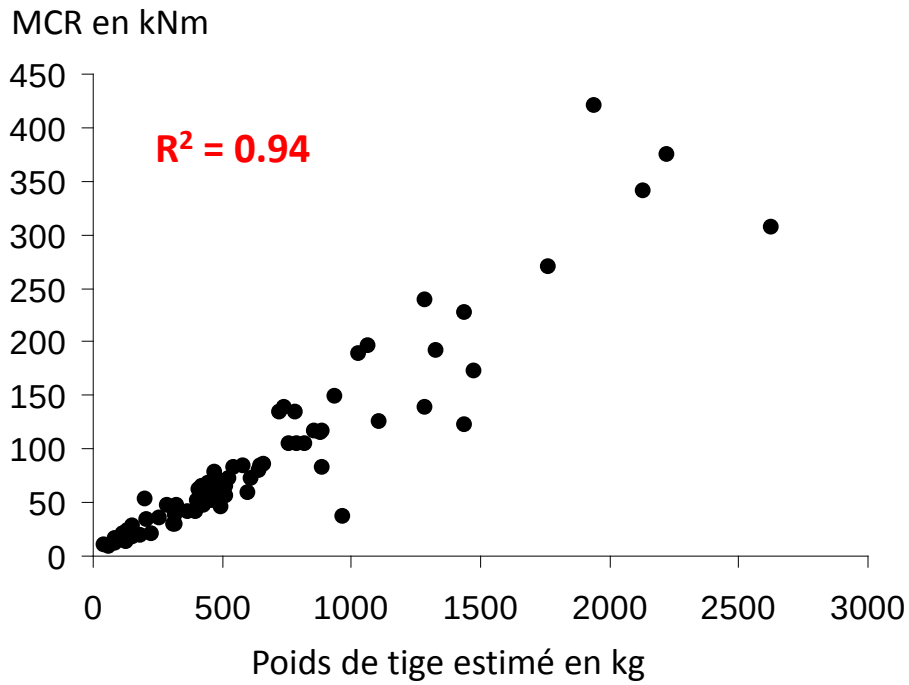
Essais de flexion en statique

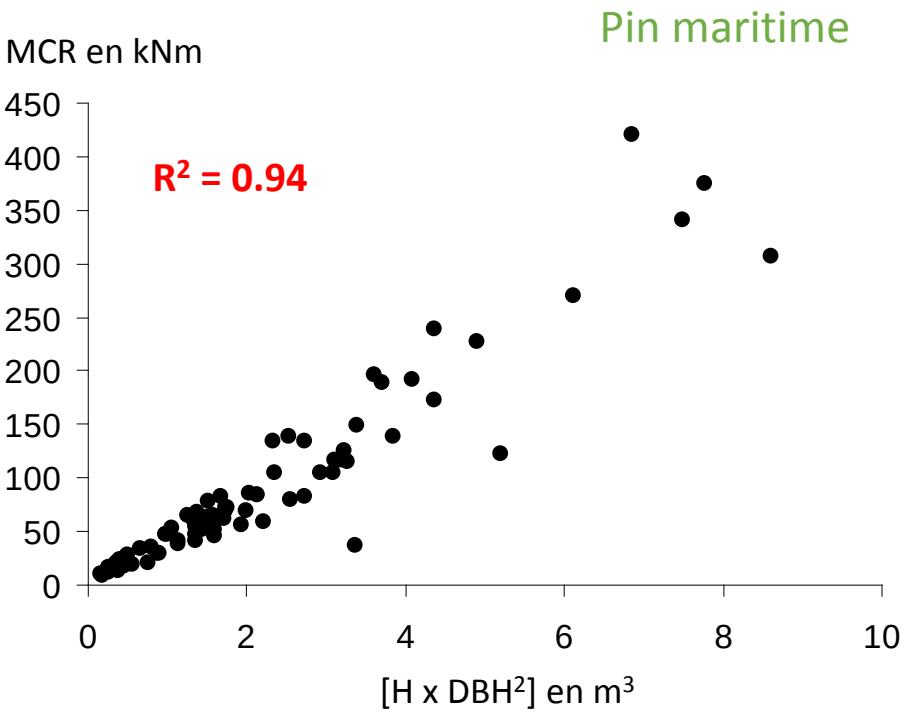


Images Pins virtuels :T.Fourcaud, CIRAD

Caractérisation de l'ancrage (1) : Cucchi et al. 2004

1. Le Moment Critique de Renversement (MCR) est corrélé avec des caractéristiques dendrométriques de l'arbre



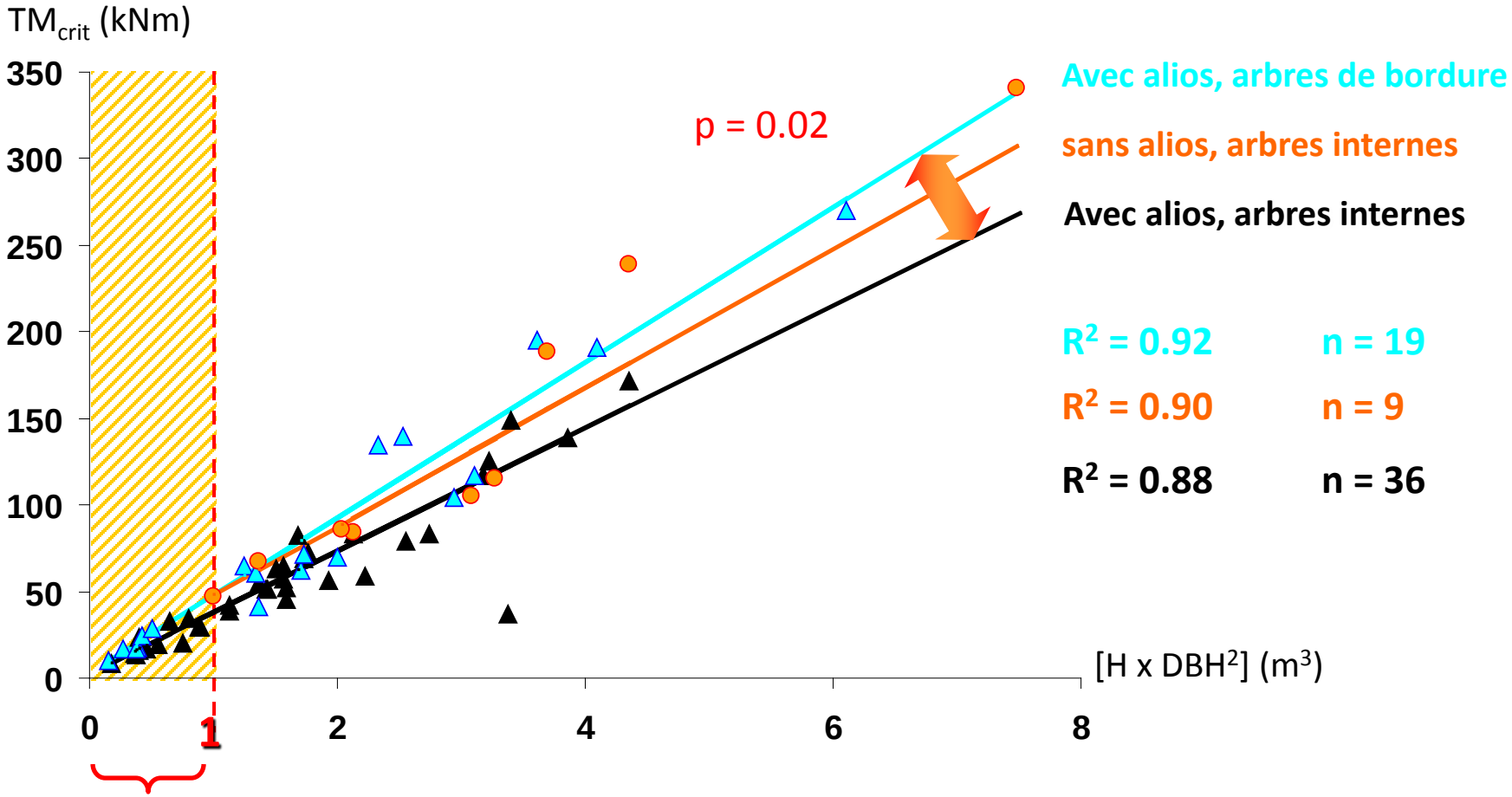


Relation *linéaire* entre *taille de l'arbre* et *moment de renversement :*

Cohérent avec les précédentes études utilisant des essais de flexion

(Fraser 62, Fraser et Gardiner 67, Fredericksen et al. 93, Moore 00, Ruel *et al.* 00, Peltola *et al.* 00, Meunier et al. 02,…)

Caractérisation de l'ancrage (2) : Cucchi et al.2004



Nous ne pouvons pas prédire TM_{crit} pour les arbres < 1m³ dans les Landes sèches car la frequence de casse est trop élevée.

Fonctionnement de ForestGALES

Entrées

- Table de production classique
  Caractéristiques du peuplement au temps t, individu moyen

- Contexte sylvicole
  Options de choix

ForestGALES

= modèles mécanistes et empiriques

1 - Force requise pour déraciner/casser l'arbre moyen du peuplement (Moments critiques)
2 – Calcul de la résistance de la tige, basé sur la structure des matériaux (résistance et rigidité du bois)
3 – Calcul de la force du vent sur les arbres selon la taille du houppier, son aérodynamisme
4 - Vitesses de vent générant la force pour renverser ou casser un arbre à sa base

Sorties

Vitesses critiques
pour l'arbre moyen du peuplement
à chacune des dates considérées
de la vie du peuplement

Pour obtenir la vitesse critique de vent pour le renversement d'un arbre :

1. Calcul du moment critique de renversement = f(Poids de tige) ou f(Ht x dbh^2)
2. Itérations pour ajuster la vitesse de vent
   1. Choix d'une **valeur initiale de vitesse de vent**
   2. Calcul de la **porosité du couvert** = f(vitesse de vent, paramètres de l'espèce)
   3. Calcul de la **rugosité du couvert** = f(dimensions du houppier, espacement entre les arbres)
   4. Calcul de la **force de trainée moyenne** = f(espacement, paramètres de rugosité)
   5. Calcul du **moment de flexion** = f(poids des sections le long de la tige) selon la force calculée au niveau de la hauteur de déplacement
   6. **Comparaison entre le moment de flexion et le moment critique de renversement**
      => si le moment de flexion > moment critique de renversement alors la vitesse initiale de vent est diminuée d'une valeur choisie et la boucle est re-jouée à partir du point 2.1.
      => si le moment de flexion < moment critique de renversement alors la vitesse initiale de vent est augmentée d'une valeur choisie et la boucle est re-jouée à partir du point 2.1.

3. Trois valeurs de vitesse de vent critiques sont calculées :
   1. 10 mètres au dessus de la hauteur de déplacement
   2. Au niveau de la hauteur totale de l'arbre
   3. 10 mètres au dessus du sol en dehors de la forêt

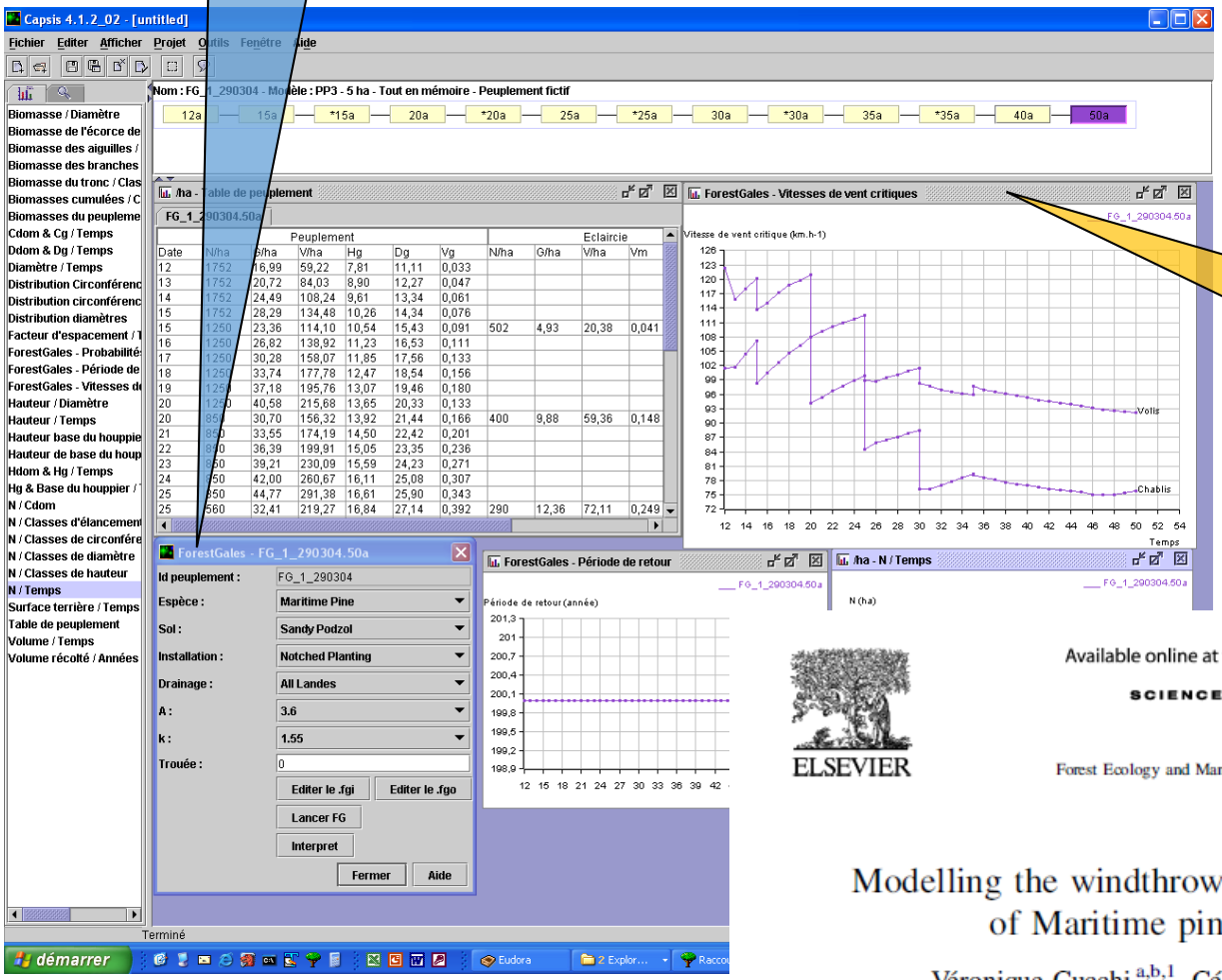
Pour obtenir la vitesse critique de vent pour la casse d'un arbre au niveau du sol :

1. Calcul du moment critique de casse à la souche = f(Ht, MOR)
2. Itérations pour ajuster la vitesse de vent
   1. Choix d'une **valeur initiale de vitesse de vent**
   2. Calcul de la **porosité du couvert** = f(vitesse de vent, paramètres de l'espèce)
   3. Calcul de la **rugosité du couvert** = f(dimensions du houppier, espacement entre les arbres)
   4. Calcul de la **force de trainée moyenne** = f(espacement, paramètres de rugosité)
   5. Calcul du **moment de flexion** = f(poids des sections le long de la tige) selon la force calculée au niveau de la hauteur de déplacement
   6. **Comparaison entre le moment de flexion et le moment critique de casse**
      => si le moment de flexion > moment critique de renversement alors la vitesse initiale de vent est diminuée d'une valeur choisie et la boucle est re-jouée à partir du point 2.1.
      => si le moment de flexion < moment critique de renversement alors la vitesse initiale de vent est augmentée d'une valeur choisie et la boucle est re-jouée à partir du point 2.1.
3. Trois valeurs de vitesse de vent critiques sont calculées :
   1. 10 mètres au dessus de la hauteur de déplacement
   2. Au niveau de la hauteur totale de l'arbre
   3. 10 mètres au dessus du sol en dehors de la forêt

Forest Gales/Capsis+PP3 en 2004 :

deux logiciels qui communiquent… pour afficher des résultats dans Capsis.

Fenêtre de connexion pour lancer ForestGales



Graphique Capsis pour visualiser les résultats

ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE DIRECT®

Forest Ecology and Management 213 (2005) 184–196

Forest Ecology and Management

www.elsevier.com/locate/foreco

Modelling the windthrow risk for simulated forest stands of Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.)

Véronique Cucchi [a,b,1], Céline Meredieu [a,*], Alexia Stokes [b], François de Coligny [c], Juan Suarez [d], Barry A. Gardiner [d]

En 2005, fin des recherches sur la vulnérabilité des forêts face au vent à Bordeaux….

- Puis la tempête Klaus en 2009 !

- Le zéphyr a conduit Barry Gardiner à Bordeaux en 2011… l'équipe se remet au travail… Les aquilons n'ont qu'à bien se tenir…

Accueil > Europe et international > Accueil et formation > Packages scientifiques/Attractivité de l'Inra

Barry Gardiner, scientifique écossais reconnu internationalement, modélise les risques liés au vent dans les forêts

© Inra

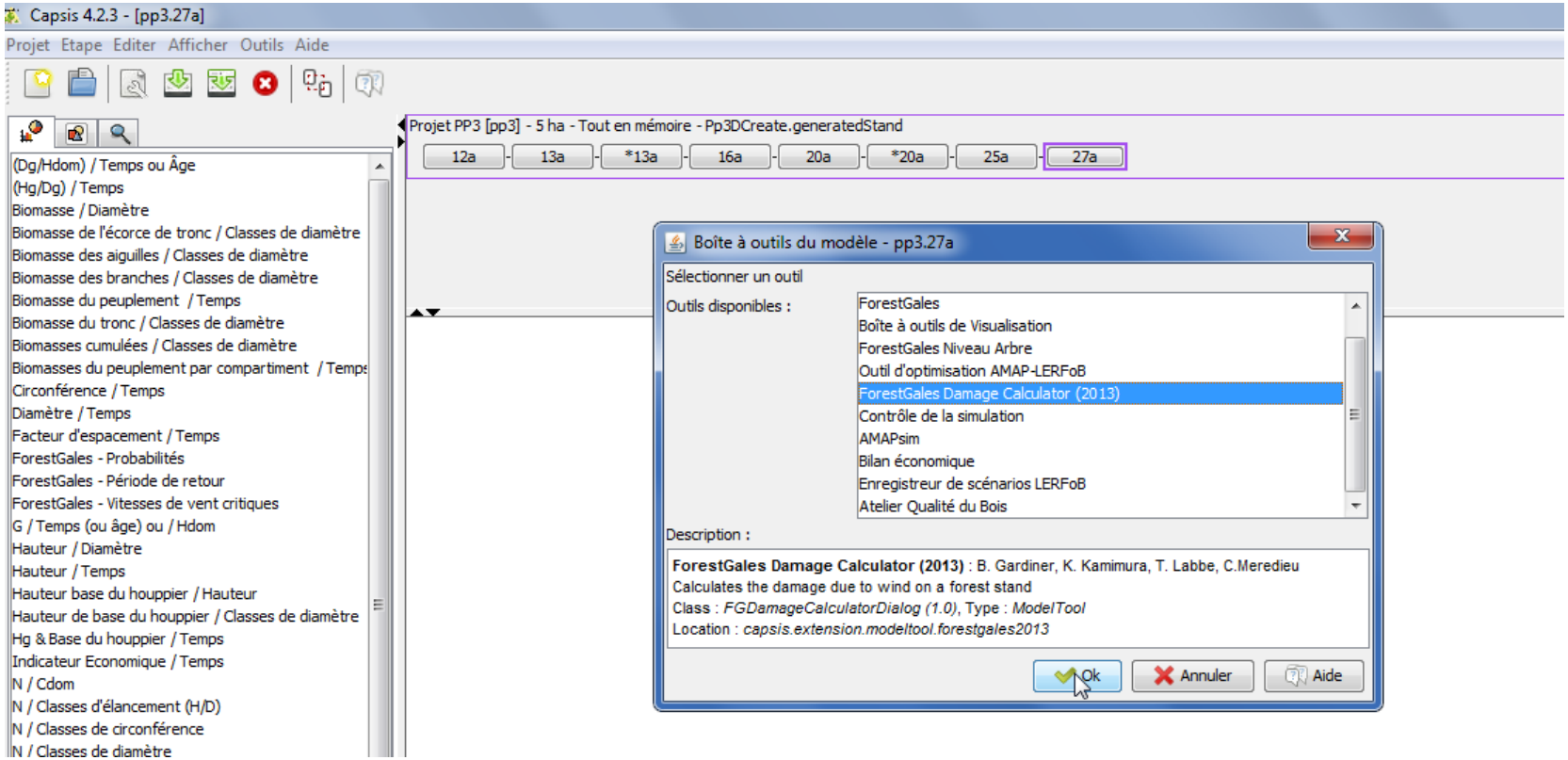
L'accueil de scientifiques internationaux est une des priorités de l'Inra. Parmi les dispositifs en place, les packages scientifiques offrent des moyens significatifs en termes de rémunération et d'environnement scientifique. Barry Gardiner fait partie des deux chercheurs recrutés pour l'année 2011. Il a intégré pour quatre ans l'unité Ecologie fonctionnelle et physique de l'environnement (Ephyse) aux côtés d'Yves Brunet.

Couplage de Capsis et Forest Gales en 2014

- Forest Gales, une nouvelle bibliothèque dans Capsis
  - Facilite la connexion avec les modèles de croissance implémentés dans Capsis
  - En java et sous licence libre
  - Un seul code pouvant être partagé entre modélisateurs et utilisateurs dans le mode entier grâce au dépôt SVN de Capsis
  - Pouvant être utilisée sans Capsis si besoin

- Première application immédiate : ANR Forwind (M. Fournier, UMR Lerfob)
  - **Couplage avec PP3**, module pour le Pin maritime dans les Landes de Gascogne : couplage testé en 2004, nombreux paramètres disponibles.
  - **Couplage avec les modules du Lerfob (Fagacées…)**
- Seconde application : les forêts mélangées de Québec – en collaboration avec JC Ruel (Université Laval, Québec)

Capsis et la librairie Forest Gales en 2014 : connectée à PP3



Capsis et la librairie Forest Gales en 2014

- Configuration :
  - Paramètres généraux : densités de l'air et de la neige …
  - Paramètres de calcul : précision des calculs, nombre de sections de tige…
  - Paramètres de l'espèce : module d'élasticité, paramètres de calibration de l'équation du Moment de renversement….
  - Spécifique au peuplement : type de sol, profondeur d'enracinement, présence de trouée…
  - ➢ **Peuvent tous être modifiés dans des boîtes de dialogue…**

Capsis et la librairie Forest Gales en 2014

ForestGales Damage Calculator (2013)

Configuration

Snow density (kg/m3) :	150.0
Von Karman constant :	0.4
Air density (kg/m3) :	1.2226
Gravity acceleration (m/s2) :	9.81
Resolution of calculation (m/s) :	0.01
Element drag coefficient (CR) :	0.3
Surface drag coefficient (CS) :	0.0030
Roughness constant (CW) :	2.0
Height of calculation (m) :	10.0
Surrounding land roughness (m) :	0.06
Ua :	5.0
U_C1 :	-0.5903
U_C2 :	4.4345
U_C3 :	-11.8633
U_C4 :	13.569
DAMS to Weibull A1 :	-0.9626
DAMS to Weibull A2 :	0.4279

☐ Intervention occurred in the 5 past years (for TMC)

How many years in the past :	0
Mean dbh before intervention (cm) :	0.0
Mean height before intervention (m) :	0.0
N/ha before intervention :	0.0

Placette

Type de sol :	A - Free-draining mineral soils
Profondeur d'enracinement :	Shallow < 40cm
Largeur de la trouée (m) :	0.0
Hauteur de la trouée (m) :	0.0
Nombre de hauteurs d'arbre depuis la bordure (nombre) :	9.0
Taille de la trouée au vent (nombre de hauteurs d'arbre) :	10.0

☐ Wind climate available

Weibull A (m/s) :	6.0
Weibull K :	1.9

Species

Switch Maritime pine to Maritime pine

Paramètres de l'espèce choisie

Specific settings

☐ Apply the chosen method to every step in the scenario

Repo

Simple Stand level Roughness Method | Stand level Roughness

Paramètres de l'espèce choisie

Nom de l'espèce :	Maritime pine
topHeightMultiplier :	1.0
topHeightIntercept :	0.0
Equation de la largeur du houppier :	linear2p(0.15674;0.0)
Equation de la hauteur du houppier :	linear2p(0.3156;1.3424)
Densité de bois vert :	903.4
Densité du houppier :	2.73
Module de rupture (10^7) :	3.6
Facteur de nodosité :	0.85
Facteur de houppier :	1.0
Module d'élasticité (10^9) :	6.6
canopyStreamliningC :	3.07
canopyStreamliningN :	0.75
rootBendingK :	0.0

Facteur multiplicatif (Creg)

	Shallow < 40cm	Medium 40-80cm	Deep > 80cm
Soil Type A :	125.8	144.5	168.8
Soil Type B :	123.8	126.7	144.4
Soil Type C :	135.1	138.3	157.7
Soil Type D :	153.7	157.3	179.4

Poids de tige maximum

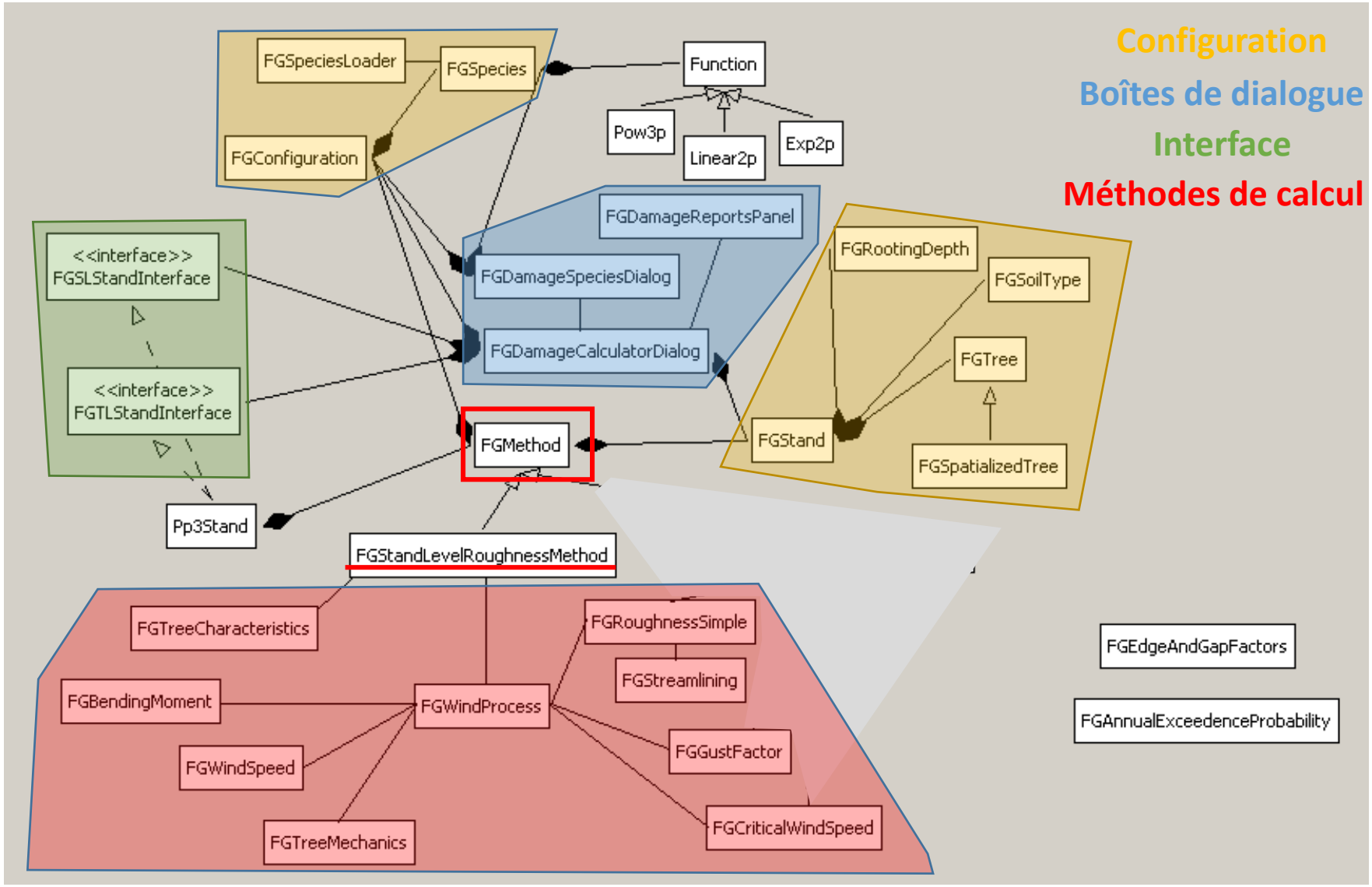
	Shallow < 40cm	Medium 40-80cm	Deep > 80cm
Soil Type A :	294.0	469.0	576.0
Soil Type B :	0.0	0.0	0.0
Soil Type C :	0.0	0.0	0.0
Soil Type D :	0.0	0.0	0.0

Ok | Annuler | Aide

Capsis et la librairie Forest Gales en 2014

- Deux échelles de calcul de la vulnérabilité :
  - Niveau peuplement : avec une seule espèce
  - Niveau arbre : chaque arbre peut être d'une espèce différente
    - Avec spatialisation des arbres
    - Sans spatialisation des arbres
- Le niveau de connexion avec Forest Gales dépend des capacités du modèle de croissance à fournir des informations plus ou moins complètes sur le peuplement et les arbres
  - Par exemple si le modèle de croissance est capable de fournir le poids de la tige par section, alors FG va intégrer ces données en entrée.
  - Sinon, FG va calculer ces données.
- Pour une étape ou toutes les étapes d'un scénario/projet.

Organisation de la librairie Forest Gales



Pour communiquer avec Forest Gales, un modèle de croissance sous Capsis…

- Doit fournir un nom d'espèce : par exemple « Maritime Pine », pour sélectionner une liste de paramètres adaptés
- Doit générer le diamètre d'un arbre du peuplement : Di ou Dg
- Doit générer la hauteur d'un arbre du peuplement : Hi, Hg ou Hdom
- Doit fournir l'espacement moyen entre les arbres : densité par hectare
- Variables optionnelles :
  - Largeur du houppier, Longueur du houppier
  - Volume de la tige ou Poids de la tige
  - Volume du houppier ou Poids du houppier
  - Profil de tige

Travail réalisé …

- Implémentation de deux méthodes
  - Un cas simplifié de calcul de vitesse de vent critique (utile pour les grands jeux de simulation : échelle du paysage par exemple)
  - La méthode classique utilisée en 2004 : FG Stand level Roughness Method
- Vérification de chacune des méthodes de calcul
- Connexion simplifiée avec PP3 : envoi de la densité d'arbres, du Dg et Hg pour une étape ou toutes les étapes d'un scénario. *Une grande majorité des modèles sous Capsis est donc connectable*.
- Affichage des calculs et des résultats dans un panneau de la boîte de dialogue
- Affichage dans un graphique représentant les vitesses critiques en fonction du temps.
- Vérification en cours des calculs grâce à la comparaison avec le logiciel Forest Gales 2.5

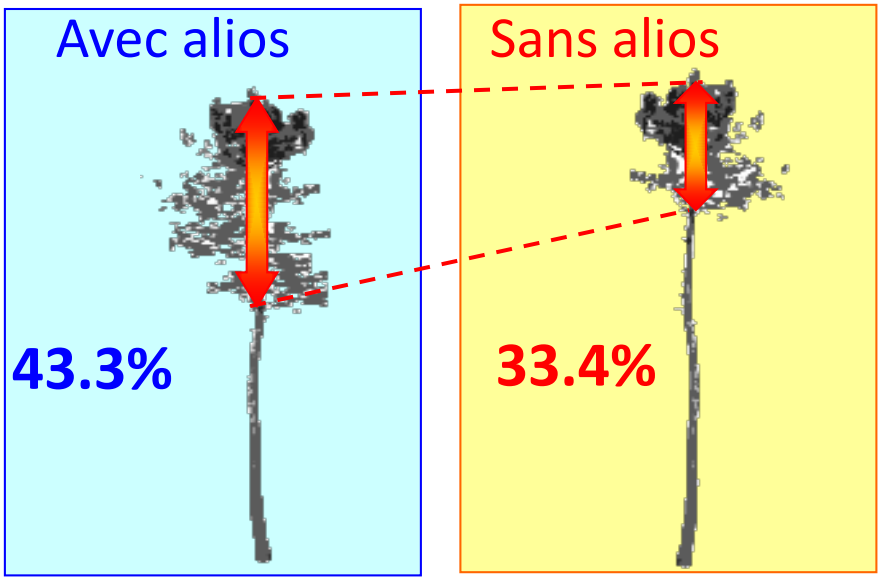
Travail en cours…

1. Envoi de données dendrométriques complémentaires pour l'arbre moyen de PP3 : dimensions du houppier, poids global de la tige et du houppier, diamètre à la souche – Analyses des impacts, comparaison avec le pin sylvestre
2. Mise en fonctionnement de l'interface « Arbre » : envoi des données de tous les arbres d'un peuplement
3. Choix entre (Poids de tige) et (Ht x Dbh^2) pour le calcul de l'ancrage
4. Mise en fonctionnement des profils de tige : envoi des données de découpe de la tige de tous les arbres

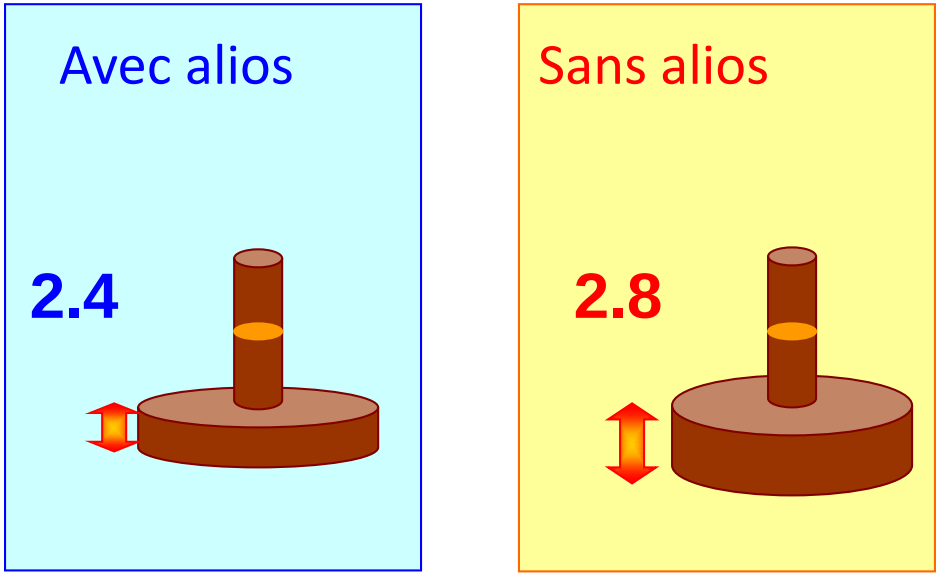
Par ailleurs des réflexions en cours sur l'ancrage des arbres… via les données de Cucchi et al. 2004

- Impact du type de sol : podzol sableux, mais avec ou non de l'alios à faible profondeur
- Impact de la profondeur d'enracinement : est-ce pertinent pour le Pin maritime?

Longueur relative de houppier



Profondeur d'ancrage / Diamètre à 1.30 m



Des réflexions en cours sur l’ancrage des arbres…

- Via les données de Antoine Danquechin Dorval (thèse en cours à l’UMR Biogeco)
  - Impact de la préparation du sol et de la direction du vent sur l’architecture des systèmes racinaires
- Via les données de Ming Yang (thèse en cours à l’UMR ISPA)
  - Impact de la diversité des systèmes racinaires sur l’ancrage
  - Impact de l’humidité des sols