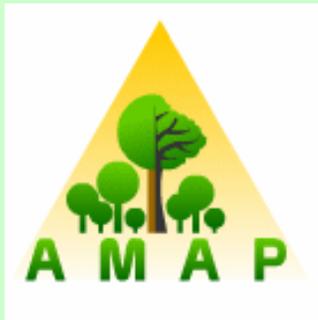


Évaluation multi-échelles de la diversité spécifique, structurale et fonctionnelle des arbres en forêt guyanaise :

Prise en compte du substrat géologique, des sols et de la dynamique sylvigénétique.

L'équipe

- 13 chercheurs de 4 UMR
- 13 ingénieurs et techniciens
- 2 étudiants thésards (*pro parte*)
- 7 stagiaires Ingénieurs (FTH Engref)
- 2 stagiaires Licence Pro Environt (UAG)
- 2 stagiaires Ing Agro (Montpellier/Nancy)



Responsable scientifique

Daniel Sabatier, IRD, UMR AMAP

- **Présentation du programme et participants**
- **Insertion du programme**
- **Position du problème : un système complexe**
- **Cadre géographique, dispositifs et collectes de données**
 - Environnement physique (Géomorpho-pédologie)**
 - Inventaire botanique des arbres**
- **Modèle additif et partitionnement de la diversité : un cadre théorique original pour une analyse multi-échelles**
- **Déterminants environnementaux de la diversité bêta**
 - Sols-espèces: une tendance persistante, mais molle**
 - Diversité spécifique et diversité fonctionnelle**
 - Diversité et dynamique du couvert: approche par altimétrie laser**
- **Spatialisation par l'analyse de texture des images de canopée**
- **Conclusions**

- **1. UMR AMAP, « botAnique et bioinforMatique de l'Architecture des Plantes »** (Montpellier - Cayenne) :
P. Couteron (DR IRD), G. Elfort (TCN IRD), J. Engel (VCAT IRD), F. Lokonadinpoullé (VCAT IRD), C. Madelaine (Elève Ing. Agro-M), J.-F. Molino (CR IRD), E. Nicolini (Ch.-Ing. Cirad-Forêt), M.-F. Prévost (CR IRD), R. Pélissier (CR IRD), C. Proisy (CR IRD), D. Sabatier (CR IRD), J.-L. Smock (AGT IRD), M. Tarcy (TER IRD).
- **2. UMR Ecofog, « Ecosystèmes forestiers de Guyane »** (Kourou) :
E. Abner (Tech. Cirad-Forêt), M. Baisie (Tech. Cirad-Forêt), L. Blanc (Ch.-Ing. Cirad-Forêt), (D. Bonal (CR INRA), A.-M. Domenach, (IR CNRS), V. Freycon, V. Gond (Ch.-Ing. Cirad-Forêt), J.-Y. Goret (TR INRA), F. Kago (Tech. Cirad-Forêt), M. Koese (Tech. Cirad-Forêt), F. Kwasié (Tech. Cirad-Forêt), J. Le-Fol (Doctorant), E. Lentillus (AJT INRA), O. Ngwete (Tech. Cirad-Forêt), J.-C. Roggy (CR INRA), R. Santé (Tech. Cirad-Forêt), J. Weigel (IR Engref)
- **3. UMR LADYBIO, « Laboratoire Dynamique de la biodiversité »** (Toulouse) :
V. Trichon (MCF UPS), A. Lafitte-Olano (Etudiant Maîtrise UPS)
- **COLLABORATIONS**
J.-M. Guehl (DR INRA, UMR « Ecologie et Ecophysiole Forestières »),
Sébastien Ollier (UMR Biométrie et Biologie Evolutive, Univ. Lyon 1)
H. Théveniaut (Géologue, BRGM)

Du bassin versant au continent

Un continuum

Amazon Tree Diversity Network (ATDN)
animé par **H. ter Steege** (IEB & NHN, Hollande)
9 pays d'Amazonie et des Guyanes

DIME
4 sites du bas
Sinnamary

Guyane
française

**Caractérisation des écosystèmes
forestiers de Guyane (CAREFOR)**
animé par **D. Sabatier** (IRD, AMAP;
CPER Guyane)

GUYAFLUX
(ACI Ecologie Quantitative -
PNBC)
animé par **D. Bonal** (INRA,
ECOFOG Guyane)
Site de Paracou

DIME

Deuxième entrée du programme

DIME:

Les déterminants écologiques de la diversité différentielle ont-ils une influence significative ?

Cas des facteurs édaphiques et des niches liées à la sylvigénèse

Un système complexe

Processus globaux

helle,

Apparition

Processus intriqués

Première entrée du programme

DIME:

Définition d'un cadre analytique de le propriété émergente « diversité ».

Diversité locale

α

Aléas

Recrutement

Etablissement

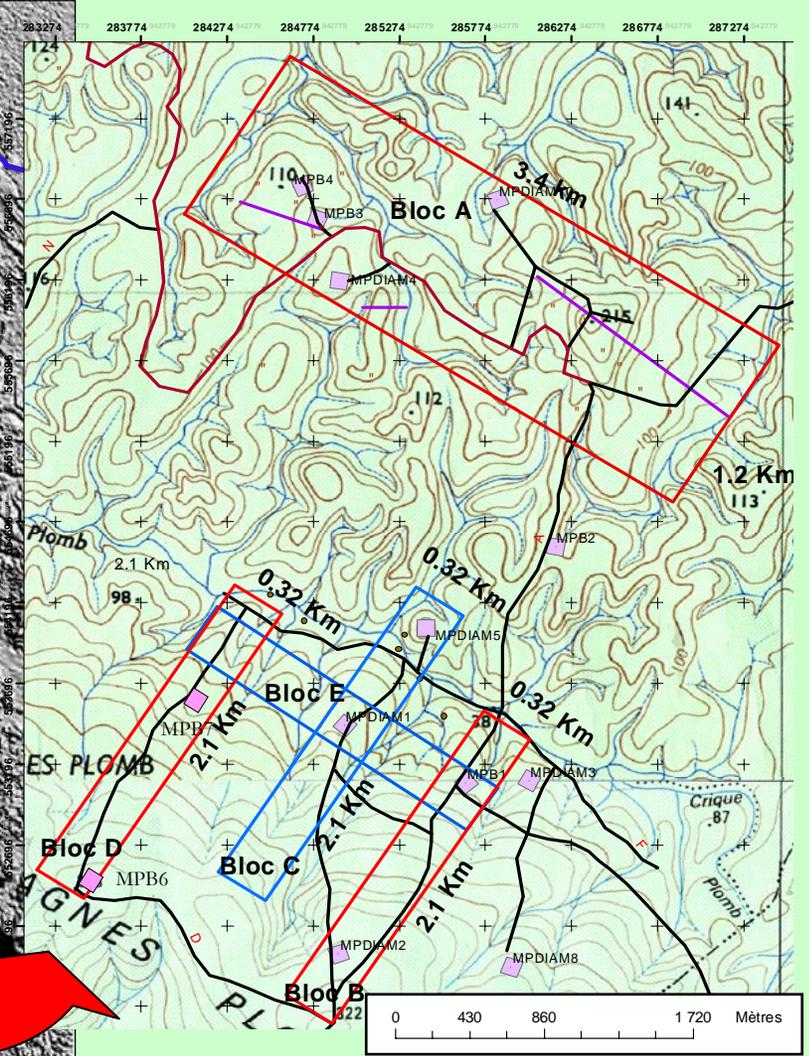
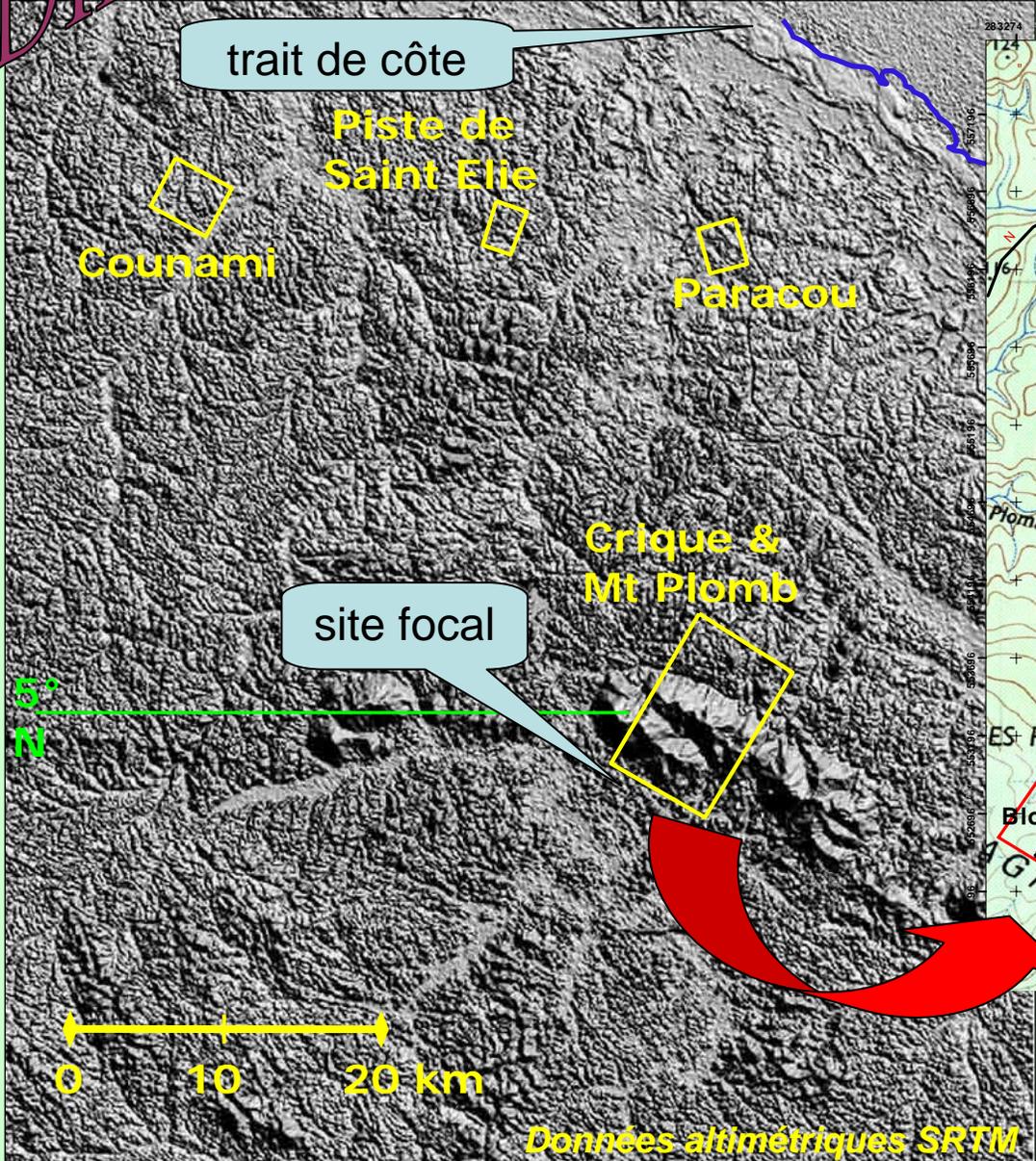
Processus locaux



Les sites du bas Sinnamary en Guyane

Situation géographique

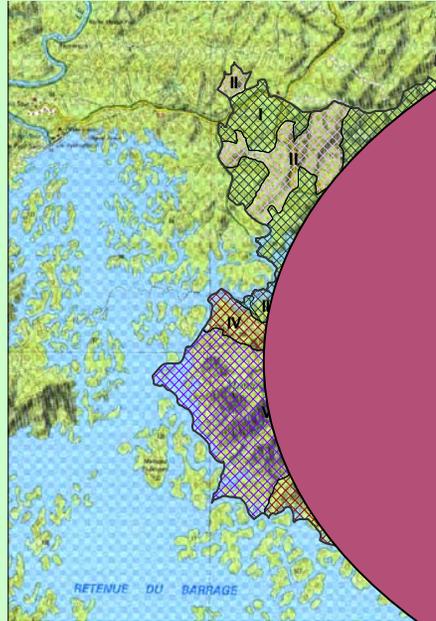
DIME



**Crique & Mt Plomb (site focal)
Dispositif**

Une partition raisonnée de l'espace

Géomorphologie et pédologie



Unités géomorphologiques



Premier résultat:

Une contribution significative à la compréhension de l'organisation des paysages et des couvertures pédologiques de Guyane.

L'étude du comportement hydrodynamique précise les conditions écologiques

Sols sur cuirasses démantelée

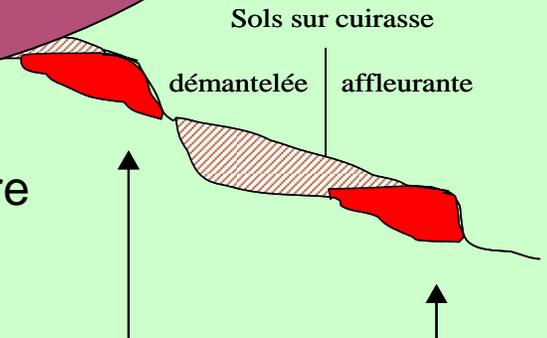
Sols amincis

Sols amincis hydromorphes

1er niveau

2ème niveau

3ème niveau



Maîtrise de la flore

Un exemple de morphotaxon



Taralea sp. 1



Taralea oppositifolia

Maîtrise de la flore

Découverte de nouvelles espèces

Eschweilera sp. nov.

Deuxième résultat:

Une contribution significative
à l'effort de documentation
de la flore de Guyane,
notamment des arbres.

Premier bilan:

Espèces remarquables

GF,

neurs
(*alata*, etc.)

Ta... sp.

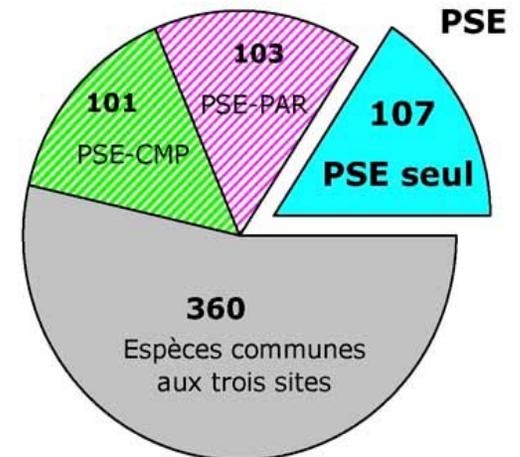
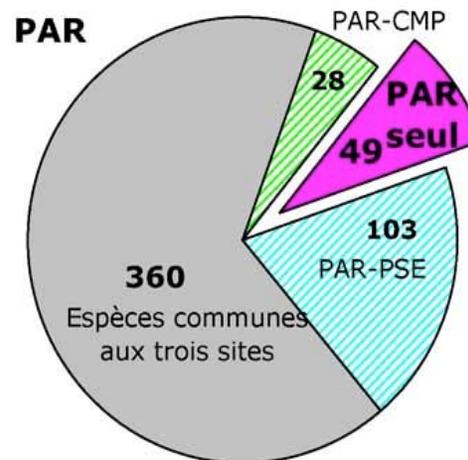
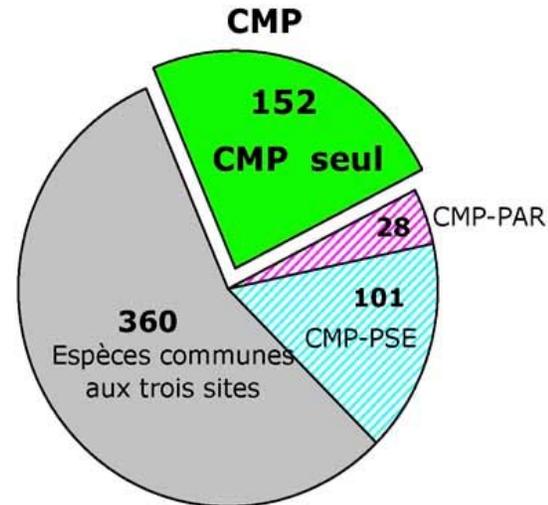


906 espèces d'arbres sur le dispositif

Comparatif floristique

Affinités floristiques entre les sites de Crique & Montagne Plomb (CMP), Paracou (PAR) et Piste de St Elie (PSE), sur la base des seuls inventaires botaniques d'arbres de $D_{130} \geq 10$ cm.

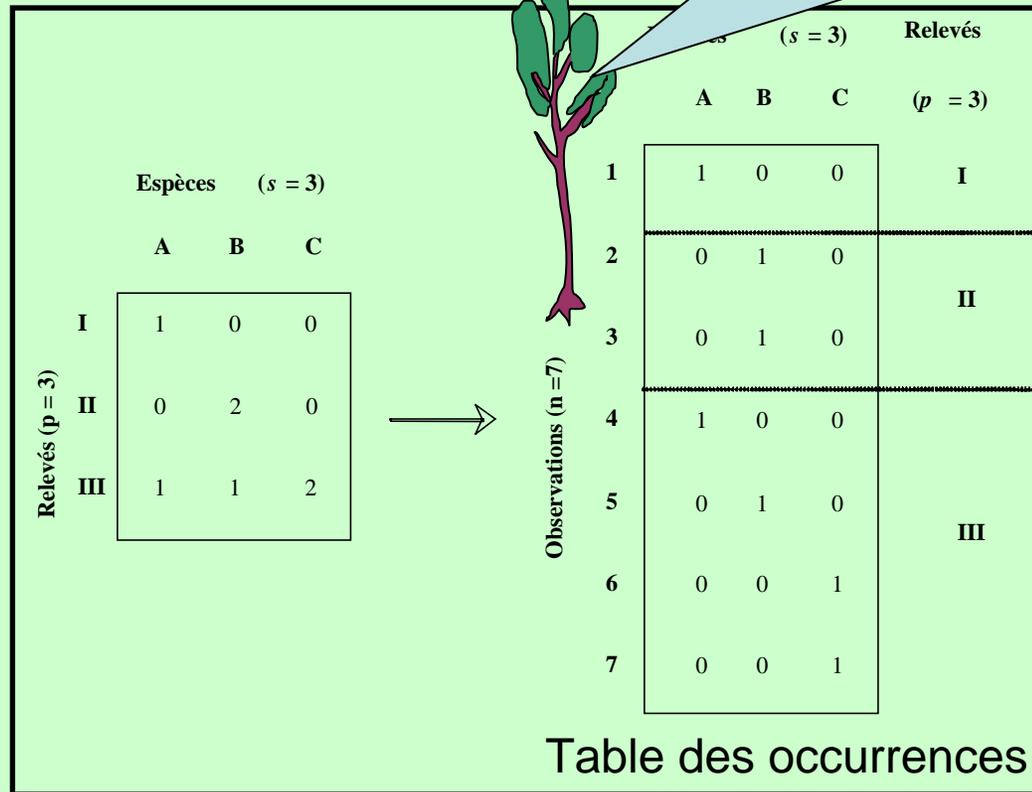
Pour chaque site, les espèces sont réparties entre celles absentes des autres sites (« site seul »), celles partagées avec un seul des 2 autres sites, et celles communes aux 3 sites.



Cadre analytique unifié

Approche multi échelle

individu statistique = arbre



Analyse de la variance des espèces dans la table des occurrences

$$D_T = \sum_{j=1}^s w_j VAR_j$$

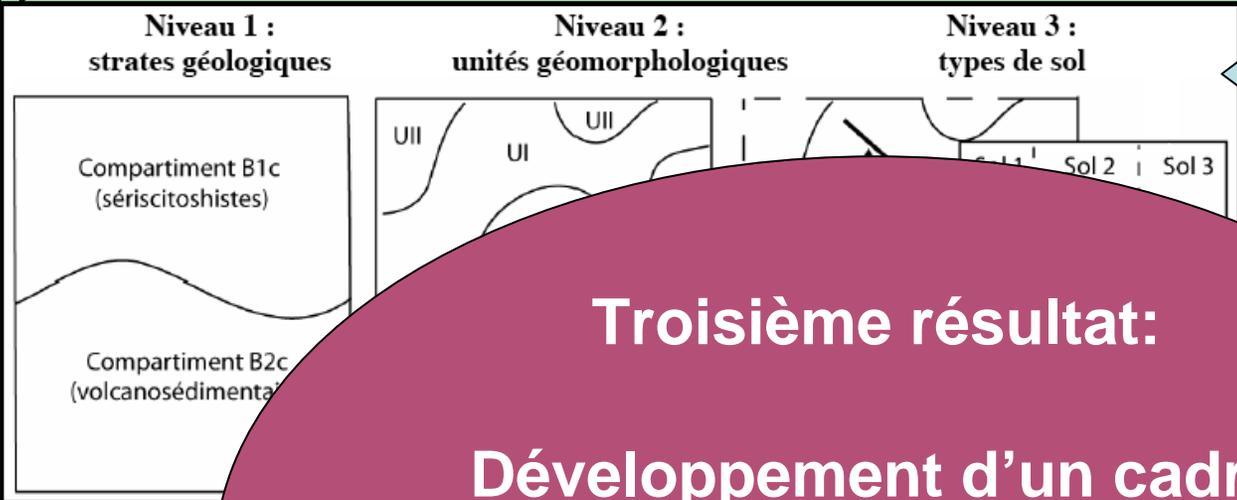
En choisissant le terme de pondération W_j on montre qu'il est possible d'exprimer la diversité par différents indices (Richesse, Simpson, Shannon)

Pour toute partition de la table des occurrences, l'analyse de variance multivariée (MANOVA au sens d'Anderson 2001) permet de décomposer la diversité totale

$$D_T = D_\beta + D_\alpha = \sum_{j=1}^s w_j VAR_{inter_j} + \sum_{j=1}^s w_j VAR_{intra_j}$$

Application à Cr & Mt Plomb

Approche multi échelle



Données environnementales

Relevés botaniques (points grappes)

Troisième résultat:
 Développement d'un cadre analytique de décomposition de la diversité en fractions additives.

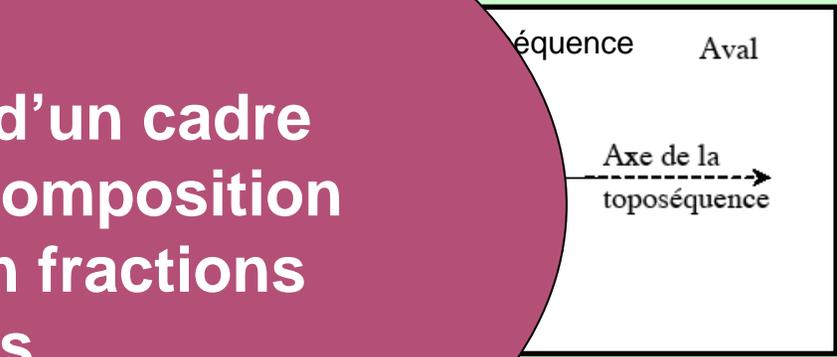
- Niveaux hiérarchiques
- 0 : site d'étude
 - 1 : compartiments
 - 2 : unités géomorphologiques
 - 3 : points-grappes
 - 4 : unités géologiques
 - 5 : unités géomorphologiques
 - 6 : segments
 - 7 : grappes

$$\beta_{gr \text{ dans } seg} + \alpha_{gr}$$

$$\beta_{seg \text{ dans } sol} + \alpha_{seg}$$

$$\beta_{sol \text{ dans } géol} + \alpha_{sol}$$

$$\beta_{pg \text{ dans } géol} + \alpha_{géo}$$



$\beta_{sol \text{ dans } c}$			
β_{seg}	0,0		
$\beta_{gr \text{ dans } seg}$	879	0,165	1,04***
α_{gr}	3968		

7.59***

1.86***

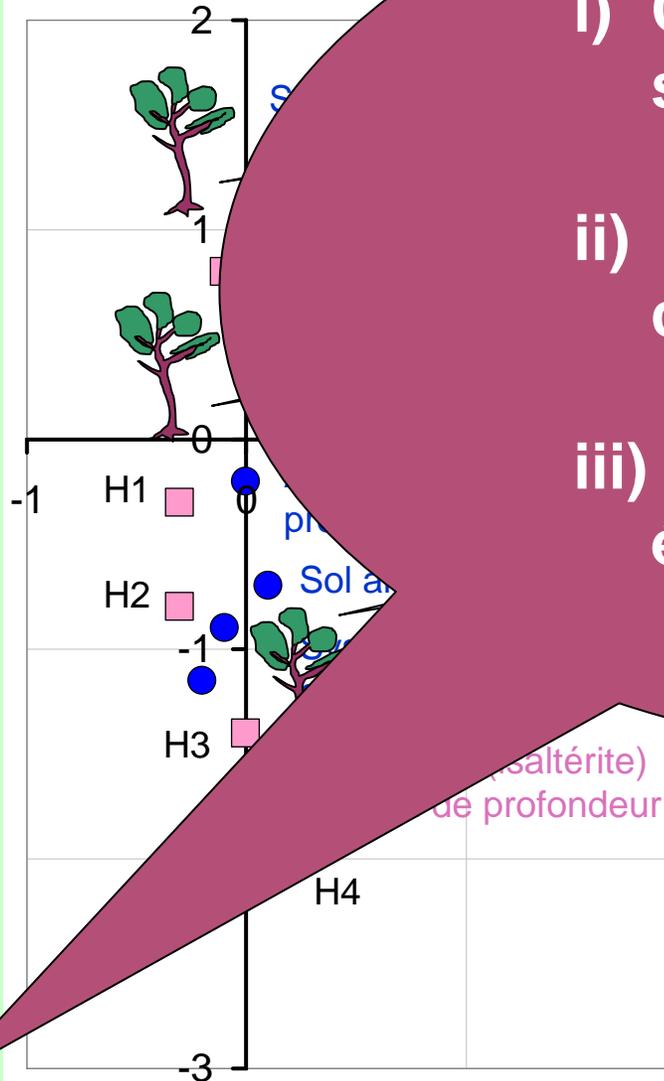
Pseudo-F

= 0,89

Ordonation des types
par AFC du

Gradients édaphiques

de chaque analyse



i) Constance de la relation
sol-peuplement

ii) Ordonation des espèces
cohérente entre sites

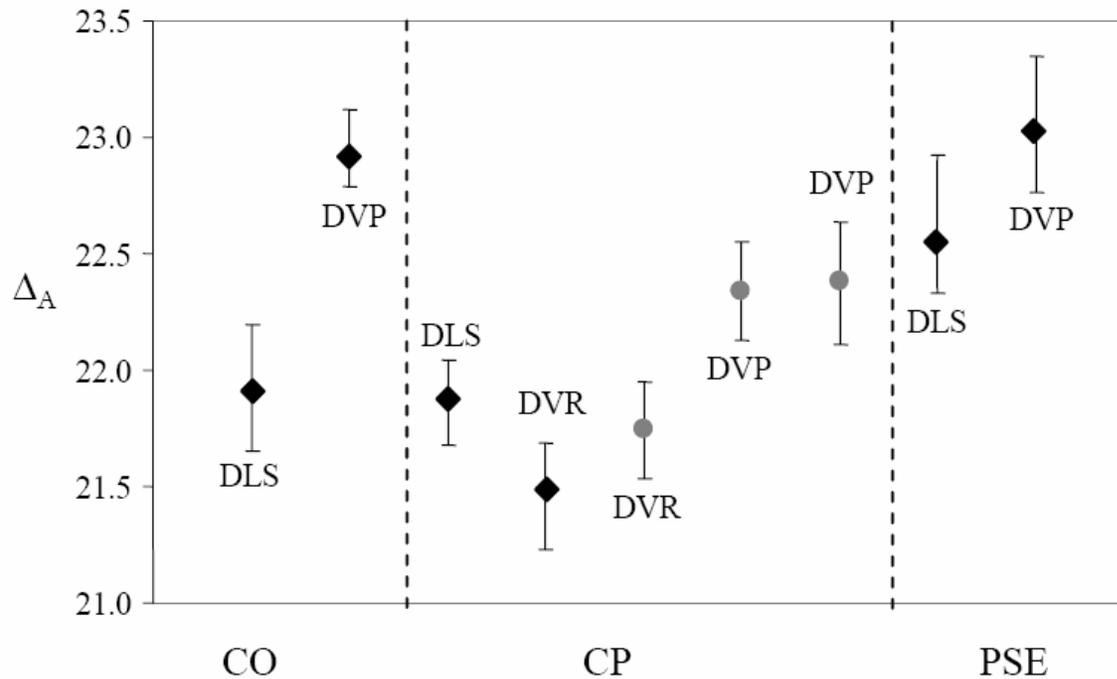
iii) Existence de situations
évoquant une radiation

III à H4 : Stades
d'amincissement de la
couverture pédologique à
Crique Plomb

Un exemple

Efficiences de l'utilisation de l'eau

La mesure de la composition isotopique du carbone ($\delta^{13}\text{C}$) des feuilles des grands arbres dans des parcelles de 0,5 à 1 ha permet de calculer la discrimination isotopique du couvert (Δ_A), un indicateur de l'efficacité de l'utilisation de l'eau par la végétation.



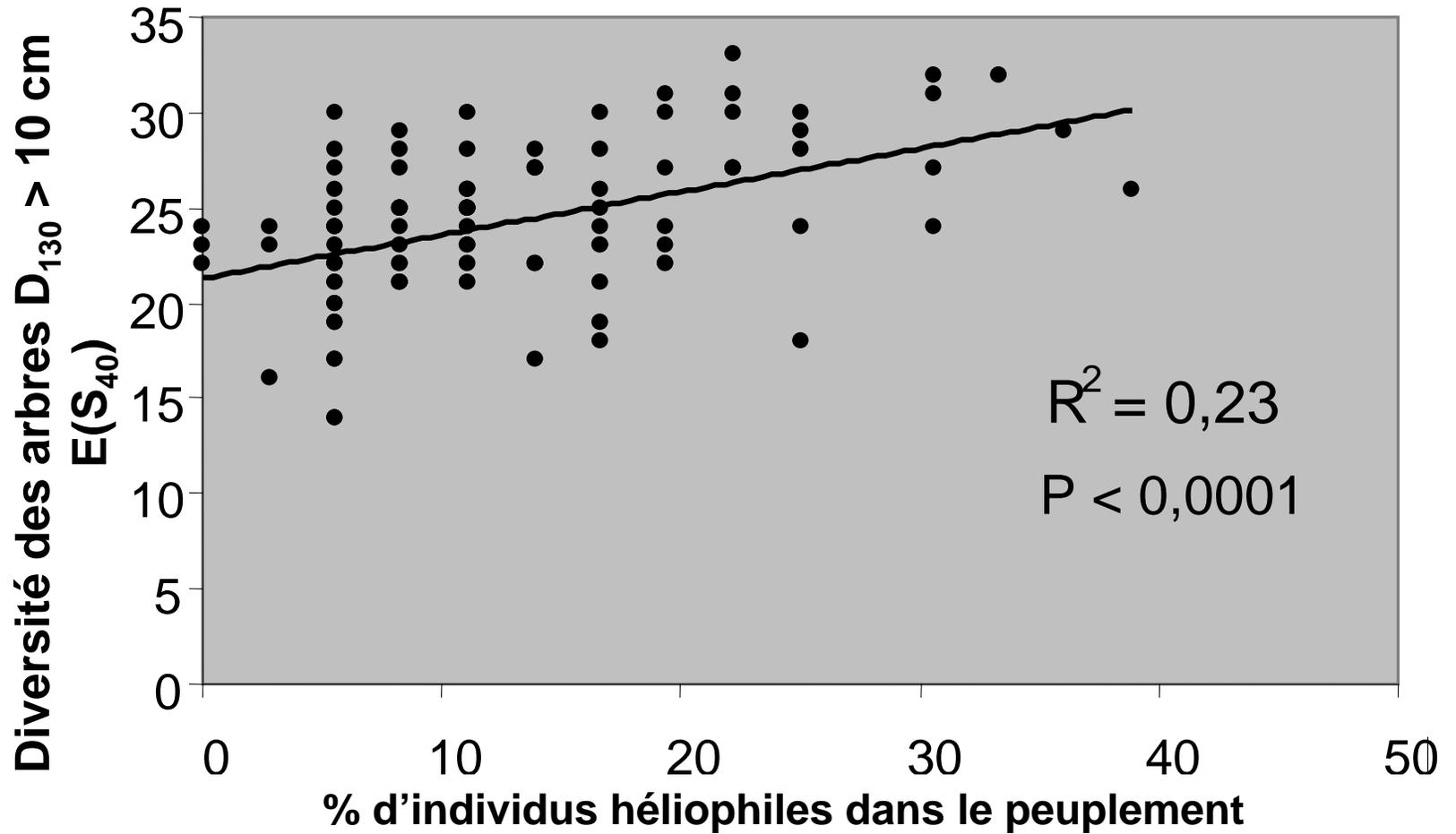
Les parcelles sur sols amincis présentent des valeurs plus faibles de Δ_A , c'est à dire une efficacité d'utilisation de l'eau du couvert plus forte.

Figure 1. Discrimination isotopique du carbone de la canopée (Δ_A) des différents sites étudiés. Losanges : schistes ; Cercles : volcano-sédimentaire ; DVP = drainage vertical profond ; DVR = drainage vertical ralenti ; DLS = drainage latéral et superficiel.

Rappel des faits

Relation diversité-perturbations

Crique & Mt Plomb – absence de perturbation



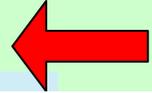
DIME

Paracou

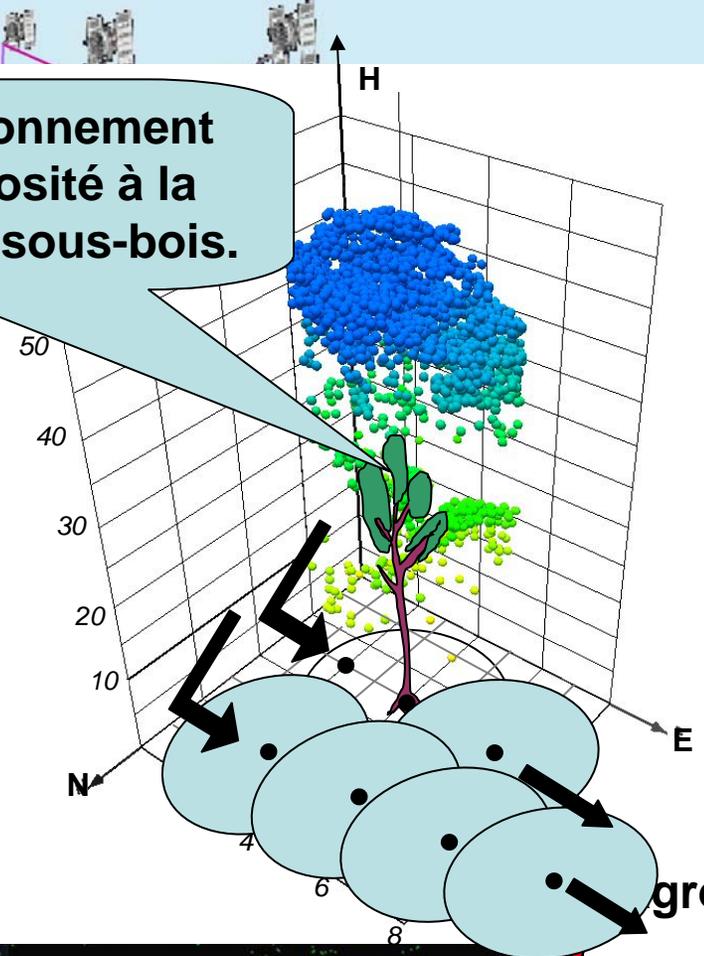
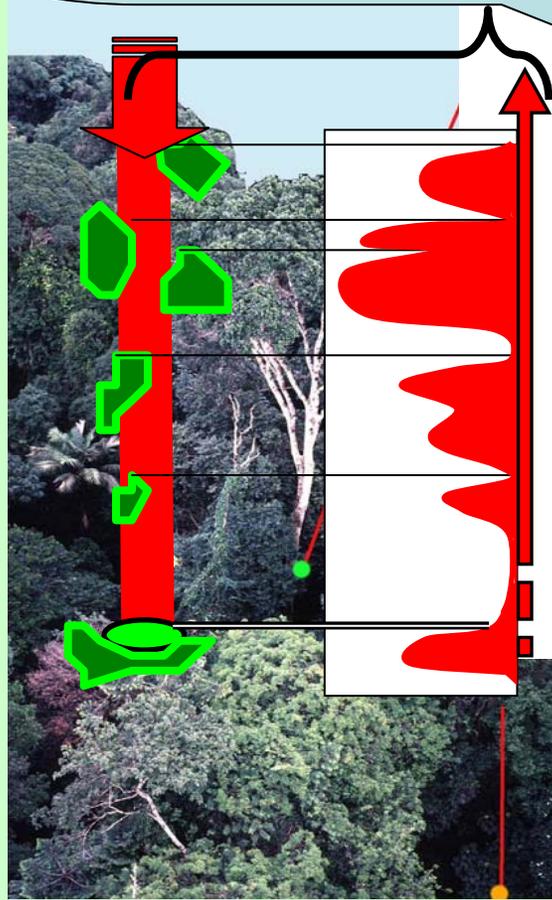
Dynamique – Diversité

Altimétrie laser

Données analysées



Description de l'environnement (encombrement / porosité à la lumière) des arbres du sous-bois.



Jeu de données;
Statistiques :

Hmax → MNS

Qs)
Me) distribution
Qi)

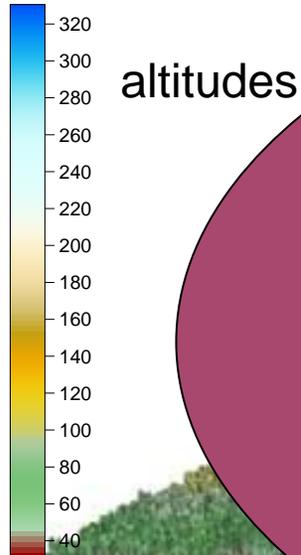
Iq) dispersion

Alt. Sol → MNT

MNS – MNT = MNC

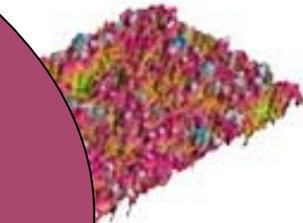
agrégation des échos dans
une
Unité Surfactive Élémentaire
(USE)

Les données d'altimétrie laser permettent de décrire les variations « relativement fines » de l'environnement des arbres des strates inférieures.



la numérique de surface

hauteurs



MNC = modèle numérique de canopée

Dispositif d'étude du peuplement en sous-bois à Paracou :

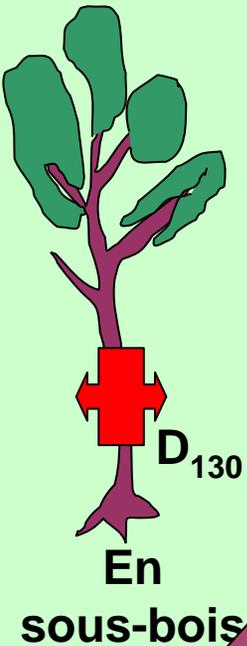
- .10 transects (5ha)
- .120 placeaux (20x20 m)
- .11 000 arbres ($2 < D < 130 < 10$ cm)
- + MNT, MNS, MNC
- + Statistiques des USE

DIME

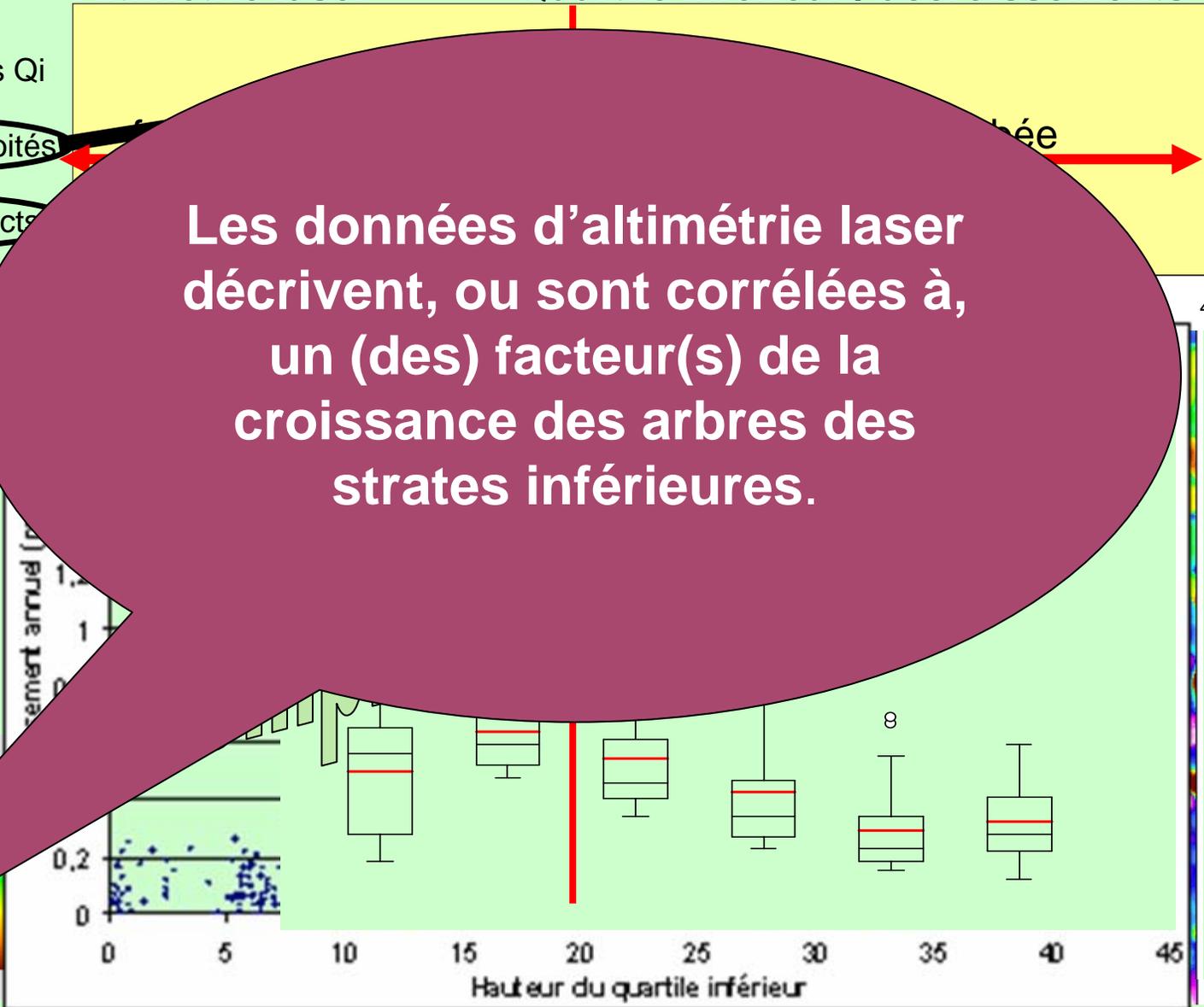
Altimétrie laser

Quartile inférieur / accroissements

Moyenne des Qi
entre
secteurs exploités
et
secteurs intacts



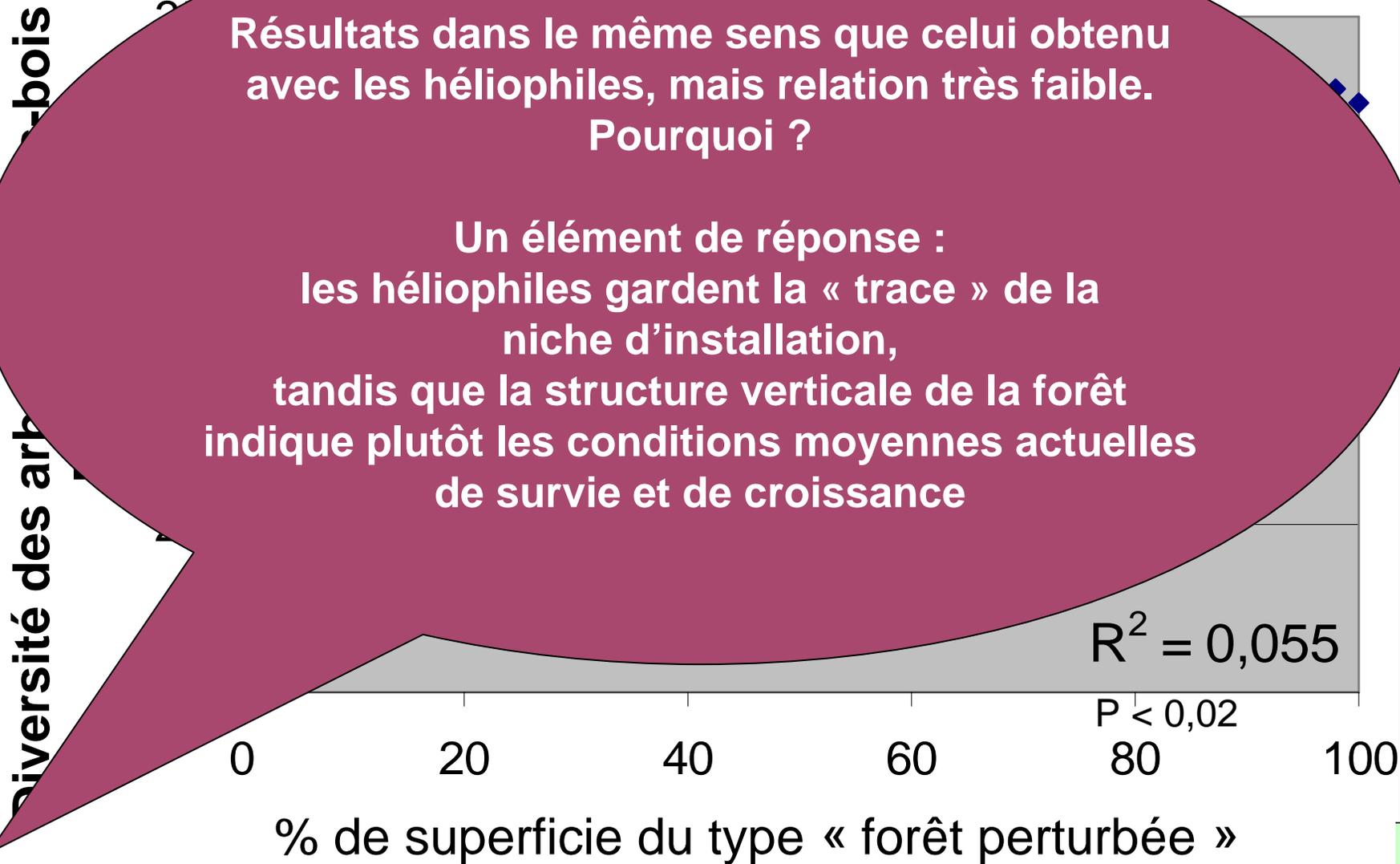
Les données d'altimétrie laser décrivent, ou sont corrélées à, un (des) facteur(s) de la croissance des arbres des strates inférieures.



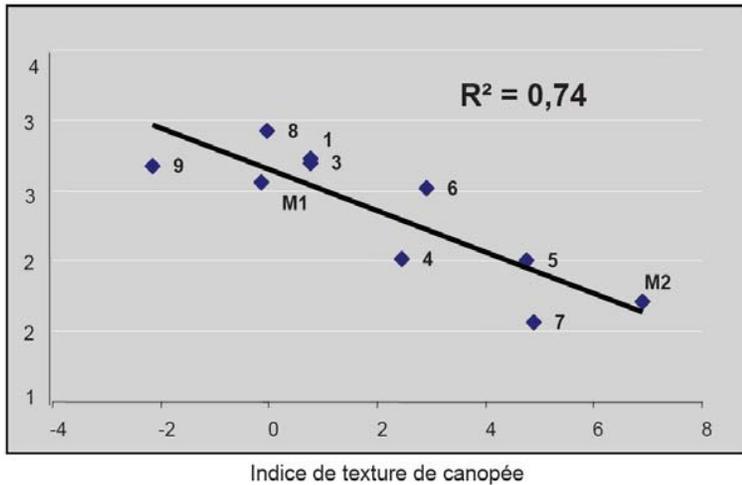
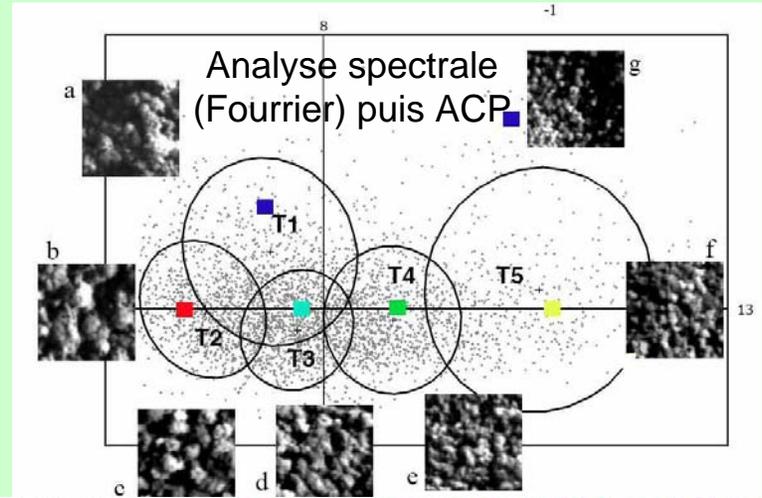
Altimétrie laser – Diversité spécifique / environnement forestier

Résultats dans le même sens que celui obtenu avec les héliophiles, mais relation très faible. Pourquoi ?

Un élément de réponse :
les héliophiles gardent la « trace » de la niche d'installation,
tandis que la structure verticale de la forêt indique plutôt les conditions moyennes actuelles de survie et de croissance

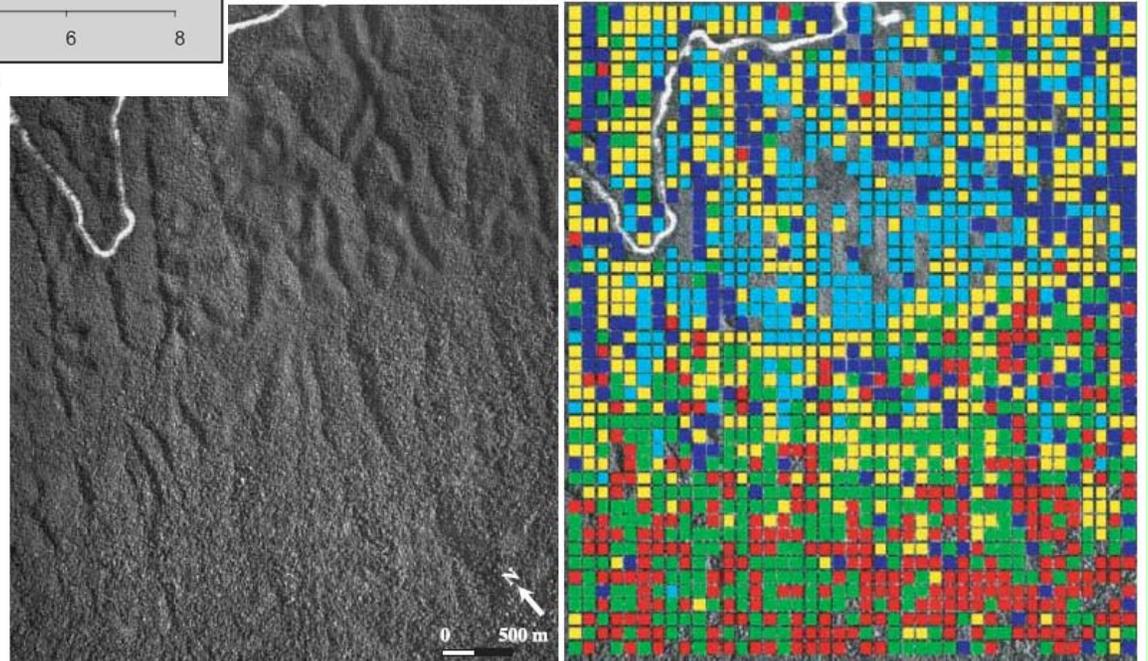


Approche 2D de la rugosité de la canopée



Objectifs :

- **Modèle prédictif des structures forestières;**
- **Mise au point d'un outil de caractérisation et de cartographie des types forestiers.**



Les déterminants écologiques ont une influence constante mais faible.

On a pu mesurer que ces déterminants écologiques maintiennent une diversité différentielle faible mais très significative.

Ces déterminants jouent-ils un rôle dans le maintien d'une diversité globale élevée?

A Cr.& Mt Plomb, la part des espèces propres au site est 30% plus importante qu'à Piste de St Elie distante de 30 km seulement ...

Est-ce du fait de ce différentiel de diversité entretenu par un gradient édaphique (géologie et sols) plus long (une amplitude écologique plus grande) ? Ou est-ce dû à l'histoire ancienne de la genèse de ces peuplements ?

L'analyse des paysages forestiers par la méthode texturale pourrait, après calibration, permettre de répéter les mesures de diversité par points-grappes en évaluant l'amplitude écologique par les différences de grain de canopée.