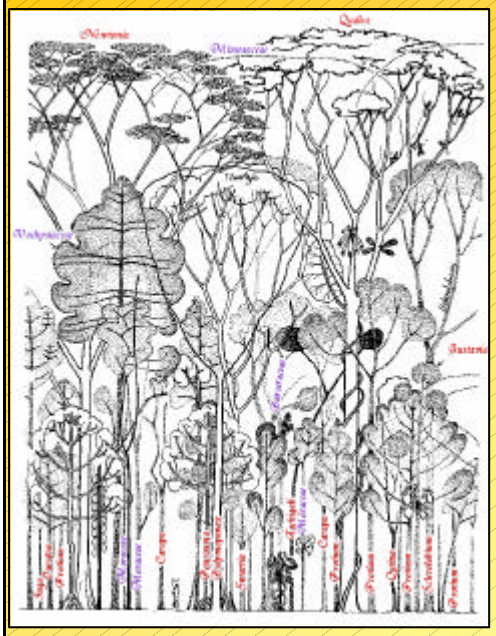
Relation entre architecture et performances photosynthétiques chez *Symphonia globulifera* L. f. (Clusiaceae)

Contexte scientifique



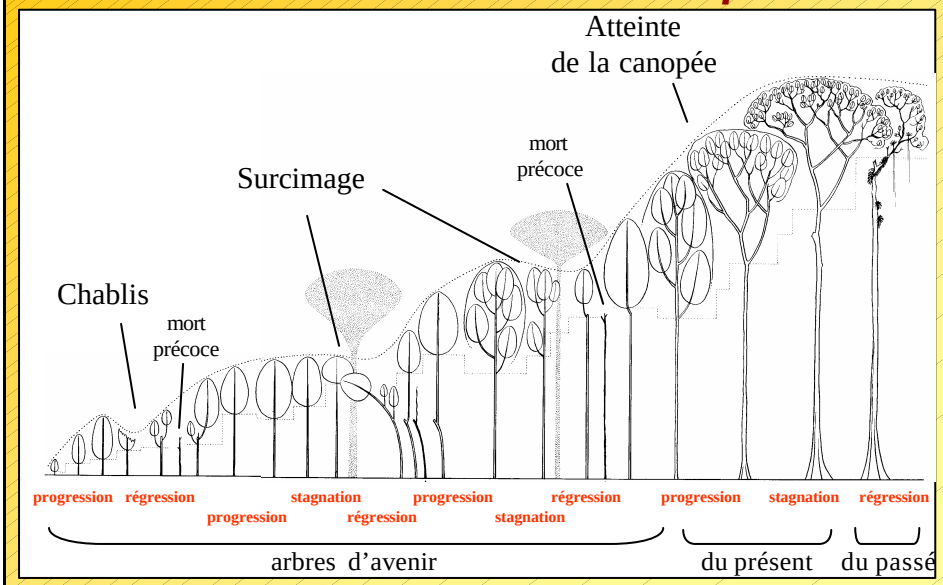
(d'après Hallé et al., 1978)

L'hétérogénéité en forêt

- **Diversité spécifique**
- **Différences d'âges** (régénération, sylviculture)
- **Facteurs environnementaux** (sol, relief, lumière, eau, ...)
- **Variations individuelles** (diversité génétique)

Contexte scientifique

Histoire d'un arbre dans une forêt

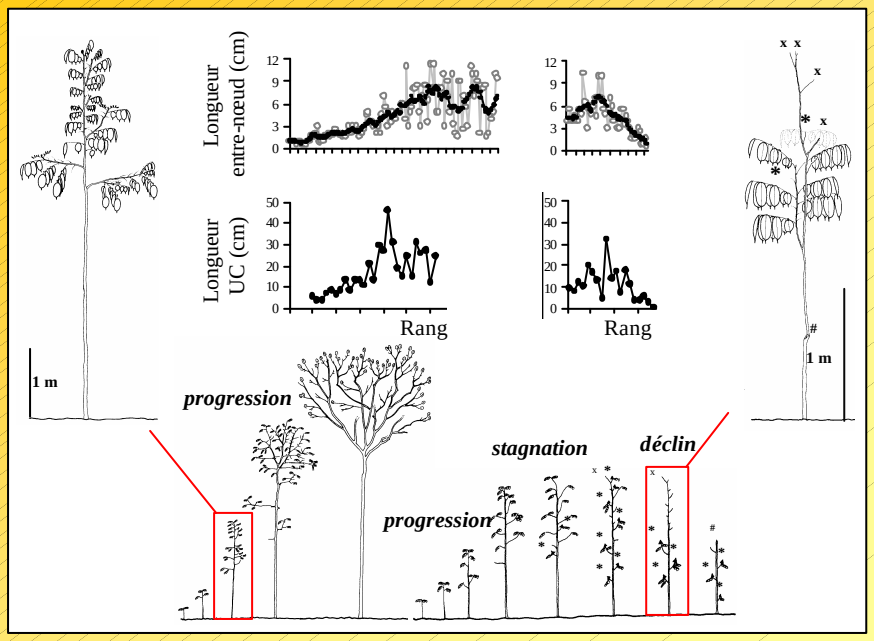


(d'après Hallé, Oldeman & Tomlinson 1978)

Contexte scientifique

- Comment accéder à la dynamique de développement de l'individu ?
- Comment quantifier le développement et l'évolution de la forme des arbres ?
- Peut-on mettre en évidence des critères simples indicateurs de la vigueur des arbres ?

Contexte scientifique 1 *Premières approches : le cas de l'Angélique et du Tachigali*



(d'après Niccolini et al, 2003)

Contexte scientifique 1

- **De tels critères (mise en place de rejets, port tabulaire, …) peuvent-ils être appliqués à d'autres espèces, voire à l'ensemble des plantes ?**
- **Peut-on établir des groupes d'espèces qui peuvent être caractérisés par un même syndrôme de caractères ?**

Etude de Symphonia globulifera dans une problématique architecturale

Objectif 1

Une étude préliminaire :

- sur les différentes dynamiques de croissance des arbres par des observations *a posteriori* de la croissance,

- pour tenter de corréler ces modes de développement aux conditions du milieu, notamment la lumière (peu avancé),

- pour rechercher des critères pouvant être révélateurs de l'état de vigueur d'un arbre.

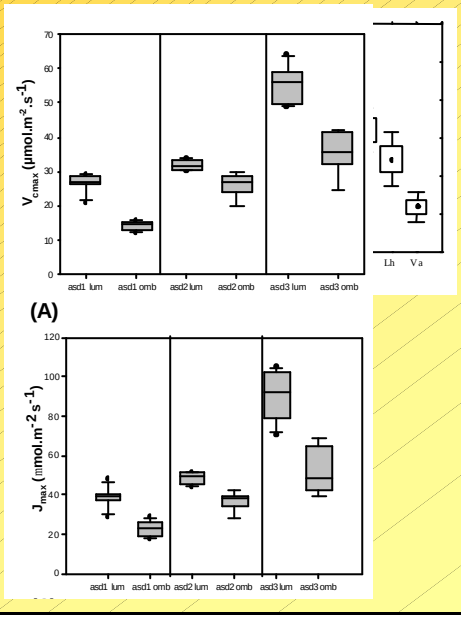
Contexte scientifique 2

Quelques connaissances sur la variabilité des capacités photosynthétiques foliaires :

- Une variabilité inter-spécifique

- Une variabilité en fonction de l'environnement lumineux…et la plasticité ?

- Une variabilité en fonction du stade de développement



Contexte scientifique 2

Mais peu de connaissances sur la variabilité des capacités photosynthétiques :

-au cours de la vie de la feuille (initiation, maturité, sénescence)

- en fonction de la position des feuilles (ordre de ramification et rang sur les axes)

Hypothèse actuelle: 1feuille = 1 individu

Représentativité de la feuille ?

Etude de S. globulifera dans une problématique photosynthétique

Objectif 2

Une étude préliminaire :

- pour tenter de caractériser la variabilité des capacités photosynthétiques sur une population de *S. globulifera* en fonction du diagnostic architectural,

- pour caractériser la variabilité des capacités photosynthétiques des différentes feuilles au sein d'individus,

- pour mettre en place un suivi de croissance et étudier *in situ* les relations entre la phénologie de croissance et la diminution des capacités photosynthétiques des feuilles en place.

Matériel végétal

Choix de l'espèce

-Un mode de développement non abordé (modèle de Massart)
(sous les tropiques, on connaît bien Araucaria…)

- Des cicatrices (foliaires, arrêts de croissance, …) qui restent lisibles longtemps sur les axes

- Une séquence de développement optimal connue (Barthélémy, 1988)

- Une plasticité/variabilité des formes architecturales

Symphonia globulifera L. f.

Répartition géographique :

•**fth (Afrique de l'ouest, Amérique)**

•**Guyane : espèce commune en forêts marécageuses, bas-fonds de forêts denses, savanes…**

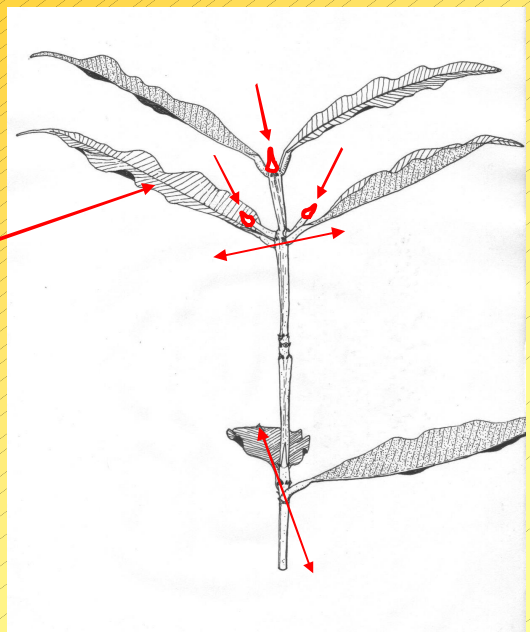
•**hémi-tolérante (Fravichon 1995)**

•**phyllotaxie opposée-décussée**

•**feuilles à nervures secondaires parallèles peu marquées**

•**paires de cataphylles toujours présentes à l'extrémité des axes**

•**rameaux latéraux à port horizontal**

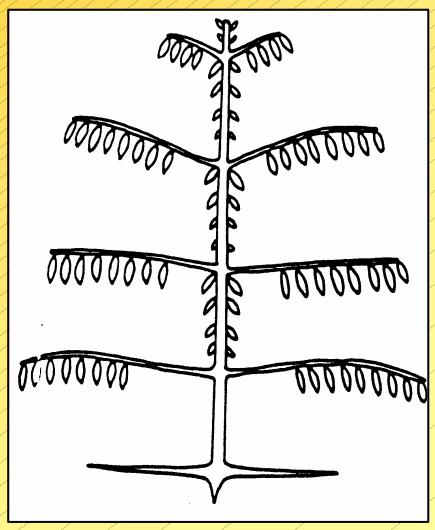


Modèle de Massart

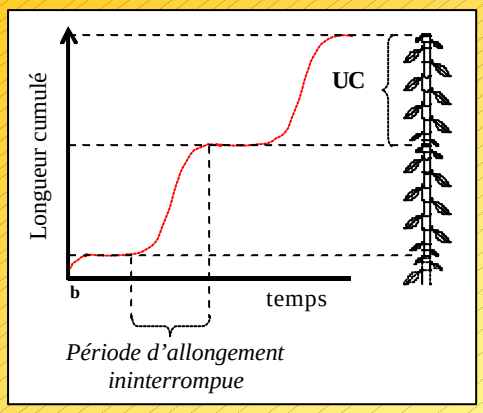
(Barthélémy, 1988)

- **Tronc orthotrope monopodial (axe A1 épicotylé) à croissance et à ramification rythmiques,**

- **Branches plagiotropes, à ramification et à croissance rythmiques, et à développement immédiat.**



Une croissance rythmique sur l'ensemble des axes

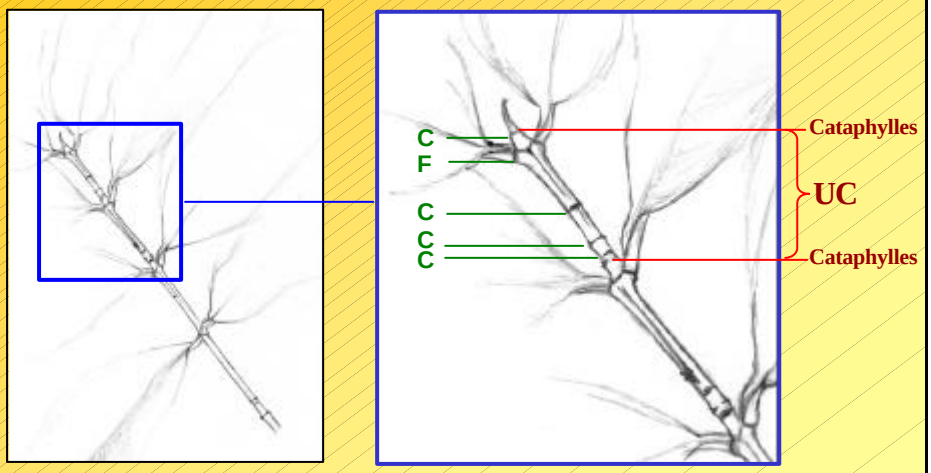


Arrêts de croissance reconnaissables par :

-une diminution de la longueur des entre-nœuds

-la présence de cataphylles (feuilles modifiées)

Des limites d'UC bien visibles….



Des arrêts de croissance reconnaissable longtemps (jusqu'à 60 UC !!!)

UCn+1

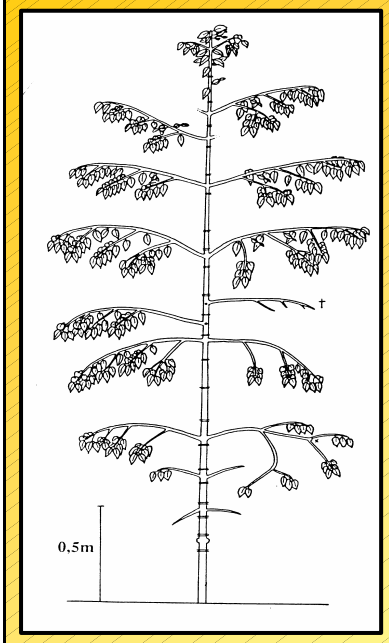
UCn

Matériel végétal

Choix des individus étudiés

- **Lieu = bas-fond proche du carbet IRD - piste Saint-Elie**
- **Sélection d'une trentaine de plants entre 50 cm et 4 m**
- **Localisation le long d'un layon et à proximité**
- **Marquage et numérotation**

Méthode architecturale *Protocole de description et paramètres mesurés*



(d'après Barthélémy, 1988)

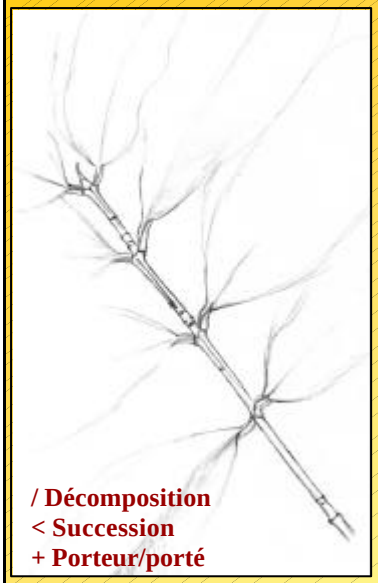
➡ ***20 individus***

- Hauteur/Diamètre
- Longueur des Unités de Croissance
- Longueur des entre-nœuds
- Type foliaire (feuille ou cataphylle)
- Nb. de feuilles présentes
- Nb. de rameaux portés
- État des axes (vivant ou élagué)

➡ ***10 individus***

- *Idem*, sans la description des nœuds

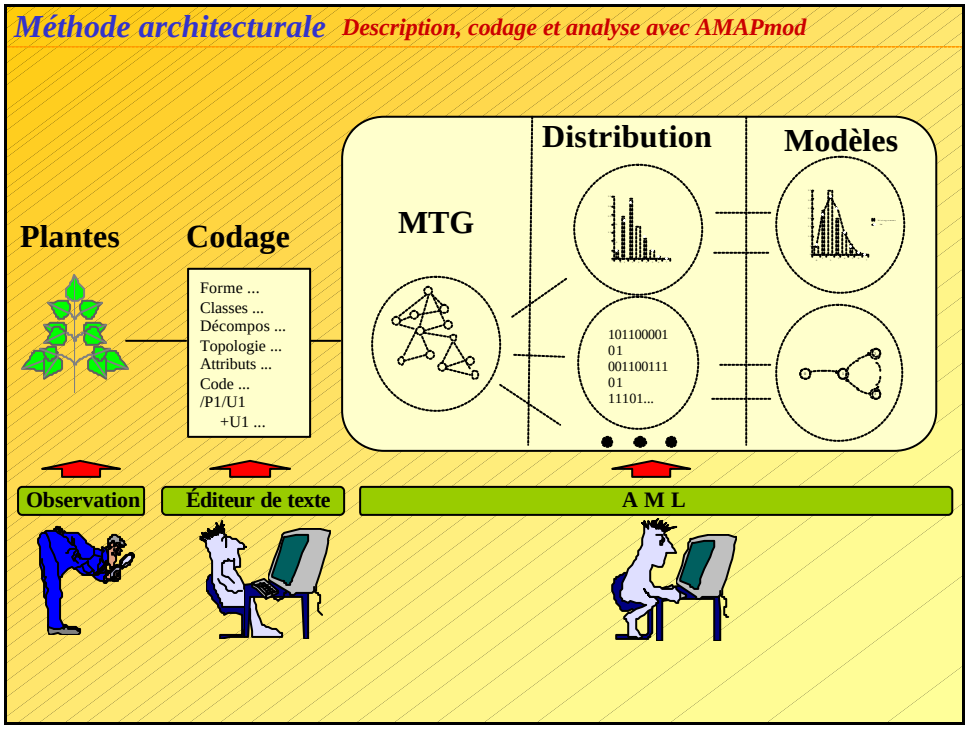
Méthode architecturale *Codage de la topologie*



/ Décomposition
< Succession
+ Porteur/porté

Microsoft Excel - Classeur1

	1	2	3	4	5	6	7		
1			Long	Diam		Type.fol	Nb.	Etat_Axe	
2	/A1		200						
3	^/U1		6.2						
4	^/e1		5.2			C	0		
5	^<e2		4.3			F	2		
6	^<e3		⋮			F	2		
7	^<e4					C	0		
8	^<U2								
9	^/e1					C	0		
10	^<e2					C	0		
11	^<e3					F	2		
12	^<e4					C	0		
13	^<U3								
14	^/e1					C	0		
15	^<e2					C	0		
16	⋮								


Méthode architecturale
Description, codage et analyse avec AMAPmod
Plantes
Codage
Forme ...
Classes ...
Décompos ...
Topologie ...
Attributs ...
Code ...
/P1/U1
+U1 ...
MTG
Distribution
Modèles
101100001
01
001100111
01
11101...
Observation
Éditeur de texte
A M L

Mesures des traits fonctionnels relatifs à la photosynthèse

Approche fonctionnelle

Caractéristiques structurelles des feuilles

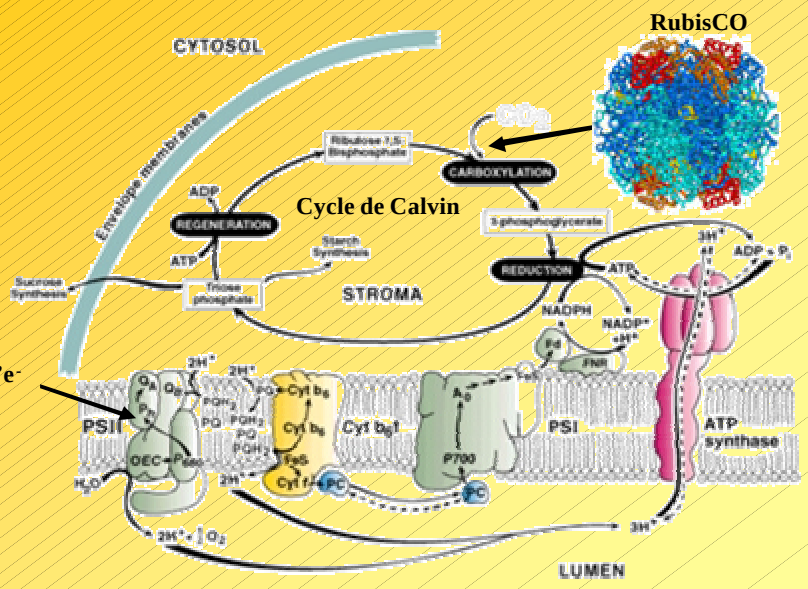
- Épaisseur, masse sèche et surface des feuilles

⬇

Masse surfacique, *LMA* (g m^{-2})
Densité

- Estimations des concentrations en chlorophylle
SPAD – 502 (unités SPAD)

Approche fonctionnelle *Rappels sur la photosynthèse*



Modèle mécaniste de photosynthèse foliaire

Farquhar-Von Caemmerer (1980)

La vitesse de carboxylation est <u>conditionnée</u> et <u>limitée</u> par :

- les **propriétés cinétiques** et la **quantité** de Rubisco

  la concentration en CO_2 (et O_2)

  (formalisme de Michaelis-Menten) V_{cmax} (Rubisco)

- la lumière (PFD dans le PAR) via la régénération du RuBP

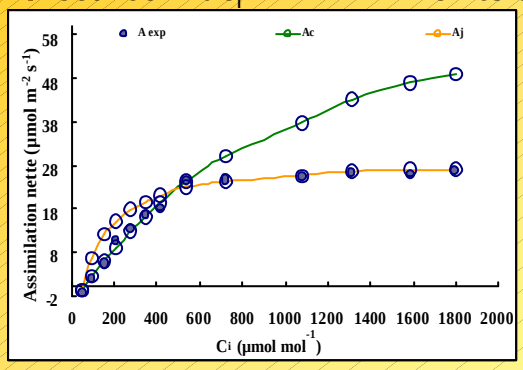
  (fonction empirique de transport des électrons)

  J_{max} (Cytochrome f)

Modèle mécaniste de photosynthèse foliaire

Farquhar-Von Caemmerer (1980)

- Courbe A/C_i ⇒ Points expérimentaux



- Limitation par la concentration en CO_2

  ⇒ A_c (Théorique)

- Limitation par la Lumière

  ⇒ A_j (Théorique)

- Ajustement du modèle

V_{cmax} vitesse maximale de carboxylation

J_{max} flux maximal d'électrons photosynthétique

Approche fonctionnelle *Mesure des performances photosynthétiques*

- **Mesures des échanges gazeux**

Chambre de mesure en circuit ouvert (CIRAS-1, PP-System)

Mesures en conditions contrôlées

1. courbes A_Ci

V_{cmax}

J_{max}

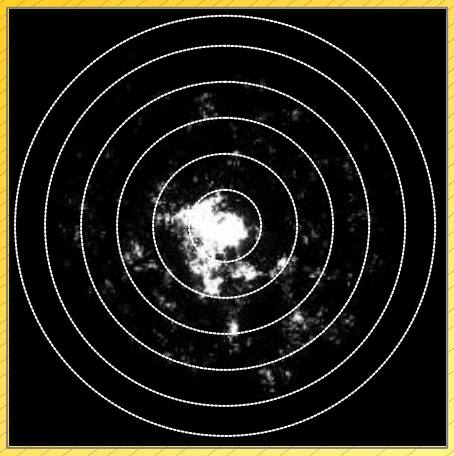
2. Assimilation en lumière saturante (CO_2 ambiant)

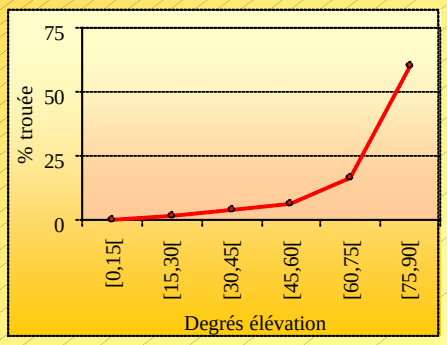
A_{sat}

Caractérisation de l'environnement lumineux

Méthode pour la photosynthèse *Caractérisation de l'environnement lumineux*

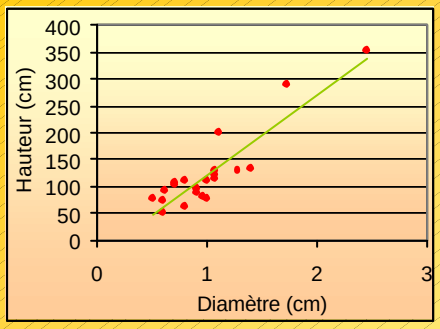
- Des photos prise au soir et au petit matin…
- Saturation des blancs et des noir puis découpages en plage de 15°





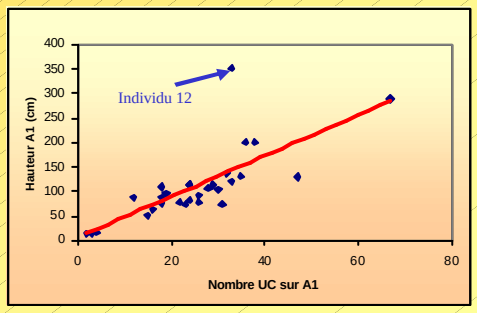
- % de trouée = % de pixels blancs / nb. total de pixels

Résultats architecturaux

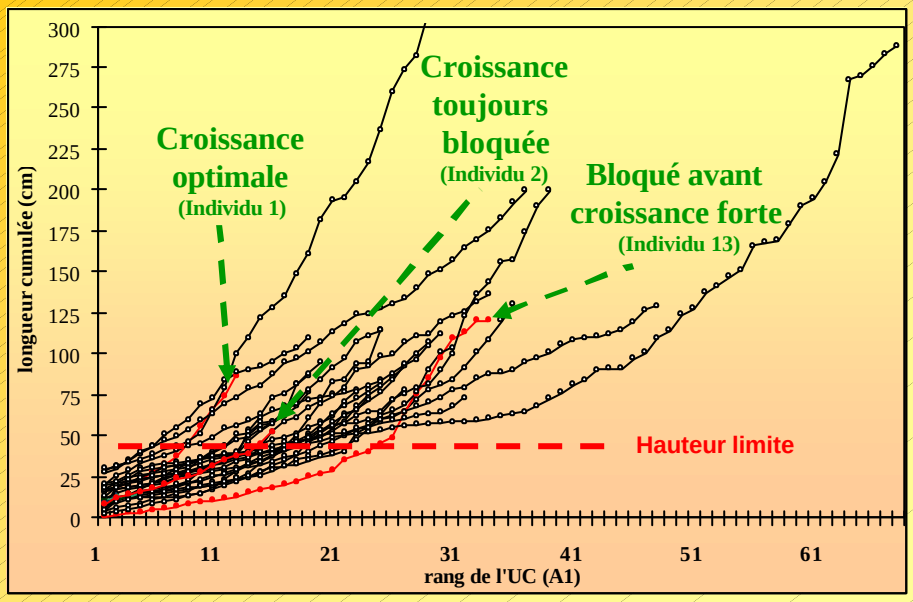


Hauteur de l'A1 en fonction de son diamètre

Hauteur de l'A1 en fonction de son nombre d'UC

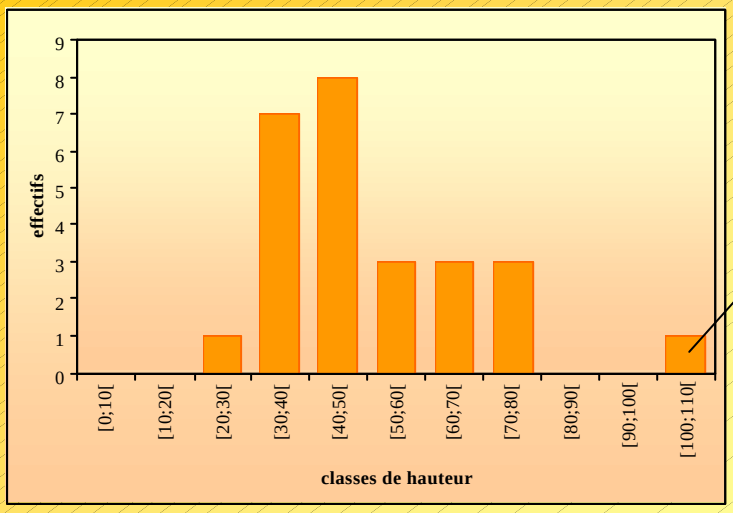


Résultats architecturaux *Dynamique de croissance*



Vérifier les I

Résultats architecturaux *Ramification & Synchronisme au sein du peuplement*

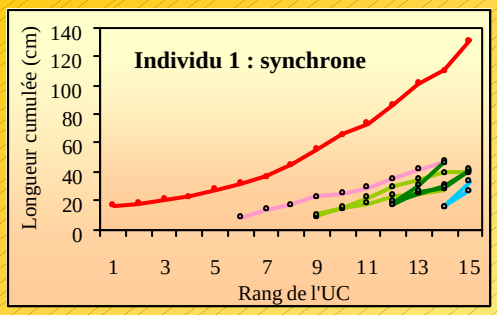


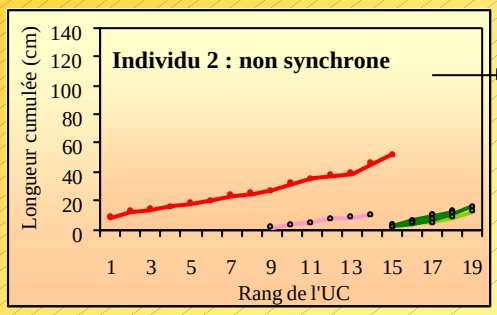
Individu 12

Hauteur de la première ramification située entre 30 et 40 cm

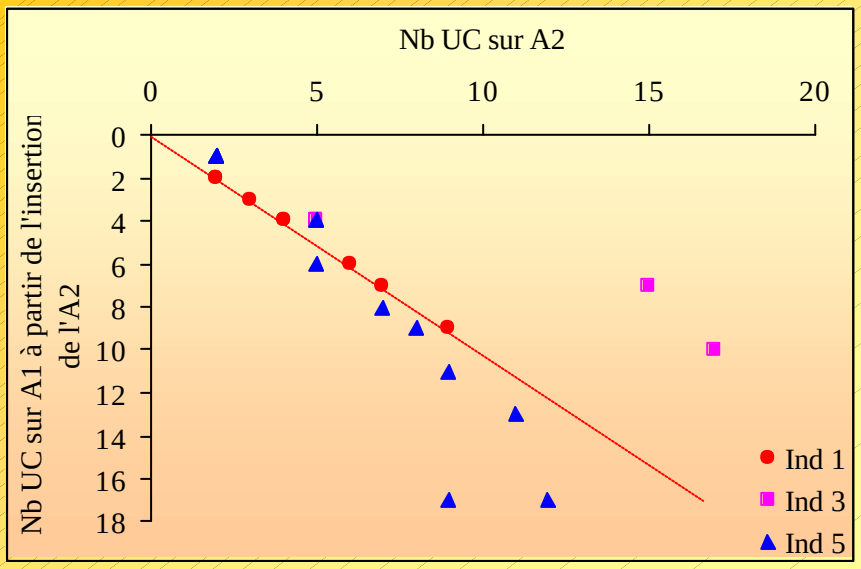
Corrélation avec la hauteur limite

Résultats architecturaux *Ramification & Synchronisme au sein de l'individu*

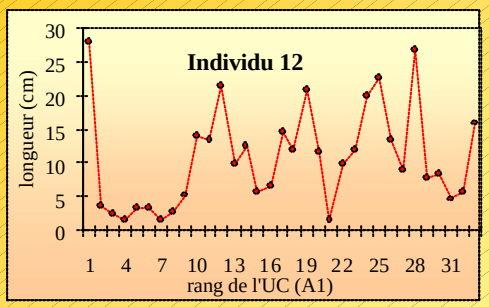


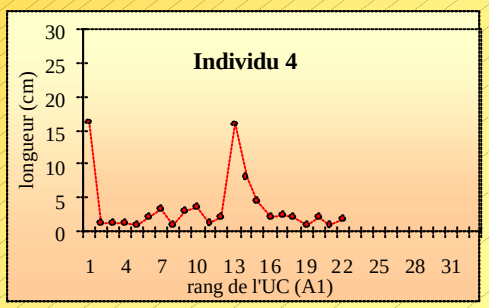


Résultats architecturaux *Ramification & Synchronisme au sein de l'individu*

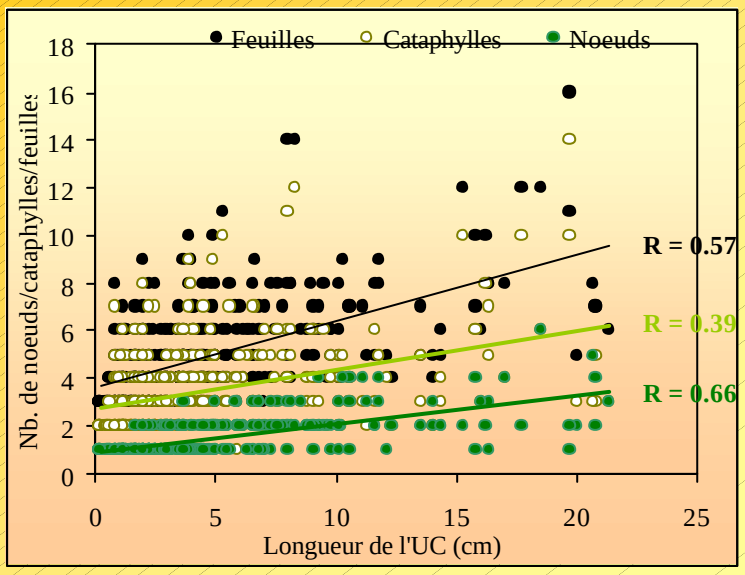


Résultats architecturaux *Irrégularité de longueur des UC et potentiel individuel*

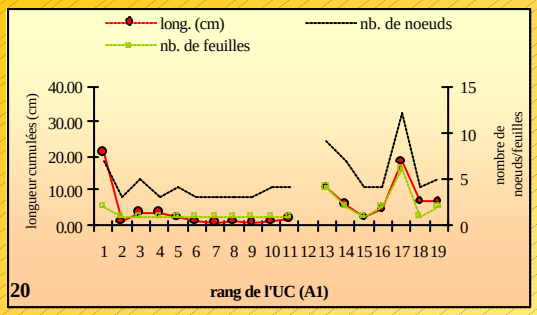




Résultats architecturaux *Corrélation taille UC / nombre de nœuds / nombre de feuilles*

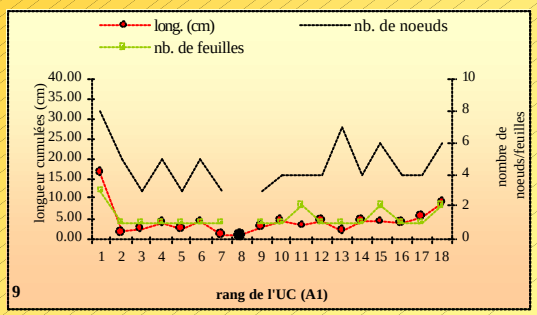


Résultats architecturaux *Corrélation taille UC / nombre de nœuds / nombre de feuilles*



Individu 20 :

Évolution de la taille des UC suit les mêmes variations que l'évolution du nombre de nœuds et du nombre de feuilles

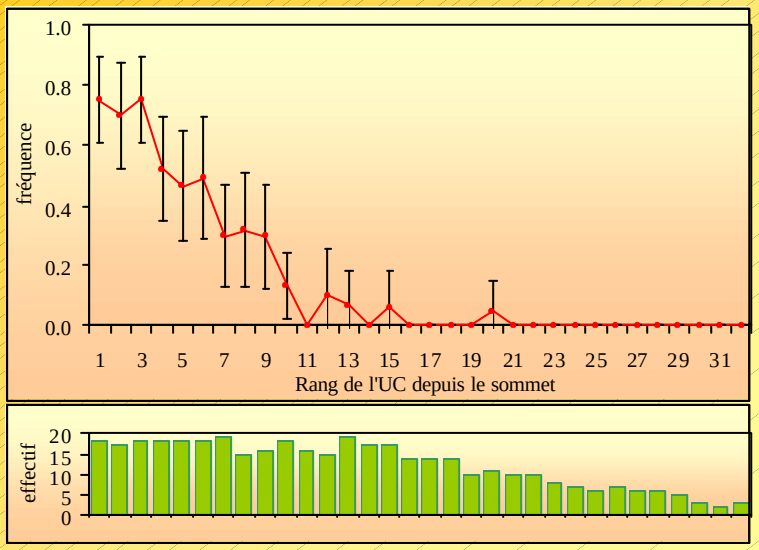


Individu 9 :

Évolution est différente

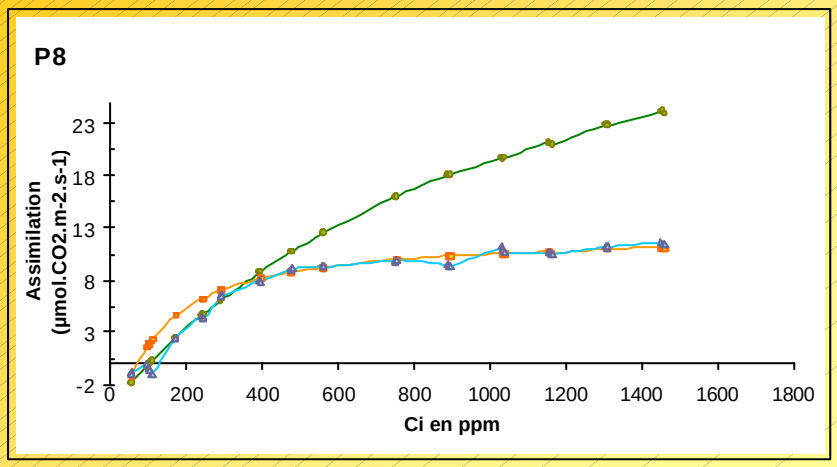
Résultats architecturaux *Distribution des feuilles vivantes sur l'axe principal*

Les arbres gardent leurs feuilles jusqu'à une dizaine d'UC



Résultats de l'étude de la photosynthèse

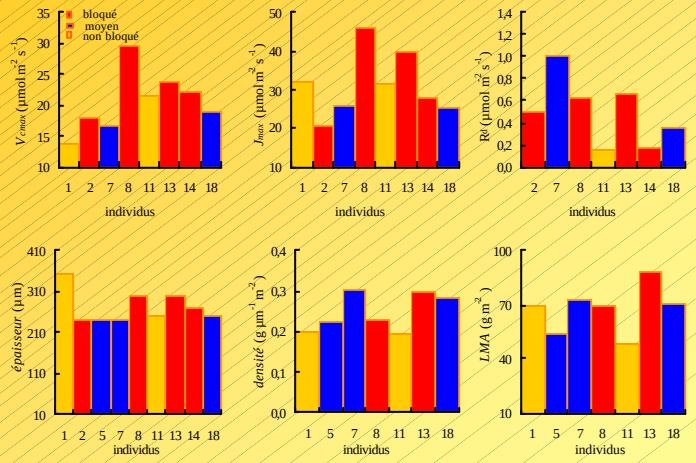
Courbes de réponse A-C_i



Un modèle s'ajustant bien aux courbes expérimentales A-Ci

Résultats de l'étude de la photosynthèse

Variabilité entre les individus



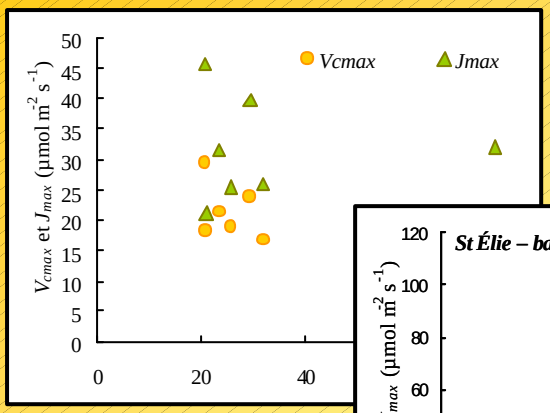
Une forte variabilité des performances photosynthétiques

Une variabilité moins marquées aux niveaux de la structure des feuilles

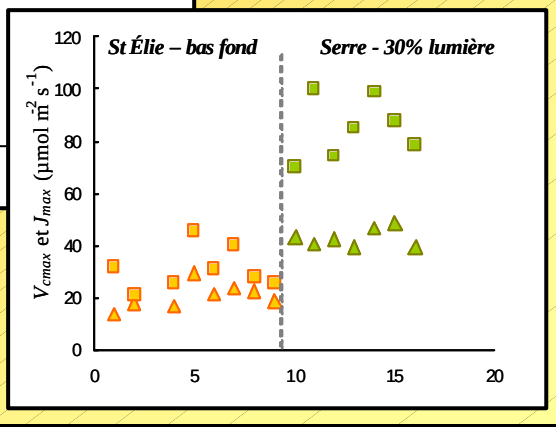
Pas de différences significatives entre les états architecturaux

Résultats de l'étude de la photosynthèse

Et la lumière ?

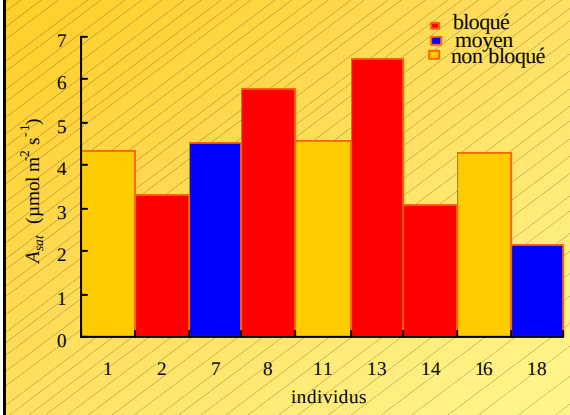


- **Trop peu de différence entre les individus**
- **Un seul individu en chablis**



- **Il existe pourtant des différences**
- **Lumière**
- **Mais un effet milieu**

Assimilation en condition de lumière saturante: A_{sat}



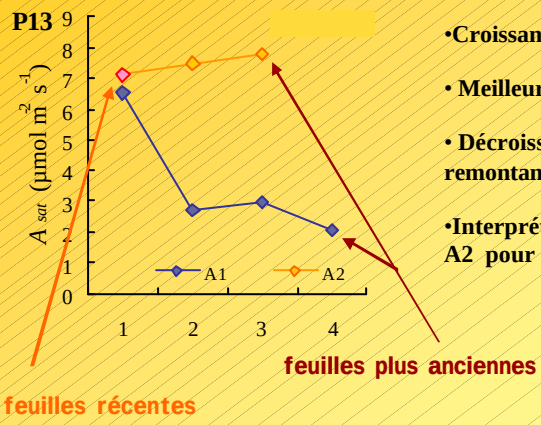
Mesures sur l'avant dernière UC comme pour V_{cmax} et J_{max}

Une forte variabilité entre les individus

Pas de différences significatives entre les états : bloqué, intermédiaire et non bloqué

Variabilité des A_{sat} avec la position des feuilles

- *Individu bloqué*



•Croissance des performances en remontant A1

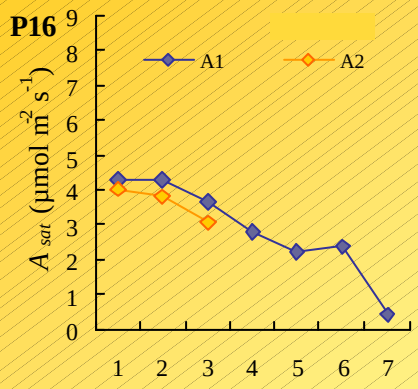
• Meilleures performances pour A2

• Décroissance des performances en remontant A2

•Interprétation : port tabulaire des A2 pour les individus bloqués ?

Variabilité des A_{sat} avec la position des feuilles

- *Individu non bloqué*



- **Courbe régulière, individu non bloqué**
- **Assimilation des feuilles supérieure sur A1 (pour des places équivalentes)**
- **Décroissance des performances en remontant A1 et A2**

Synthèse *Hypothèses sur les causes de blocage de croissance de l'axe principal*

Végétation basse :

Rapatea paludosa (Rapateaceae)

Marantaceae

Végétation moyenne :

Palmiers divers…

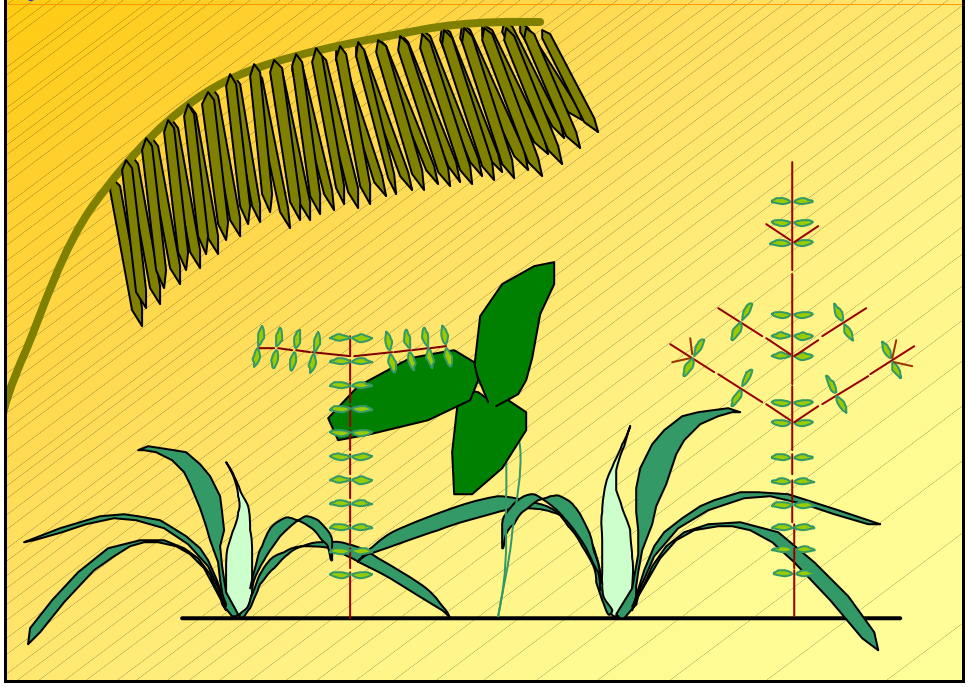
Astrocarium paramaca

Bactris sp.

Canopée :

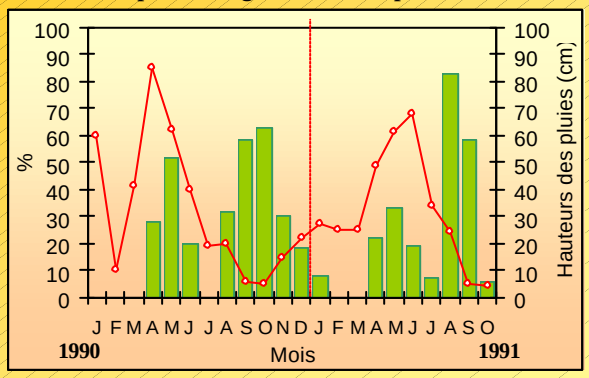
Trouée, volis ou pire…chablis !!

Synthèse *Hypothèses sur les causes de blocage de croissance de l'axe principal*



Et d'un point de vue temporel ???

Variation du pourcentage d'arbres en phase de croissance



(d'après Loubry, 1994)

- **Au moins une phase de croissance par an (avril à décembre)**
- **2 pics en Mai et Septembre/Octobre**
- **Pas de croissance Janvier à Mars**
- **Pas de relation avec la pluviométrie**

Synthèse *Hypothèses sur les causes de blocage de croissance de l'axe principal*

Observations non publiées…

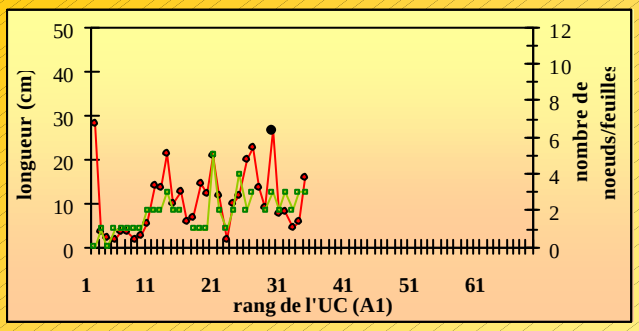
Arbre de serre de 30 mois : en moyenne 9 UC

Un arbre en forte croissance : 2 à 4 Uc / an ?

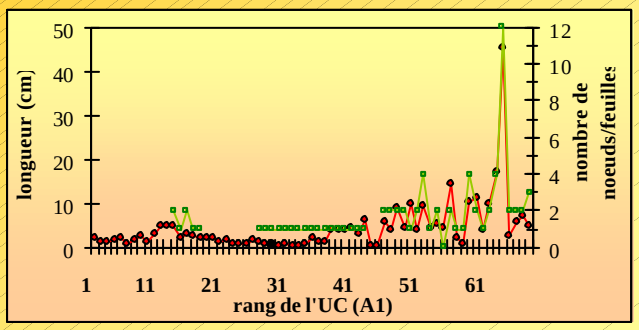
Jeunes individus non ramifiés (plantules marquées par Inra en 1995) en situation contraignante avec moins de 8 Uc d'1cm (C. Baraloto)

Un arbre en faible croissance : 1 Uc / an ?

Synthèse *Hypothèses sur les causes de blocage de croissance de l'axe principal*



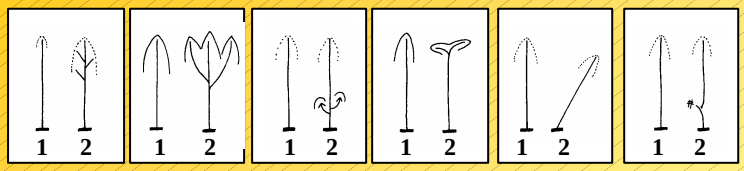
3,51 m
33 UC



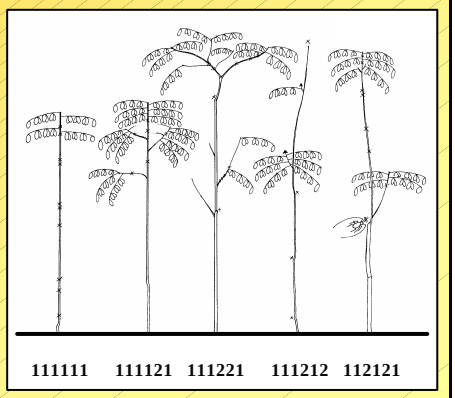
2,88 m
67 UC

Un arbre de plus de 50 ans ?

Nombre limité de critères pertinents pour décrire l'état de vigueur d'un arbre

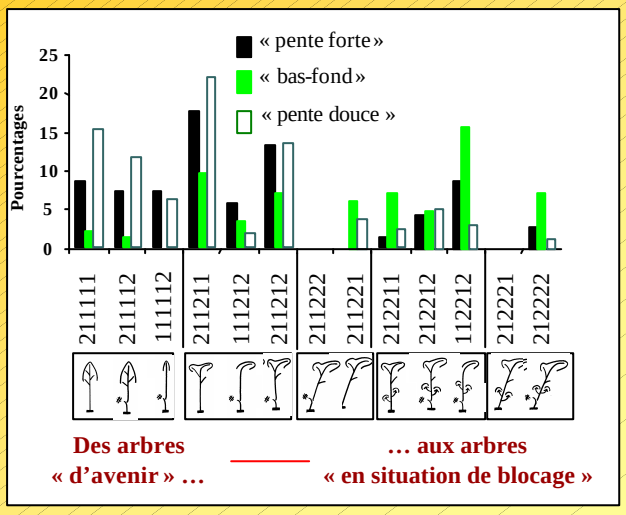


- **Présence ou non de rameaux**
- **Nature des rameaux**
  - rameau séquentiel
  - réitération séquentielle totale
  - réitération tardive (rejets)
- **Taux de croissance, direction de croissance, modèle architectural et symétrie du sommet de l'arbre**
- **Inclinaison générale**
- **Présence ou non de traumatisme**



(d'après Niccolini et al, 2003)

Dans un objectif d'intégration de l'information relative à l'individu vers l'échelle du peuplement



(d'après Niccolini et al, 2003)

Synthèse *Critères pour diagnostiquer l'état de vigueur d'un individus*

Pour Symphonia globulifera

Arbres +

UC sur l'axe principal de + de 5-10 cm

Mise en place de plus d'une paire de feuille par UC

Synchronisme entre l'A1 et les A2 pour la mise en place des UC

Des UC plus longues sur l'A1 : l'arbre est hiérarchisé autour de l'axe principal

Arbres -

UC sur l'axe principal de 1 à 5 cm

C-F-C ou C-C-F-C

Un port tabulaire avec des A2 constitués de plus d'UC que l'A1 au-dessus de leur insertion

Pas de régression importante

Pas de réitération depuis la base