

Architecture des arbres : une clé pour comprendre le fonctionnement des forêts ?

L'approche architecturale des arbres postule que l'édification d'un arbre si elle est modulée et dépendante de son environnement repose avant tout sur des règles d'organisation propres à chacune des espèces. Cette connaissance de la stratégie d'occupation de l'espace par le végétal couplée à une vision dynamique du système d'axes (tige et racine) permet d'aborder les mécanismes, les réponses des architectures à des modifications du milieu. Pour autant faut-il connaître les composantes fines de chacune des espèces pour pouvoir utiliser l'architecture végétale comme grille de lecture du développement de l'arbre ? En quoi la compréhension de l'architecture individuelle nous informe-t-elle sur l'état de la forêt ?

Comment décrire le système d'axe d'un arbre : l'approche architecturale



Figure 1. Lecture rétrospective de la croissance grâce à des marqueurs morphologiques : A : allongement de la pousse annuelle chez le Frêne oxyphylle ; B : identification *a posteriori* des limites de pousse annuelle chez le Sapin pectiné ; C : limites de pousses annuelles chez le Pin sylvestre ; D : limites d'une pousse annuelle chez le Hêtre ; E : interruption de la moelle de la tige au niveau de la limite entre deux pousses successives chez le Noyer.

La construction des axes au cours du temps laisse des marqueurs (externe et/ou interne) de la temporalité permettant de retrouver la dynamique de construction (fig.1). Les axes sont organisés en catégories de comportement (rameaux longs d'exploration, rameaux courts d'exploitation, rameaux épineux...) définissant l'unité architecturale de l'espèce (fig.2). Cette architecture élémentaire peut se répéter au cours du développement et/ou en cas de traumatisme. Ce processus s'appelle la réitération.

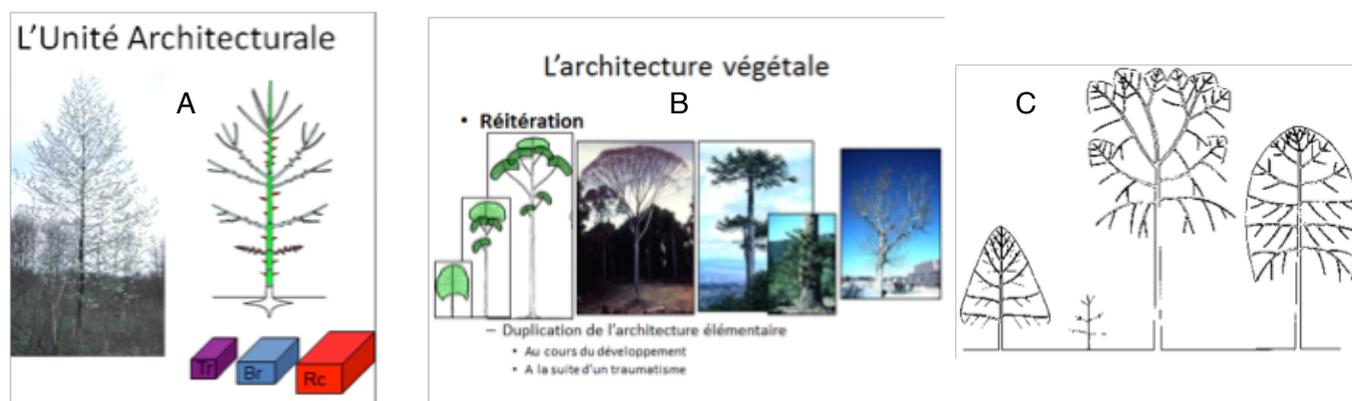


Figure 2. Concepts de l'analyse architecturale : A : l'Unité architecturale chez le Merisier ; B : la réitération séquentielle et traumatique ; C : séquence de développement chez le Merisier.

Comment l'architecture donne les clés de l'histoire de l'individu et de l'identification de la variabilité liée aux conditions du milieu

En zone tempérée, la lecture des cernes et la mise en relation avec les effets climatiques sont une pratique ancienne et courante. Mais cette démarche n'est pas classique et toujours réalisable pour des arbres tropicaux. L'architecture donnant accès à la temporalité de la structure permet d'une part de retrouver des relations hauteur-diamètre sur des espèces tropicales et tempérées et d'autre part elle permet d'accéder aux composantes de la capacité de photosynthèse et de reproduction de l'arbre : déploiement des systèmes d'axes (fig.3).

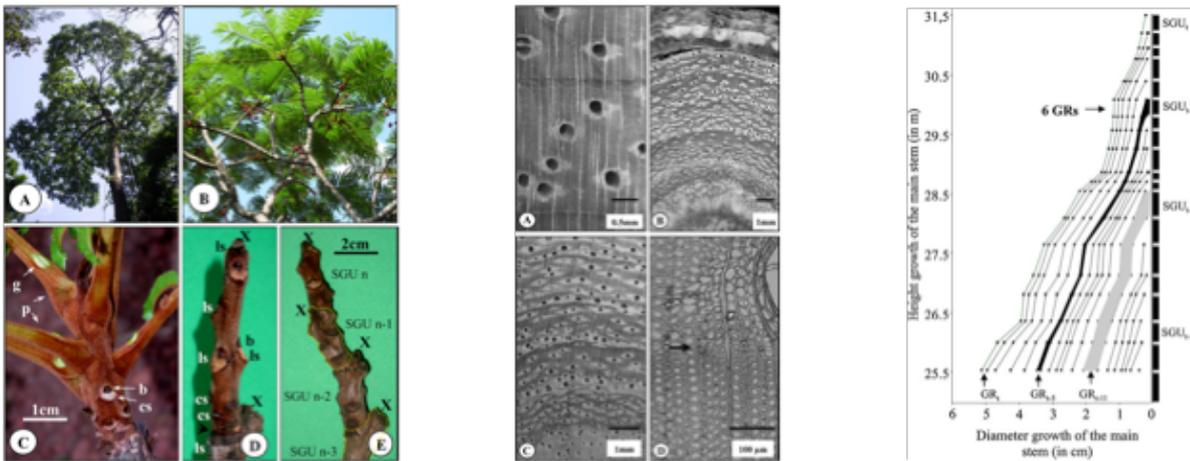


Figure 3. Morphologie et anatomie chez *Parkia velutina* : figures de gauche : A : arbre entier ; B : parties en croissance dans la couronne ; C : structure de l'unité de croissance sympodiale (floraison terminale), D : cicatrices de feuilles sur l'unité de croissance ; E : quatre unités de croissance successives ; figures du milieu : A : détail de cernes du tronc ; B : détail de cernes des branches ; C : cerne avec une zone poreuse marquée ; D : détail de limite entre deux cernes ; figure de droite : profil de tige d'un axe dominant de la couronne (Nicolini et al. 2012,ASF, DOI 10.1007/s13595-011-0172-1)

La lecture de l'architecture nous donne accès à l'historique de la croissance et de la floraison sur des périodes plus ou moins longues. On peut alors relier croissance en hauteur et exploration de l'espace au climat, aux perturbations biotiques et à la régulation exprimée par les espèces sur la ramification/réaction (fig.4). Le déploiement du système d'axes qui en découle est un élément moteur de la capacité photosynthétique : les aptitudes à l'allongement de l'axe porteur contrôlent plus directement la surface foliaire mise en place (fig.5). Le stress hydrique qui impacte l'allongement a une forte répercussion sur le nombre d'axes latéraux mis en place l'année suivante et pénalise la croissance secondaire avec un effet retard (décalage d'un an). La réactivité de l'organogénèse aux modulations locales de l'environnement est pilotée par la croissance secondaire (Cas du Hêtre, Cochard et al. 2005, Hydraulic architecture correlates with bud organogenesis and primary shoot growth in beech (*Fagus sylvatica*), Tree physiology).

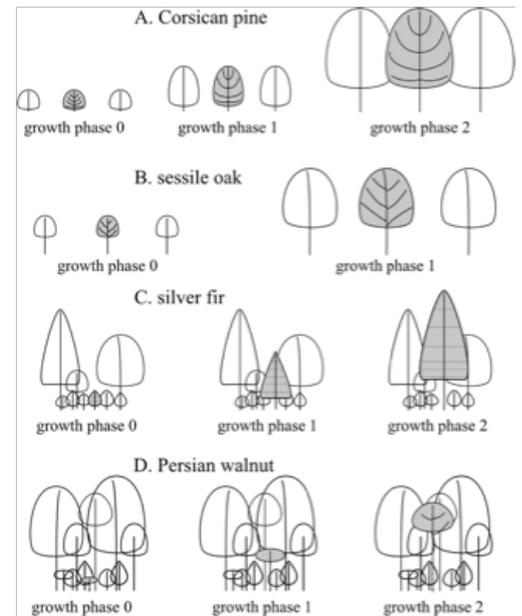


Figure 4. Modélisation du recrutement par une succession de phases de croissance en fonction de la densité du peuplement et des espèces : A : *Pinus nigra ssp laricio* ; B : *Quercus petraea* ; C : *Abies alba* ; D : *Juglans regia* (Taugourdeau et al., 2015, Characterising the respective importance of ontogeny and environmental constraints in forest tree development using growth phase duration distributions. Ecological Modelling)

Diagnostic architectural : une clé pour évaluer la croissance et la séquestration carbone des forêts.

La connaissance de l'architecture des arbres d'un grand nombre d'espèces a permis la transposition de ces notions aux techniciens forestiers et s'est concrétisée par la mise en place de protocoles d'observation pour établir un diagnostic de l'architecture donnant des indications sur le niveau de stress subi par l'arbre, d'établir sa réactivité et donc de proposer une prédiction de l'évolution de son architecture. L'évaluation de la fragmentation de la couronne des arbres est ainsi reliée à une capacité de croissance et donc de séquestration de carbone (fig.6). En forêt tempérée et tropicale et face aux multiples espèces, des traits architecturaux simples ont été identifiés pour caractériser les statuts sociaux des arbres de la canopée et ainsi définir l'état de la dynamique forestière.

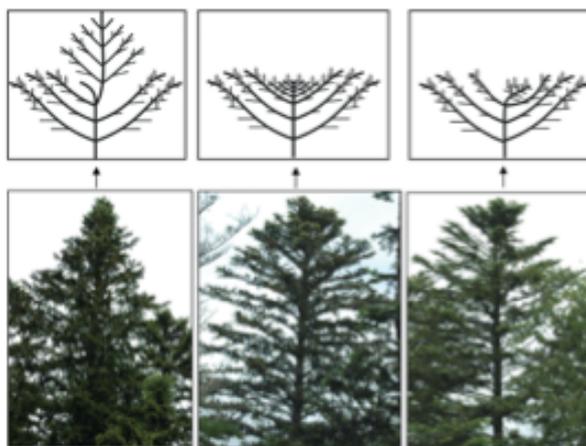


Figure 5. Marqueurs architecturaux de la réactivité d'un sapin pectiné au stade mature : la capacité de réactivité est décroissante de gauche à droite. à gauche : mise en place d'un axe relai vigoureux ; au milieu : persistance d'une croissance réduite et à droite : transformation du tronc en branche.

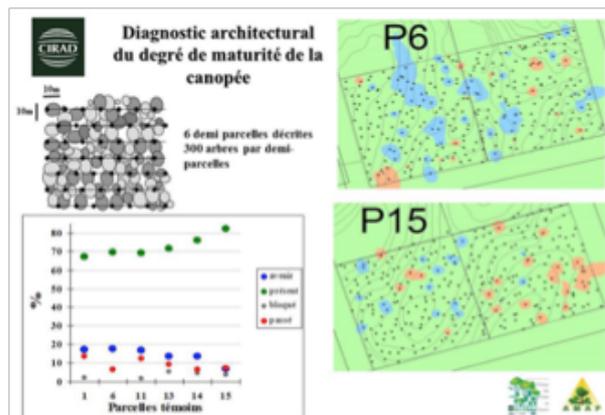
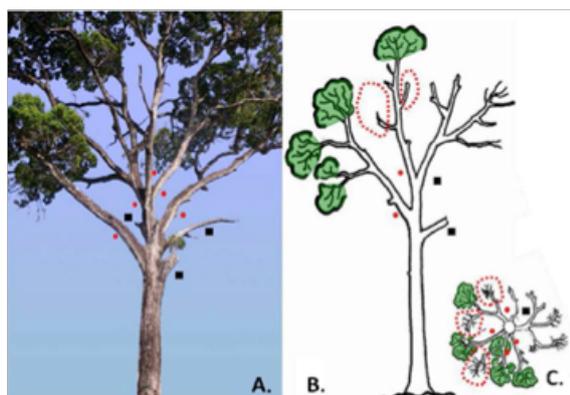


Figure 6. Diagnostic architectural au service des gestionnaires en Forêt guyanaise : à gauche A, B et C: l'état de fragmentation de la couronne chez *Tachigali melinonii* permet d'évaluer le taux de mortalité des branches principales (> 50%) et celui des branches secondaires (<25%). A droite : Estimation du degré de maturité de la canopée à partir d'une estimation de la fragmentation des couronnes des essences suivies pour 5 parcelles témoins. 70 à 80% de la canopée sont des arbres du présent (points verts du graphique) donc avec un fort taux de séquestration du carbone.

Les mesures rétrospectives clés pour la datation des arbres : dynamique forestière et âge de perturbations forestières

Les mesures rétrospectives et les liens avec la phénologie ont permis de démontrer la relation entre la saisonnalité et l'expression de la floraison et de la ramification chez le *Cecropia* tandis que sa production foliaire reste continue et régulière pour une espèce et une zone géographique donnée. Ainsi, la simple observation des étages de branches permet d'estimer l'âge des individus. Ces espèces colonisant les ouvertures forestières cela devient un outil performant et précis pour dater l'âge des perturbations forestières (fig.7).

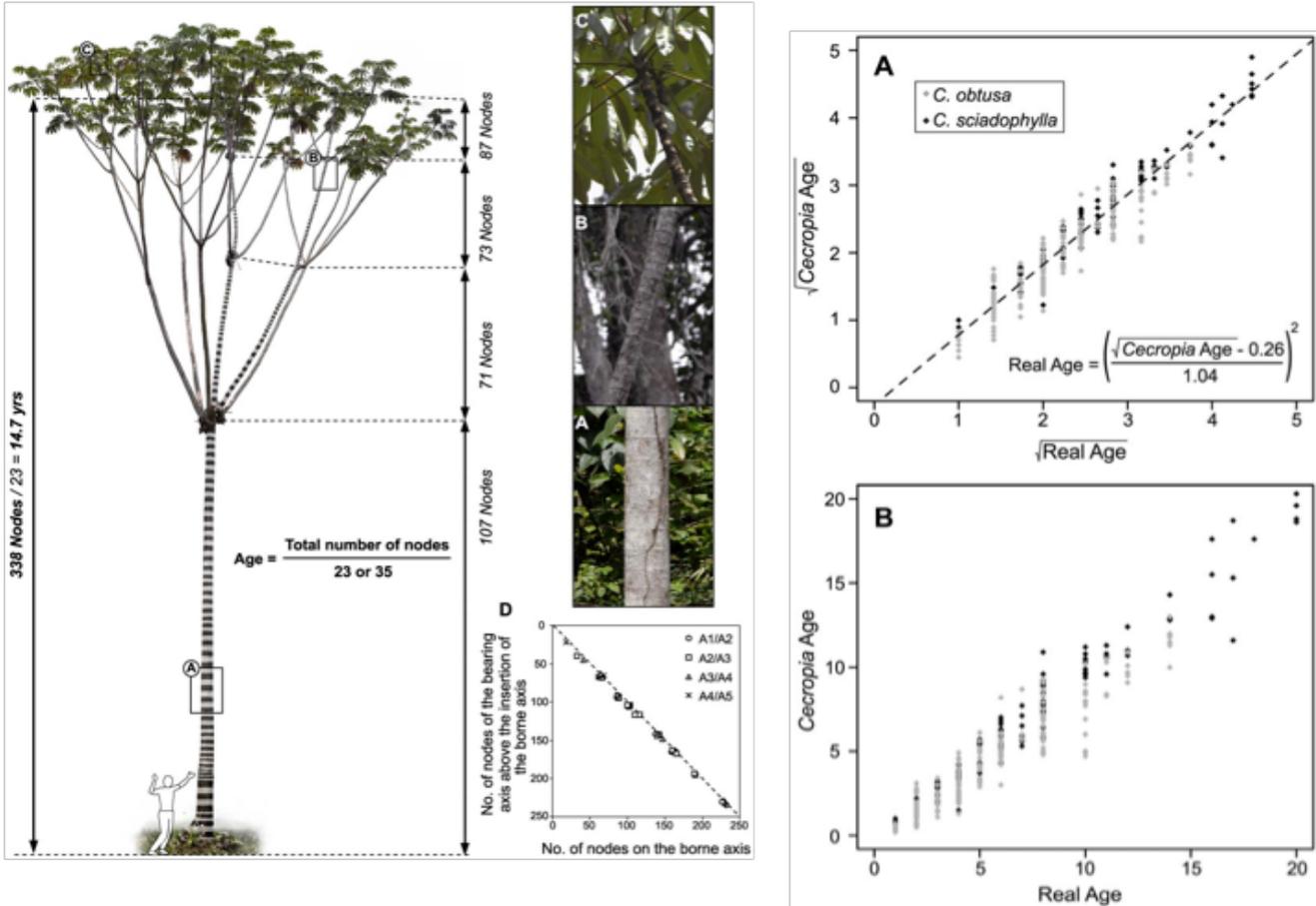


Figure 7. Estimation de l'âge d'une perturbation forestière. Silhouette d'un *Cecropia sciadophylla* de 14,7 ans. L'estimation de l'âge d'un *Cecropia* consiste à diviser le nombre total de nœuds du tronc par le nombre de nœuds émis au cours d'une année (23 pour le *Cecropia sciadophylla* et 35 pour *C. obtusa*). A, B et C : traces des feuilles et des stipules à différentes hauteurs dans l'arbre. D : relation entre le nombre de nœuds de l'axe (A_n) et celui du porteur $A_{(n-1)}$. A droite : A et B Relation entre l'âge estimé grâce au protocole et l'âge réel estimé à partir d'enquêtes de l'ONF. (Zalamea et al., 2012 doi: 10.1371/journal.pone.0042643.g001)



Comment lire l'histoire d'un arbre ? Retrouver la croissance, l'allongement et la mise en place de l'architecture d'un arbre au cours du temps.

Télécharger la vidéo à partir de la page d'accueil du chapitre 2 (à venir)

Ce qu'il faut retenir

- L'architecture des arbres correspond à l'organisation du végétal et son évolution au cours du temps.
- L'analyse architecturale donne des clés pour décrire la plasticité phénotypique, pour évaluer la dynamique forestière et pour dater les arbres.
- Ces méthodes sont des outils pour mieux comprendre le fonctionnement d'une forêt et ses capacités à s'adapter à des perturbations climatiques.
- L'étape suivante, en cours, est de porter ces méthodes sur des applications nomades qui seront utilisées dans un futur proche par les gestionnaires forestiers.

Recommandation : consulter également les fiches 2.11 et 7.15