

## **Échantillonnage des strates arborées et herbacées du bois de Montrond (Givors/Chassagny, 69)**

### **I) Introduction : enjeux de l'écologie forestière et question de recherche du TP**

#### **A) La recherche sur les forêts : enjeux multiples à partir des forêts de cèdres du moyen Atlas**

Les plus grandes forêts d'Afrique du Nord :

- Les cèdres peuvent atteindre 55-60 m et il y a dans le moyen Atlas plus de 100 000 ha de cédraie.
- Ces étendues font donc partie de ce qu'on appelle des forêts : écosystèmes constitués d'arbres ( $> 7$  m) sur une surface importante ( $> 0,5$  ha).
- écosystème : ensemble des paramètres abiotiques (biotope) et des êtres vivants (biocénose), le tout en interaction dans un espace défini par l'observateur
- un niveau d'organisation du vivant

Des enjeux humains :

- Ce sont les plus grandes forêts d'Afrique du Nord, et à ce titre sont des forêts méditerranéennes emblématiques, importance culturelle locale et plus loin.
- services écosystémiques majeurs : capture de carbone, rôle de château d'eau
- importance économique directe
  - 300 à 400 000 personnes vivent des ressources produites par ces forêts : principale source de bois d'œuvre au Maroc, principale zone de production ovine du Maroc
  - filet de sécurité pour de nombreux riverains pauvres : source de bois énergie, de bois d'œuvre, d'herbe pour les moutons, de produits forestiers non ligneux qu'il est possible de revendre  $\Rightarrow$  ressource gratuite particulièrement importante pour les plus pauvres qui ne pourraient pas payer quelque chose d'équivalent

Des enjeux écologiques :

- une zone de forte biodiversité
  - nombreuses espèces végétales (341 recensées sur une mission de 3 semaines avec une stagiaire de l'ENS de Lyon), nombreuses espèces endémiques (un hotspot local de biodiversité à l'échelle du bassin méditerranéen).
  - nombreux animaux emblématiques, dont la plupart ont disparu localement : macaque de barbarie, lion de l'Atlas (éteint à l'état sauvage), hyène rayée (statut local pas clair), des gazelles
- activités humaines intenses, certains effets sur la structure des forêts sont évidents.  $\Rightarrow$  important à étudier pour comprendre comment protéger sans avoir trop de conséquences socio-économiques (bouleversement des filières économiques/des pauvres) Quelle ampleur, et menace pour la pérennité des forêts de cèdres et pour les communautés de sous-bois ?

Exemple qui illustre bien les enjeux de la recherche forestière :

- 4 milliards d'ha (dont un quart de forêts primaires), 31% de la surface terrestre émergée

- réservoirs et pompes de carbone, ainsi qu'importance majeure dans de nombreux cycles de matière.
- principaux réservoirs de biodiversité continentale
- ressources économiques, parfois vitales pour de nombreux humains autour
- menacées par activités humaines : dégradation par surexploitation, déforestation qui a détruit 10% des forêts sur les 30 dernières années (plus que la surface de l'UE), et par changements globaux  $\Rightarrow$  contribution future à la mitigation du réchauffement climatique pas claire.
- la recherche sur les forêts est menée depuis le XIXe siècle par des forestiers qui cherchent à améliorer la production économique, mais c'est aussi une discipline de l'écologie avec des nombreuses facettes (forêts expérimentales, mesures sur le terrain, télédétection avec satellites et drones, modélisation)
- des enjeux toujours d'actualité : édition spéciale de Nature en aout 2022.

## **B) Présentation du système d'étude, question de recherche et méthodes à acquérir**

### **1) Quelques éléments sur le site d'étude**

Bois de Montrond

- situé entre Givors, Grigny et Chassagny
- plusieurs vallons, avec des petits cours d'eau E/O (donc des pentes N/S bien marquées), le plus gros cours d'eau étant le Mornantet
- variations d'altitude : entre 172 et 336 m (la variation moyenne de température est de 0,6°C pour 100m, donc on n'a pas des écarts hyper importants)
- la majorité des variations climatiques locales vont être associées au relief : exposition, pente, topographie.

Pourquoi là :

- forêt diversifiée, fait partie d'un des espaces avec la plus forte biodiversité du département du Rhône
- forêt présente sur les cartes Cassiny (première mission qui a cartographié la France entière au XVIIIe siècle), c'est assez rare dans la région
- pas trop loin de l'ENS de Lyon, et du bon côté par rapport aux bouchons

### **2) Constat : les forêts dépendent du climat**

- la présence de forêt est naturelle dans une grande partie des régions terrestres, mais leur physionomie et leur type de végétation varie
  - biome
  - c'est associé au climat
- effets de versant dans les Alpes : facteurs locaux influencent aussi

### **3) Problématique**

- Quel effet du relief (orientation, pente, topographie = position par rapport à la pente) sur la structure forestière et les communautés de sous-bois au bois de Montrond ?
- Mieux la question de recherche est identifiée, mieux on peut élaborer un plan d'échantillonnage et un protocole à même d'y répondre!!!

- C'est une question simple, pour laquelle nous devrions pouvoir récolter sans trop de problème assez de données.
- On va se concentrer sur deux paramètres associés :
  - Structure forestière :
    - structure spatiale : l'occupation de l'espace par les êtres vivants  $\Rightarrow$  on va regarder qui est où
    - NB : les écologues peuvent s'intéresser à d'autres types de structuration dans les écosystèmes
  - Communauté :
    - définition : ensemble d'êtres vivants qui vivent dans un endroit donné à un temps donné. on va se concentrer ici sur les communautés végétales de sous-bois
    - différentes propriétés sont intéressantes : composition, biodiversité

### Méthodes à acquérir

Cette question de recherche est en fait un prétexte pour :

- découvrir un plan d'échantillonnage
- découvrir des méthodes d'échantillonnage variées
  - des techniques historiquement bien utilisées
  - pas toujours très en vogue du fait des nouvelles méthodes d'acquisition de données mais lowcost et permettent de répondre à plein de questions
- récolter et saisir des données complexes dans le but de les analyser et répondre à la question de recherche

## II) Plan d'échantillonnage et puissance statistique, des outils pour répondre à des questions en écologie

### A) La variabilité, ses significations et l'importance de la réplication à partir d'un exemple simple

En écologie, on s'intéresse souvent à la distribution des individus et des espèces pour chercher à comprendre ce qui en est à l'origine.

Exemple : je souffle sur un pissenlit et j'étudie la position où se déposent les fruits (à faire au tableau).

- on suit une graine : un tourbillon, et se pose
- une deuxième graine : deux tourbillons, monte plus haut et se pose
- une troisième un tourbillon, se pose
- à l'origine d'un nuage de points

L'étude passe par la mesure de variables

- Le plus simple pour rapporter la position est de mesurer les coordonnées de chacun des fruits sur une grille en 2 dimensions.

Les valeurs des variables  $x$  et  $y$  échantillonnées varient. Deux origines :

- Les fruits se sont déposés avec une direction principale, qui nous informe sur la direction du "vent". La position d'un fruit sur l'axe du vent dépend d'un tirage

aléatoire, mais la dispersion de l'ensemble des fruits suit une loi de poisson nous informe sur leur comportement aérodynamique.

Cette variabilité est déterminée par des facteurs physiques, biologiques ou temporels  $\Rightarrow$  c'est celle qui nous intéresse.

- le mouvement des fruits est turbulent, ils tourbillonnent dans l'air et vont se déposer de façon latérale au hasard. De plus, il peut y avoir des turbulences qui viennent du milieu autour
- une partie de la variabilité dépend d'effets aléatoires : effets du vent, des animaux, etc...
- si j'échantillonne un/quelques fruits, je ne peux rien savoir sur la direction du vent ou le comportement aérodynamique des fruits. La réplication est importante, et plus j'ai de fruits, plus je peux raconter de choses sur ce qui détermine la répartition de mes fruits !

## **B) Une variabilité des données très importante en écologie, mais des régularités qui traduisent des fonctionnements déterminés**

La variabilité est inhérente à l'étude des écosystèmes

- le terme d'écosystème est emprunté à la physique des systèmes, qui étudie des ensembles complexes (dont le comportement global ne peut être prédit à partir de l'observation de ses sous-parties)
- variabilité inhérente aux écosystèmes : multiplicité des facteurs imbriqués, en interaction avec rétroactions
- + effets de hasard importants : passage d'une tempête, d'un pollinisateur, disperser ou herbivore : la naissance, le devenir ou la mort d'un individu dépendent de plein de paramètres aléatoires.
- pourtant, une forêt Nord américaine ressemble à une forêt européenne. Il y a des régularités dans les fonctionnements des écosystèmes.  $\Rightarrow$  C'est cette régularité et les facteurs qui l'expliquent que les écologues cherchent à comprendre.

Des statistiques pour inférer des fonctionnements biologiques

- Le travail des écologues (et notamment la partie terrain) vise à pouvoir établir des liens statistiques entre différentes variables.
- Pour cela, nous récoltons des données qui informent des paramètres physico-chimiques ou biotiques d'un écosystème.
- Un simple lien statistique ne permet évidemment pas toujours d'inférer des liens de cause à effet, mais à l'origine d'hypothèses qui peuvent ensuite être testées autrement (expérimentations, études dédiées, etc...).
- Pour distinguer la variabilité qui nous raconte des choses sur la biologie de la variabilité aléatoire, on peut procéder sur un continuum situé entre deux extrêmes :
  - un design expérimental serré, nombre de réplicats réduits permettent de faire des stats (cf partie de JP)
  - avec le big data, aucune question n'est posée mais les sources d'informations sont tellement abondantes qu'elles permettent d'inférer ce qui relève de processus biologiques réels au milieu du bruit
  - sur notre partie, on sera sur quelque chose d'intermédiaire

## C) Un plan d'échantillonnage pour récolter des données...

- Ce n'est pas (encore) possible d'échantillonner tout dans le détail tout le temps
- Le plan d'échantillonnage permet une réplication de la donnée dans l'espace ou dans le temps
  - plan dans l'espace : quasiment toutes les questions en travaillant sur des sites séparés dans l'espace
  - plan dans le temps
  - à chaque point, on applique de façon équivalente un protocole d'échantillonnage

### 1) Travail dans l'espace

Choisir les aires d'étude :

- délimiter les aires d'intérêt sur des cartes ou images aériennes/satellites
- si possible, vérifier sur le terrain !
- sauf travail ciblé dessus, éviter les écotones (zones de transition entre deux types d'écosystèmes) qui sont des zones de transition et vont présenter des caractéristiques très particulières (notamment une richesse en espèces plus importante)

Définir les points à échantillonner en fonction de la question de recherche :

- établir une hypothèse à tester :  
l'exposition et la position par rapport à la pente influencent la structure et la composition des forêts du bois de Montrond.
- définir un objectif de placettes (= points sur une carte) d'échantillonnage (ici une vingtaine de placettes pour être ambitieux, mais compte tenu du temps assez limité)
- stratifier l'échantillonnage : définir un nombre équivalent de points pour chaque traitement  $\Rightarrow$  maximise la variabilité associée au paramètre qu'on étudie, ce qui rend nettement plus simple de faire ressortir des effets.
- Échantillonnage en grappes :
  - pour économiser du temps de déplacement et éviter de se marcher dessus sur place, on va faire l'échantillonnage par paire de placettes situées à 100 m l'une de l'autre
  - possible de faire des grappes plus grosses
- Placer les points sur la carte :
  - moitié en versant Nord, moitié en versant Sud
  - un tiers en position de haut de pente, un tiers en milieu de pente, et un tiers en bas de pente
  - proposition placer 6 points sur un transect Nord/Sud
- s'y rendre avec cartes + GPS, s'arrêter quand le GPS dit qu'on y est : c'est important de faire ça, ça évite des biais associés au choix observateur (qui peut décaler de quelques mètres pour éviter des ronces, etc...)

### 2) Autres possibilités pour concevoir un plan d'échantillonnage

Autres possibilités :

- dans un système qu'on ne connaît pas très bien ou dont on souhaite connaître un état général,
  - on place les placettes indépendamment de facteurs connus *a priori*.
  - Position soit au hasard, soit sur une ligne ou une grille.

- Généralement déconseillé car plus de bruit et donc plus compliqué de faire émerger des processus !
- à l'aire du big data :
  - inventaires par citoyens ou scientifiques
  - stations de mesure automatisées
  - données satellites, à calibrer avec des échantillonnages au sol. Publi récente a ainsi estimé la biomasse des arbres des savannes d'immenses étendues en Afrique !

### 3) Travail dans le temps

Étude diachronique

- on peut revenir régulièrement au même endroit et appliquer le même protocole pour obtenir des séries temporelles
- limite : il faut que les données récoltées soient comparables (donc même protocole), idéalement avoir des séries temporelles sur plusieurs années
- on devrait rééchantillonner certaines stations de façon régulière d'année en année

Étude synchronique :

- on peut chercher des écosystèmes séparés mais qui diffèrent sur ce qui y est arrivé d'un point de vue temporel.
- en raisonnant de façon toutes choses égales par ailleurs, on peut aussi avoir des idées sur des dynamiques temporelles

*NB : c'est aussi possible de travailler dans le temps sur des archives : cernes des arbres, pollens des sédiments, etc...*

### 4) Quel nombre de réplicats ?

Nombre de stations :

- Les forestiers estiment que pour avoir des données fiables sur un peuplement homogène, il faut 30 placettes échantillonnées
- Pour un peuplement plus grand et varié (ordre de grandeur de 100ha, soit de 1 km par 1 km), les forestiers estiment qu'il faut entre 100 et 150 placettes pour avoir des estimations à 10% du bois sur pied.
- comme nous on ne souhaite pas avoir des données précises sur le bois, mais qu'on veut faire ressortir des patrons sur l'effet du relief, on devrait avoir quelque chose de correct avec une trentaine de placettes échantillonnées en 2023
- pour la suite, on travaillera probablement sur d'autres questions écologiques et on arrivera à une centaine des placettes, ce qui permettra de faire des analyses exploratoires intéressantes.
- on devrait rééchantillonner certaines stations de façon régulière d'année en année, au bout de 10 à 15 ans on aura peut-être des résultats intéressants, au bout de 30 on pourra commencer à raconter des choses sur l'effet du changement climatique, etc...
- les données de l'inventaire forestier national sont issues de 30 000 points d'inventaire (environ 7000 par an), avec la publication des résultats des campagnes qui se font plus ou moins tous les 5 ans.

Dans le temps :

- au bout de 10 à 15 ans on aura peut-être des résultats intéressants, au bout de 30 on pourra commencer à raconter des choses sur l'effet du changement climatique,

etc...

### 5) Quelles dimensions et quelle forme pour la zone à échantillonner ?

La courbe aire espèces (au tableau) permet de définir la bonne surface à échantillonner

- la courbe croît, atteint un plateau, puis recommence à croître pour atteindre un nouveau plateau
- traduit la hiérarchisation des écosystèmes (en poupées russes)
- on considère en général que l'échelle d'étude pertinente est d'un à quelques  $\text{m}^2$  pour une strate herbacée (on va appliquer 4) et de 100 à quelques centaines de  $\text{m}^2$  pour de la forêt

Forme à échantillonner :

- cercle mieux que carré car circonférence moins importante à aire équivalente  $\Rightarrow$  moins de biais d'échantillonnage associé aux limites
- mais je trouve ça plus compliqué à tracer sur le terrain, donc on va faire des carrés

Bilan :

- placettes carrées pour la forêt de  $20 \times 20 = 400 \text{ m}^2$
- quadrats carrés pour la strate herbacée de  $2 \times 2 = 4 \text{ m}^2$

### D) ... en adéquation avec des statistiques

- Le pré-échantillonnage que nous avons conduit nous montre que nos données peuvent être exploitées d'un point de vue statistique.
- C'est important de réfléchir aux statistiques qu'on va faire avant de faire le plan d'échantillonnage et le protocole d'échantillonnage. Si on a beaucoup de données, on arrive parfois à faire ressortir quelque chose de toute façon, mais sinon on risque de ne pas avoir de résultats faute d'avoir suffisamment réfléchi en avance. C'est dommage de passer des jours/semaines sur le terrain pour ça !

## III) Protocole d'échantillonnage des propriétés de l'écosystème forestier et de la strate arborée dans le bois de Montrond

### A) Données d'identification de la placette

- numéro de placette 23-XX : placette XX de l'année 2023.
- latitude/longitude
- altitude
- photos (géolocalisées), à répertorier au retour !

Ces données permettent d'identifier l'endroit. Elles assurent la réplicabilité, et permettent aussi de revenir échantillonner de façon complémentaire ou pour une série temporelle.

### B) Mesure des paramètres abiotiques

#### 1) Données climatiques générales d'une région

- obtenir des données météorologiques et climatiques générales :
  - possible de poser des dispositifs/stations de mesure

- données météo de nombreuses stations sont disponibles. La plus proche ici serait celle de Mornant (sur le plateau au Nord de Chassagny).
- des données (worldclim) de résolution kilométrique. Grossier, mais disponibles de façon libre à l'échelle mondiale
- ⇒ à Givors, nous sommes proches de la limite entre le climat continental (présent historiquement) et du climat méditerranéen
- climat continental : climat froid l'hiver, assez chaud l'été (forte amplitude thermique), assez bien arrosé. Présent dans le Nord-Est de la France
- climat méditerranéen : assez doux l'hiver, chaud *et sec* l'été. Progresse vers le Nord avec réchauffement climatique, et sera probablement dominant prochainement.
- si on avait des différences d'altitude importantes, il faudrait les prendre en compte
- climat régional varie faiblement sur les quelques km ne fera pas partie de notre analyse

## 2) Analyse locale du microclimat associé au relief

On estimera le relief avec

- exposition, mesurée avec l'azimut de la plus grande pente ⇒ adrets et ubacs : rayons du soleil plus ou moins perpendiculaires
- pente : mesurée avec un clinomètre
- topographie : position par rapport à la pente : Fond de vallée ; milieu de versant, sommet. On n'utilisera que trois classes, c'est possible d'en faire un certain nombre en plus
- ⇒ associé à l'exposition au vent, brouillard, au soleil, et associé à l'érosion (effet majeur sur les sols, qu'on n'échantillonnera pas par ailleurs). Les zones en crêtes

L'indice de climat lumineux défini par Becker

- rapport : énergie lumineuse reçue sur une station/énergie reçue par une station horizontale voisine
- $$ikr = \sin(C - \arctan(\text{pente} \cdot \cos(\text{exposition}))) / \sin(C)$$
- pente et l'exposition sont exprimés en radians
- C est une constante dépendant de l'inclinaison moyenne annuelle des rayons du soleil par rapport à l'horizontale, et donc de la latitude. Pour la région méditerranéenne française, on peut prendre cette constante égale à 0,8203.
- $ikr = 1$  pour station plane,  $>1$  pour exposition sud et  $<1$  (max 1.32) pour exposition Nord (min 0,2)

Possible aussi de mesurer :

- la topographie (convexe et concave) dans le sens de la pente et dans sa perpendiculaire
- le confinement, qui correspond à l'ombre projetée par les reliefs sur la station. Peut se mesurer en prenant l'angle du haut des reliefs à différents azimuts, ou avec un SIG pour simuler l'ombrage induit par le relief.

## 3) Informations sur les perturbations

Une forêt est dynamique, la mortalité est un phénomène biologique important. On peut l'estimer :

- en mesurant les souches (diamètre) ⇒ surface totale des souches



- en mesurant les arbres morts sur pied et au sol (circonférence à 1,3m du collet si possible)  $\Rightarrow$  à reconvertir en surface de bois mort
- mesure des fragments de bois mort de plus de 3cm de diamètre et 30 cm de long min au sol, intersectant un transect de 12m  
 $\Rightarrow$  estimateur du volume  $\hat{V} = \frac{\pi^2}{7} 8L \sum_{i=1}^n d_i^2$  (formule de de Vries)  
 où  $\hat{V}$  volume estimé, L la longueur du transect (en m),  $d_i$  le diamètre des morceaux de bois (en m). Ce volume est un estimateur non biaisé du volume de bois au sol (considéré comme des cylindres), et ne dépend pas de la longueur des morceaux de bois.

#### Informations sur la mortalité :

- donne des informations sur l'existence de perturbations récentes à l'origine de mortalité (tempête, sécheresse, coupe forestière)
  - si plutôt des souches et peu de bois mort : forêt gérée avec export
  - si beaucoup de bois mort et pas trop de souches : forêt plutôt naturelle
- assez étudié aujourd'hui car constitue un stock de carbone, mais aussi du combustible disponible pour un feu
- on n'exploitera pas forcément cette année, mais on garde la donnée en réserve pour la suite.

#### Idéalement, on échantillonne aussi l'état de décomposition

- nulle : texture solide, non décomposée, avec ou sans écorce ;
- faible : texture partiellement molle, avec ou sans écorce ;
- moyenne : texture molle, avec ou sans écorce ;
- forte : pourriture moyenne à forte ;
- très forte : pourriture complète et forme altérée.

### 4) Nous n'échantillonnerons pas les sols

Facteur majeur, mais assez compliqué à étudier et je manque d'expertise.

- les différences entre sols varient selon la roche mère :
  - les roches mères calcaires produisent des sols basiques. Elles sont pleines de trous et laissent passer l'eau, elle sont à l'origine d'une sécheresse plus importante que les roches siliceuses. + Effets éventuels de toxicité du  $\text{Ca}^{2+}$ .
  - Les roches siliceuses produisent des sols acides, avec en moyenne moins de problème de sécheresse.
  - à Chassagny, on sera sur roche siliceuse.
- la profondeur des sols est un facteur important pour la végétation (plus un sol est épais, mieux on s'y ancre et plus il contient d'eau). Est associée à la topographie et à la pente (tendance à avoir des sols moins épais en situations sommitales ou dans des pentes raides). L'échantillonnage du relief devrait suffire en *proxy*
- les qualités physico-chimiques du sol sont aussi importantes : la porosité est associée à la quantité d'eau, et la richesse en matière organique et en sels minéraux et leur vitesse de recyclage sont très importants pour la croissance. Des mesures chimiques de sols prélevés permettent de connaître la teneur en eau et la chimie. On mesure en général la vitesse de recyclage par l'épaisseur de la litière (plus elle est épaisse, moins la décomposition, et donc le recyclage, sont bons). La texture et la granulométrie sont importants aussi (on mesure la quantité d'éléments grossiers + les proportions de sable/d'argile/limons (= matière organique) du sol).

## C) Estimation du recouvrement des strates

- estimations visuelle : l'observateur estime la proportion d'aire qui est occupée au maximum par une strate
- avantages : rapide et assez fiable si un seul estimateur le pratique de façon rapprochée dans le temps.
- limites : comme on va faire ça à plusieurs et d'année en année, cette donnée sera indicative mais on ne publiera jamais dessus.
- autres méthodes :
  - Lidar
  - estimation de l'occupation forestière par forme du houppier des arbres (conique, sphérique, cylindrique, etc...). Nécessite d'avoir également des informations sur la hauteur des arbres et éventuellement diamètre/hauteur minimale du houppier. Ça se fait assez rarement, mais c'est ce que j'ai fait en thèse pour étudier sur l'effet des ébranchages sur la structure forestière.
- photos de la canopée. Pas possible de le faire de façon fiable car on est pile à la saison de débourrement des feuilles et ça va varier beaucoup à quelques jours près.

### 1) Mesures des propriétés la strate arborée

Ce que nous on va faire :

- inventaire des arbres (plus de 8cm de diamètre, donc 25cm de circonférence)
  - espèce
  - circonférence à 1,3m de hauteur (diameter at breast height, dbh)
- hauteur dominante (la plus haute) pour chaque espèce

Ca va nous donner des informations :

- sur la qualité du peuplement :
  - espèces présentes et leur proportion
  - quantité de biomasse, proportionnelle à la surface terrière et à la hauteur (la surface cumulée des sections des troncs à 1,3m du sol, projetée sur la surface d'échantillonnage)
  - densité des tiges pour le peuplement, et par espèce
- de façon indirecte sur l'âge du peuplement (pour une espèce donnée, les arbres de plus grand diamètre sont plus vieux). Mais : les arbres dans des zones plus pauvres en nutriments ou en haut croissent moins vite
- sur la démographie :
  - une forêt dynamique présente typiquement une répartition des classes de diamètre en J inversé
  - d'autres possibilités
- sur les espèces :
  - probabilité de présence en fonction des différents paramètres
  - les arbres d'une espèce donnée à un âge donné sont plus hauts quand les conditions leurs sont plus favorables.

Ce qui se fait couramment :

- utilisation de pieds à coulisse plutôt que mètre ruban : c'est un peu moins précis, mais il existe maintenant des pieds à coulisse électronique qui mémorisent les mesures et évitent d'avoir à les écrire.
- les forestiers estiment souvent la surface terrière

- pour les densités, d'autres méthodes qui peuvent demander moins de temps existent (méthode des points carrés, etc)
- matériel plus performant pour mesurer la hauteur des arbres
- des études très récentes arrivent à mesurer les diamètres des arbres avec des drones
- Pour accéder à l'âge, il faut prélever les cernes, ce qui demande du matériel spécifique, du temps et des autorisations.

## D) Échantillonnage de la strate herbacée

### 1) Inventaire des espèces présentes et de leur abondance

Ce que nous on va faire :

- pour chaque placette forestière, le groupe communautés échantillonnera 5 quadrats de  $2 \times 2$  m des communautés de sous-bois : une située un mètre à l'intérieur du milieu de chaque côté du carré, et une au centre de la placette.
- estimations en pourcentage/ par classes recouvrement (méthode de Braun-Blanquet) :
  - méthode de Braun-Blanquet. Avantage : assez exhaustif ; on compare par rapport à un dessin et il y a moins de biais observateur. Désavantage : on perd l'information quantitative qu'on aurait en faisant des estimations de recouvrement.
- reconnaissance des espèces :
  - il faut pour chaque échantillon observé aller au plus précis en terme de taxon (famille/espèce, éventuellement sous espèce)
  - on s'appuie normalement sur un "expert" qui reconnaît le maximum de choses sur le coup
  - travail avec des flores spécialisées
  - on ramène le reste en herbier pour identifier le soir/après
- c'est simple sur le papier, mais en fait c'est très chronophage !

Ce qui se fait couramment :

- estimations de pourcentages de recouvrement, doivent être fait par même observateur
- inventaire des espèces et comptages d'individus : dans des poignées, par intersection (grille ou transect)

On en déduit :

- mesures de biodiversité
  - diversité alpha
  - diversité beta
  - diversité gamma
  - équitabilité : Shannon, Simpson
- composition des communautés
  - comme les espèces ont des préférences d'habitat, les communautés d'espaces écologiquement similaires se ressemblent. De plus, une communauté peut donner des informations sur les qualités de l'environnement dans lequel elle se développe.
  - présence/absence d'espèces (espèces indicatrices)
  - AFC sur la matrice d'abondance d'espèces  $\Rightarrow$  communautés types, à relier aux conditions environnementales

## IV) Matériel à emmener pour le groupe

- Flores : Petite flore, Flore forestière
- Carte
- Boussole
- Mètre ruban mesure arbres
- Mètre ruban placettes 2x50m
- Mètre ruban distance arbres
- Mètre "mire"
- Ficelle placettes 2x2 ?
- Sardines
- Clinomètre
- Papier pH + eau
- Couteau à pain
- Fiches notes, pochette, crayon
- Checklist pour placettes
- Parapluie
- Jumelles
- Craie
- téléphones : photos + GPS

Utilisation

## V) Travail de saisie de données

- Identifier les photos