



DIRECTION NATIONALE DES EAUX ET FORETS

PROGRAMME DE GESTION DECENTRALISEE DES FORETS - GEDEFOR II

**RENFORCEMENT DES CAPACITES DES AGENTS DE DEVELOPPEMENT
STATISTIQUES ET ECONOMIES FORESTIERES : COLLECTE, TRAITEMENT,
ANALYSE ET INTERPRETATION DES DONNEES**



Document	Page
P ₁ : Etat des lieux du secteur forestier au Mali et importance des statistiques et de l'économie forestière	1
P ₂ : Quelles méthodes pour quelles données ?	5
P ₃ : Introduction aux statistiques	8
P ₄ : Statistiques descriptives	9
P ₅ : Statistiques inférentielles	16
P ₆ : Connaitre les surfaces forestières grâce à la télédétection	23
P ₇ : Télédétection - Etude de cas	27
P ₈ : Inventaires forestiers	31
P ₉ : Inventaire forestier - Etude de cas	42
P ₁₀ : Obtention de données statistiques sur les produits bois	51
P ₁₁ : Obtention de données statistiques sur les produits forestiers non ligneux	55
P ₁₂ : Valeur économique des biens et services environnementaux	67
P ₁₃ : Bases pour les enquêtes	76
P ₁₄ : Evaluer les emplois dans la filière bois, exemple du Cameroun	82
P ₁₅ : Un outil d'analyse économique : le plan d'affaires	90



P1

Etat des lieux du secteur forestier au Mali et importance des statistiques



1

SOMMAIRE



1. Formations végétales

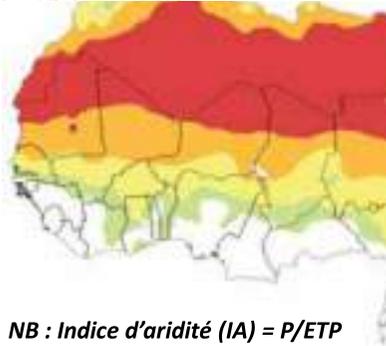
2. Importance des
statistiques



2

Forêts en pays sahéliens

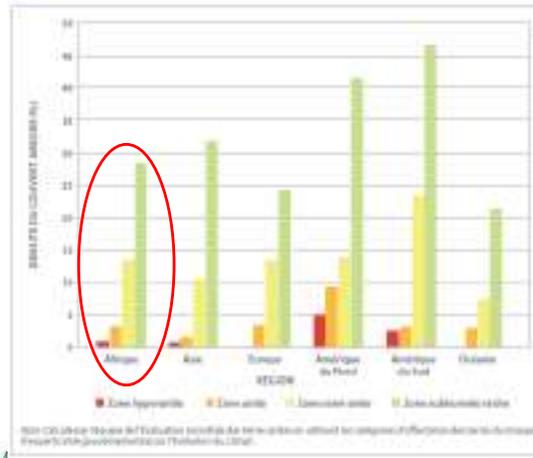
Formule $IA = \frac{P}{ETP}$ - précipitations et ETP = évapotranspiration potentielle
Source: FAO - WFPAC (1987)



NB : Indice d'aridité (IA) = P/ETP

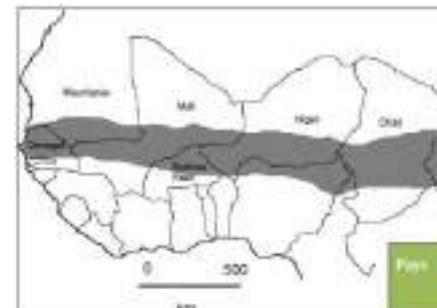


Figure 6. Niveau moyen du couvert arboré, selon la région et la zone d'aridité



3

Forêts méconnues au Mali



Depuis le Projet inventaire des ressources terrestres (PIRT, 1979/1982) et le Projet inventaire des ressources ligneuses (PIRL, 1985/1991), il n'y a pas eu d'inventaire forestier, sauf pour les régions Nord (Mopti, Tombouctou, Gao et Kidal)

Le PIRL n'a pas couvert les zones pastorales et désertiques, que les zones agricoles et ligneuses (26% du pays). Diverses données de couvert : 29 Mha pour FRA 2010, 32 Mha d'après Helvetas Mali

Pays	Couvert forestier (10 ⁶ ha)	Couvert forestier (% de la superficie totale)	Autres terres boisées (10 ⁶ ha)
Burkina Faso	6 764	34,8	7 421
Cote d'Ivoire	11 401	6,5	9 130
Gambie	491	42,7	129
Ghana	2 572	73,7	296
Mali	12 570	18,3	36 513
Niger	207	0,3	3 118
Nigeria	1 286	1,0	2 748
Sierra Leone	6 600	49,8	5 980

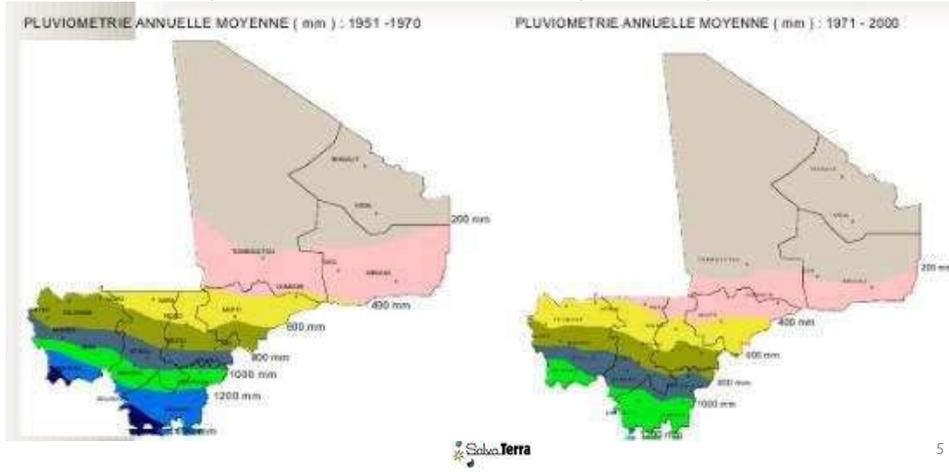
Source: FAO (2005)



4

Zones agro-climatiques mouvantes (1/2)

20% de baisse de pluviométrie entre 1951-1970 et 1971-2000 :
descente des isohyètes de 200 km vers le Sud...et plus d'isohyète 1 200 mm !



Zones agro-climatiques mouvantes (2/2)

Subsaharienne : 200 à 400 mm/an, ≈ 50% du pays, steppes à *Acacia raddiana*

Sahélienne : 400 à 600 mm/an, ≈ 25% du pays, savanes à *Acacia seyal*, *Acacia senegal*, *Boscia senegalensis* (anza), *Commiphora africana* (myrrhe africaine), *Hyphaena thebaica* (palmier doum) et steppes à *Euphorbia balsamifera* (euphorbe du Cayor) et *Balanites aegyptiaca* (dattier du désert ou sump)

Soudano-sahélienne : 600 à 1 100 mm/an, ≈ 25% du pays, savanes à *Faidherbia albida* (kad), *Borassus aethiopicum* (rônier), *Bombax costatum* (kapokier rouge), *Guiera senegalensis* (guiera), *Balanites aegyptiaca*

3 zones agro-climatiques



Formations vég. fermées - C > 80% (1/3)

→ Ripisylves :

- Irradiations de la forêt dense humide dans des régions à saison sèche marquée
- Frange étroite le long des cours d'eaux
- Couvert fermé : graminées rares, surtout sciaphiles (tolérantes à l'ombrage)
- Arbres moyens / grands, parfois avec contreforts
- Nombreuses lianes
- Volume > 100 m³/an et H_{dom} > 17 m.



Formations vég. fermées - C > 80% (2/3)

→ Forêts denses sèches :

- Formations paléo-climatiques relictuelles et de faibles emprises : lambeaux dans des zones protégées des feux...massif gréseux du Plateau Mandingues
- Strate dominante mono ou pauci-spécifique (peu d'espèces)
- Arbres sempervirents de taille moyenne dominant un sous-bois + ou - riche en lianes ligneuses
- 2 sous-types : forêts à *Gilletiodendron glandulosum* (NB : endémique du Mali et menacé !) et à *Guibourtia copallifera* (kobo, menacé aussi)



Gilletiodendron glandulosum

Guibourtia copallifera



Formations vég. fermées - C > 80% (3/3)

→ Fourrés :

- Formations ligneuses denses (arbustes et lianes, avec $H_{dom} < 8$ m)
- Strate herbacée quasi-inexistante (quelques espèces sciaphiles)
- Extension spatiale limitée et faciès particulier : brousse tigrée, ocellée, etc.
- Liés à des conditions particulières : lithosols, termitières, zones ripicoles ou d'inondation



← Brousse ocellée

Brousse tigrée



Formations vég. ouvertes (1/2)

→ Forêts claires :

- Formations mixtes, ligneuses & herbacées
- Strate arborée paucispécifique ($H_{moy} = 12$ à 18 m, couvert = 40 à 60%)
- Strate arbustive + ou - bien développée ($H_{moy} < 8$ m)
- Strate herbacée : surtout graminées et euphorbes sciaphiles
- Rapport biomasse ligneuse / herbacée ($R_{l/h}$) > 3



Formations vég. ouvertes (2/2)

→ Savanes :

Formations herbeuses ou mixtes herbeuses/ligneuses ; strate herbeuse surtout composée de graminées cespiteuses (touffes compactes) vivaces. Différentes « savanes » :

- **Herbeuses** : $R_{l/h} < 0,5$; quasiment pas de ligneux
- **Buissonneuses** : $0,5 < R_{l/h} < 1$; strate ligneuse = maillage lâche de buissons (multicaules) avec $H_{moy} < 5$ m
- **Arbustives** : $0,5 < R_{l/h} < 1$; strate ligneuse = maillage + / - lâche d'arbustes (surtout monocaules) avec $H_{moy} < 8$ m
- **Arborées** : $1 < R_{l/h} < 2$; strate ligneuse = arbres / arbustes. $H_{dom} < 12$ m
- **Parcs ou vergers** : d'origine anthropique ; strate ligneuse = espèces préservées lors des défrichements (*Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Faidherbia albida*, *Lanea microcarpa* - raisinier etc.) ; strate herbacée = plantes cultivées et rudérales (dues aux déchets)



Steppes

→ Steppes

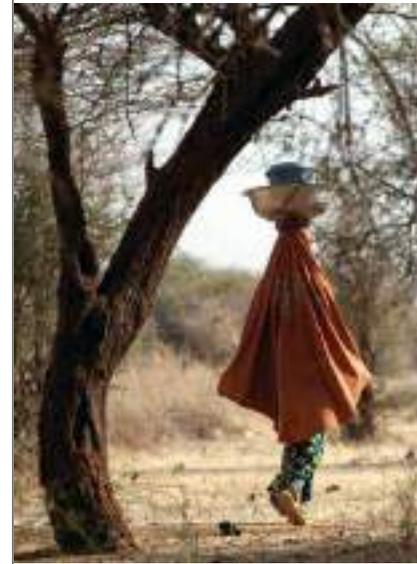
- Formations herbeuses ou mixtes herbeuses & ligneuses
- Strate graminéenne de densité et hauteur variable : surtout des annuelles + éventuel maillage lâche de vivaces
- Strate ligneuse pas toujours présente ($H_{moy} < 10$ m, densité faible)



Récapitulatif

Zones bioclimatiques	Types phytosociologiques	Types morpho-pédologiques
200-400 mm	Steppe arbustive Dommées Fourrés	Milieu arides Abaïsses, Savanes arides Craieuse latéritique
400- 600 mm	Steppe arbustive à arborée Brousses rigides Peuplement arbore dense	Milieu arides Craieuse latéritique Bas-fond
600-900 mm	Savane arbustive Savane semi-savane boisée Borali (ex. forest) Savane arborée-Réaunian	Craieuse à sol semi-profond Plaine latérite-argileuse Craieuse à sol peu profond Bas fond
800- 1200	Savanes arborées Fourrés-Borali ex	Craieuse à sol peu profond Craieuse à sol semi-profond
	Forêt claire-Savane boisée Jachères-Savanes pures Forêt galerie	Vallées alluviales et colluviales Lit majeur
Delta	Savanes boisées Forêt claire Pas de végétation	Lacunes alluviales Mars du delta naot Zones inondables

SOMMAIRE



1. Formations végétales

2. Importance des statistiques

Forêts et économie nationale

Le secteur forestier contribue fortement à l'économie nationale sans que sa part ne soit connue de façon précise.

La valeur provient :

- Des ressources forestières ligneuses (bois d'œuvre, bois de service et bois énergie);
- Des produits forestiers non ligneux;
- D'autres biens et services fournis par le forêts (régulation de la qualité de l'eau, maintien des sols et de leur fertilité, etc.).

Connaissances actuelles

Les ressources ligneuses sont partiellement connues, les PFNL très peu, les autres biens et services encore moins.

-> il est nécessaire de mettre en place des mécanismes qui vont permettre de connaître la contribution réelle des ressources forestières à l'économie du pays.

-> Il faut doter les structures nationales en charge de la gestion des ressources forestières de dispositifs de collecte, de traitement, d'analyse et de d'interprétation des données statistiques.



P2

**Quelles
méthodes
pour quelles
données ?**

-
**Programme
de la
semaine**



1

Statistiques

Wikipédia : la statistique est l'étude d'un phénomène par la collecte de données, leur analyse, leur traitement, l'interprétation des résultats et leur présentation afin de rendre les données compréhensibles par tous. C'est à la fois une science, une méthode et un ensemble de techniques.

-> Les règles à appliquer aux statistiques forestières sont les mêmes que celles qui s'appliquent aux statistiques en général.

-> [Présentation 3](#), [Présentation 4](#) et [Présentation 5](#)

-> [Exercices](#)



2

Statistiques forestières

Les statistiques forestières peuvent couvrir un grand nombre de données.

Il peut s'agir de :

- Connaître le volume de bois dans les forêts ;
- Connaître la part du secteur forestier dans le PIB ;
- Connaître le niveau de biodiversité des forêts ;
- Connaître le niveau de consommation de bois-énergie par ménage;
- etc.



3

Cadre de la FAO (*Forest Resources Assessment*)

Afin de lister l'ensemble des enjeux à traiter au cours de cette semaine, on se base sur l'évaluation des ressources forestières mondiales de la FAO (FRA 2015).

En effet, cette source présente plusieurs avantages :

- Exhaustivité : l'évaluation ne se limite pas aux surfaces des forêts et quantités de bois mais couvre les enjeux importants liés aux statistiques et à l'économie forestières.
- Actualité : la publication est récente et tient compte des enjeux actuels.
- Reconnaissance : la FAO est reconnue comme une institution de référence en ce qui concerne les statistiques forestières, dans les domaines du développement de méthodologies, de la formation, de la collecte, du traitement et de l'analyse des données.

5

Panorama des statistiques forestières



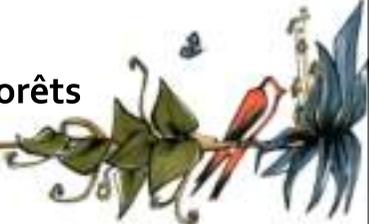
La lecture de la dernière évaluation des ressources forestières mondiales fait apparaître les thématiques suivantes :

- Superficie forestière et caractéristiques des forêts
- Production de bois
- Protection, services écosystémiques, biodiversité
- Economie et moyens de subsistance
- Progrès vers la gestion durable des forêts



5

Superficies et caractéristiques des forêts



Il est important de savoir de quelles forêts on parle -> la **classification** des forêts selon leurs caractéristiques est importante.

-> **Présentation 1 & Présentation 7**

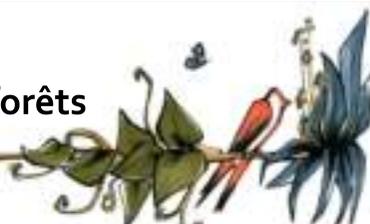
L'**évaluation des surfaces forestières** est à la base des statistiques forestières. De plus en plus, on évalue également comment ses surfaces **évoluent** dans le temps. Les surfaces forestières sont généralement suivies par **télé-détection**.

-> **Présentation 6, Présentation 7 & Présentation 9**



6

Superficies et caractéristiques des forêts



Le FRA inclut également des informations sur les **perturbations** (incendies et plantes envahissantes notamment) : en fonction de l'échelle temporelle et spatiale, les méthodes mobilisées impliquent des **inventaires** et la **télé-détection**.

-> **Présentation 6 & Présentation 8**



7

Production de bois



Les **quantités** de bois et leur **accroissement** sont les principales statistiques forestières qui intéressent les forestiers.

On obtient ces informations grâce aux **inventaires forestiers**.

-> **Présentations 8 & Présentation 9**

La production réelle n'est cependant pas déterminée par l'accroissement en bois mais par les **extractions** de bois d'œuvre, de service ou de feu. Les estimations peuvent se fonder sur les **déclarations** des exploitants (bois d'œuvre). Dans de nombreux cas, ces déclarations ne sont pas fiables, voire n'existent pas (bois de feu par ex.) et des **enquêtes** sont nécessaires.

-> **Présentation 10**



8

6

Autres productions : PFNL



Hormis le bois, un grand nombre de produits sont exploités en forêt : animaux, plantes médicinales, fruits, fourrage, etc. On regroupe ces produits sous le terme de **Produits forestiers non ligneux (PFNL)**. Il existe un grand nombre de PFNL et de nombreuses méthodes pour évaluer les ressources

-> [Présentation 11](#)



9

Protection, services écosystémiques, biodiversité



Au delà des produits, la forêt fournit des **services écosystémiques** : biodiversité, protection des eaux et des sols, atténuation des changements climatiques, valeur culturelle, etc.

Diverses méthodes existent pour en évaluer la **valeur économique**, dans le but d'évaluer comment ils pèsent dans l'**économie nationale**.

-> [Présentation 12](#)



10

Economie et moyens de subsistance



4 thématiques sont regroupées sous dans la section « économie et moyens de subsistance » :

- **Dépenses et recettes de l'Etat** : Les dépenses sont liées aux activités de gestion (Cf dernière diapo) et les revenus aux taxes sur la production et la commercialisation (Cf diapos Production de bois et Autres productions).
- **Contribution du secteur forestier au PIB** : Cette contribution s'évalue en sommant les **valeurs ajoutées** produites par les forêts : le bois -> [Présentation 10](#), les PFNL -> [Présentation 11](#) et les autres biens et services environnementaux -> [Présentation 12](#). Le calcul de la valeur ajoutée implique de déduire les coûts, dans une démarche de calcul économique -> [Présentation 15](#).



11

Economie et moyens de subsistance



- **Emplois générés par la filière** : Ils sont délicats à évaluer, car un grand nombre d'emplois sont informels, partiels et indirects.

-> [Présentation 14](#)

- **Propriétaires et gestionnaires des forêts** : Il s'agit d'informations sur les régimes fonciers théoriques et réels, ainsi que sur les outils de gestion des forêts et leur application. L'information est mise à jour par les **administrations**. Lorsque le terrain est peu connu, il peut être nécessaire de mener des **enquêtes**.

-> [Présentation 13](#)



12

Gestion durable des forêts

Il s'agit d'informations qui décrivent les moyens déployés pour la gestion durable des forêts :

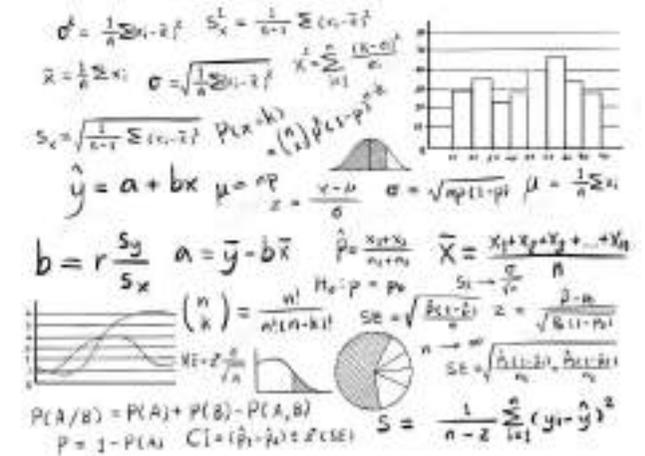
- Politiques et stratégies
- Participation des parties prenantes
- Désignation des forêts (Domaine forestier permanent, forêts de production / conservation / protection, etc.)
- Systèmes de mesure et notification
- Déploiement des plans d'aménagement
- Surfaces certifiées

-> Les statistiques sur ces aspects ne mobilisent pas de méthodes de collecte ou traitement spécifique et ne seront pas abordées.



P3

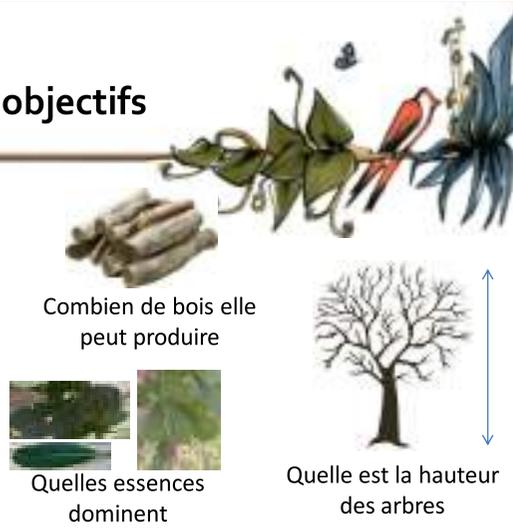
Statistiques : introduction



Statistiques et foresterie : objectifs



En observant une forêt, les statistiques peuvent permettre de savoir par ex...



Les méthodes statistiques vont permettre de **synthétiser** l'information pour mieux l'appréhender.

Il est toujours nécessaire de savoir quel objectif on vise avant d'utiliser les statistiques.

Statistiques : un large panel d'outils

Outils

- Collecter
- Analyser
- Traiter
- Interpréter
- Présenter



Objectifs

Comprendre et faire comprendre

Prendre des décisions

Importance des statistiques (exemples)

A l'échelle de la parcelle : connaître l'état du peuplement

A l'échelle de forêt : préparer un plan d'aménagement en anticipant les récoltes

A l'échelle du pays : favoriser la gestion durable et la sécurité énergétique

A l'échelle de l'Afrique de l'Ouest : identifier des zones de conservation, lutter contre la désertification

A l'échelle mondiale : lutter contre la déforestation et les changements climatiques



Statistiques descriptives et inférentielles

Deux domaines complémentaires :

Je décris ce que je vois

J'observe une partie pour décrire un tout



Statistiques descriptives

Statistiques inférentielles

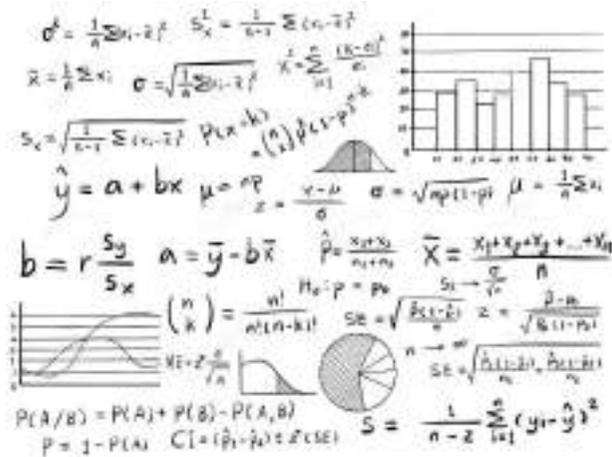


DIRECTION NATIONALE DES EAUX ET FORETS
PROGRAMME DE GESTION DECENTRALISEE DES FORETS - GEDEFOR II

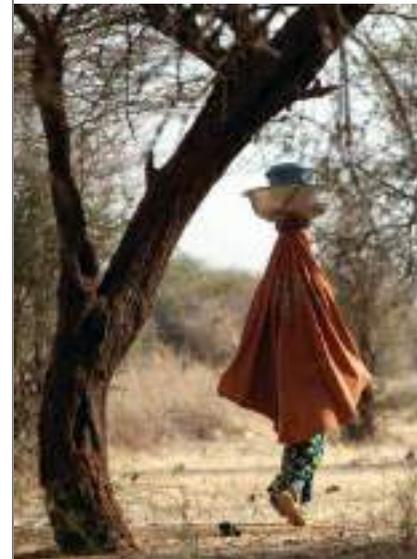
P4

Décrire ce que l'on voit

Statistiques : descriptives



SOMMAIRE



1. Décrire une variable

2. Décrire les relations entre plusieurs variables



Paramètres de position

Trouver une valeur représentative de plusieurs valeurs

Ex : La forêt A est plus dense que la forêt B



-> La densité moyenne de la forêt A (nombre d'arbres/ha) est supérieure à la densité moyenne de la forêt B

La moyenne est un exemple de paramètre de position



3

Paramètres de position : exemples

Moyenne arithmétique : Somme des valeurs / nombre de valeurs.
Sensible aux valeurs extrêmes.

Médiane : valeur telle que la moitié des observations lui sont inférieures (ou égale) et la moitié supérieures. Interpolation linéaire dans le cas d'un nombre pair de valeurs. Peu sensible aux valeurs extrêmes.

Mode : valeur la plus fréquente (il peut y avoir plusieurs modes) -> s'applique aux données discrètes.

Fractiles ou quantiles : valeur telle qu'au moins une certaine fraction des observations lui sont inférieurs ou égales (ex : quartiles, percentiles).



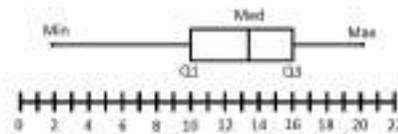
4

Paramètres de position : illustrations

Arbre	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Hauteur	10	12	17	16	20	12	10	16	15	19	12	2

en mètres

Hauteur	2	10	12	15	16	17	19	20
Nb d'observations	1	2	3	1	2	1	1	1



Moyenne arithmétique :

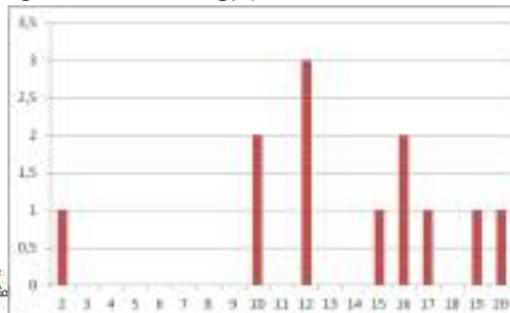
$(10+12+17+16+20+12+10+16+15+19+12+2)/12 = 13,42$ m

Médiane : $(15+12)/2 = 13,5$ m

Mode : 12 m

Premier quartile : 10 m (3^è valeur)

Troisième quartile : 16 m (9^è valeur)



Paramètres de dispersion

Savoir si les données sont proches les unes des autres

La forêt A est homogène : je dois mesurer peu d'arbres pour bien la connaître. La forêt B est hétérogène : il me faut beaucoup l'observer pour la connaître.



6

Paramètres de dispersion : exemples

Etendue = amplitude : différence entre maximum et minimum.

Intervalle interquartiles : différence entre le troisième et le premier quartile.

Ecart absolu moyen : moyenne des écarts (en valeur absolue) à la moyenne.

Variance : moyenne des carrés des écarts à la moyenne.

Ecart type : racine carrée de la variance.

Coefficient de variation : écart type / moyenne.



7

Paramètres de dispersion : illustrations

Rappel : moyenne arithmétique = 13,42 m

Amplitude : $20 - 2 = 18$ m

$$(12 - 13,42) = -1,42 ; |12 - 13,42| = 1,42$$

Intervalle interquartile : $Q_3 - Q_1 = 15 - 10 = 6$ m

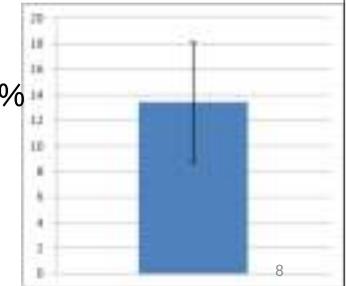
Ecart absolu moyen : $(|10 - 13,42| + |12 - 13,42| + \dots + |2 - 13,42|) / 12 = 3,75$ m

Variance : $[(10 - 13,42)^2 + (12 - 13,42)^2 + \dots + (2 - 13,42)^2] / 12 = 21,91$ m

Ecart type : $\sqrt{21,91} = 4,68$ m

Coefficient de variation : $4,68 / 13,42 = 0,35 = 35\%$

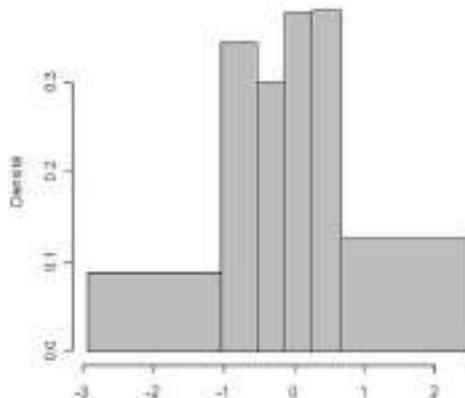
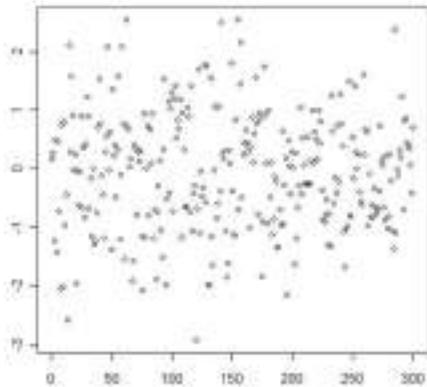
Arbre	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Hauteur	10	12	17	16	20	12	10	16	15	19	12	2



8

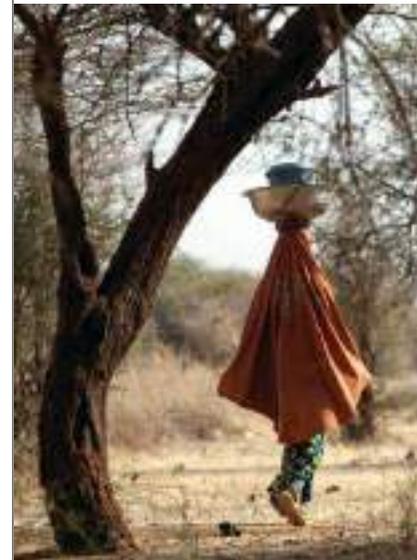
Représenter les données : histogramme

La réalisation d'un histogramme impose de discrétiser les données



9

SOMMAIRE



1. Décrire une variable

2. Décrire les relations entre plusieurs variables



10

Paramètres de position et dispersion

On peut utiliser les mêmes paramètres

Moyenne des hauteurs : 14,14 m

Moyenne des diamètres : 37,86 cm

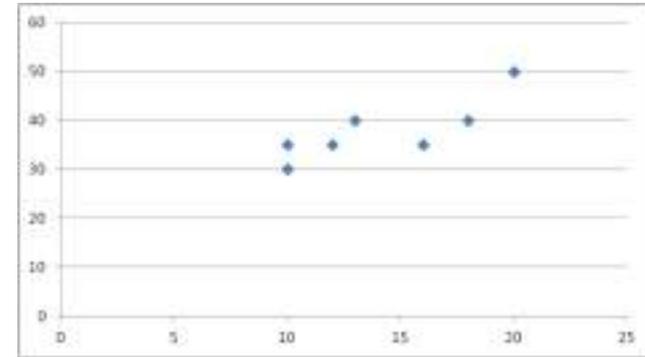
Moyenne des diamètres des arbres de 10 m : 32,5 cm (*moyenne conditionnelle*)

Coefficient de variation des hauteurs pour les diamètres de 35 cm (10, 12 et 16 m, moy = 12,7) : 19,7%

Arbre	Hauteur	Diamètre
A	10	30
B	10	35
C	12	35
D	13	40
E	16	35
F	18	40
G	20	50

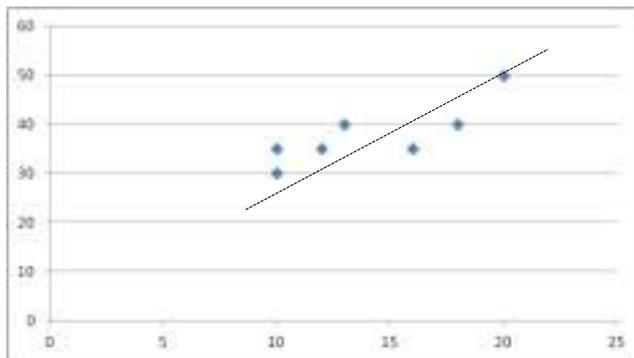
Corrélation

On peut chercher s'il existe un lien, une **corrélation** entre les variables.



Corrélation linéaire

La **corrélation linéaire** est le cas le plus simple.



Coefficient de corrélation

On appelle **coefficient de corrélation** le paramètre qui indique le niveau de corrélation linéaire entre deux variables.

La formule du coefficient de corrélation pour une variable X (la hauteur par exemple) et une variable Y (le diamètre par exemple) est :

$$r = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Cov est la **covariance**, égale à la moyenne des produits des écarts à la moyenne (c'est une extension de la notion de variance).

σ_X est l'écart type de X.

Coefficient de corrélation : exemple

Arbre	Hauteur	Diamètre	Haut - Hmoy (i)	Diam - Diam moy (ii)	(i) x (ii)	(i) ²	(ii) ²
A	10	30	-4,14	-7,86	32,55	17,16	61,73
B	10	35	-4,14	-2,86	11,84	17,16	8,16
C	12	35	-2,14	-2,86	6,12	4,59	8,16
D	13	40	-1,14	2,14	-2,45	1,31	4,59
E	16	35	1,86	-2,86	-5,31	3,45	8,16
F	18	40	3,86	2,14	8,27	14,88	4,59
G	20	50	5,86	12,14	71,12	34,31	147,45
Moyenne	14,14	37,86			17,45	13,27	34,69
v						3,64	5,89

Cov σ_X σ_Y

$$r = 17,45 / (3,64 \times 5,89) = 0,81$$



15

Coefficient de corrélation : interprétation

Le coefficient de corrélation est toujours compris entre -1 et 1.

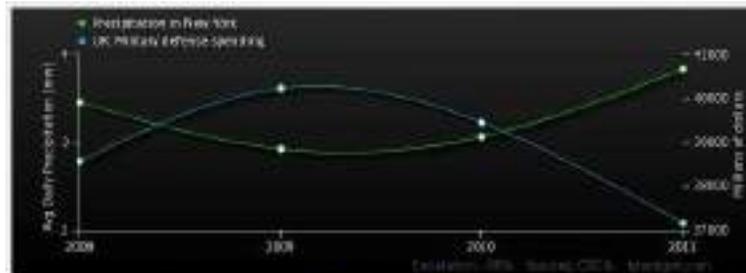
La corrélation peut être nulle à forte et négative à positive :

Corrélation	Négative	Positive
Faible	de -0,5 à 0,0	de 0,0 à 0,5
Forte	de -1,0 à -0,5	de 0,5 à 1,0



Coefficient de corrélation : interprétation

Une forte corrélation n'indique pas nécessairement un lien de cause à effet.

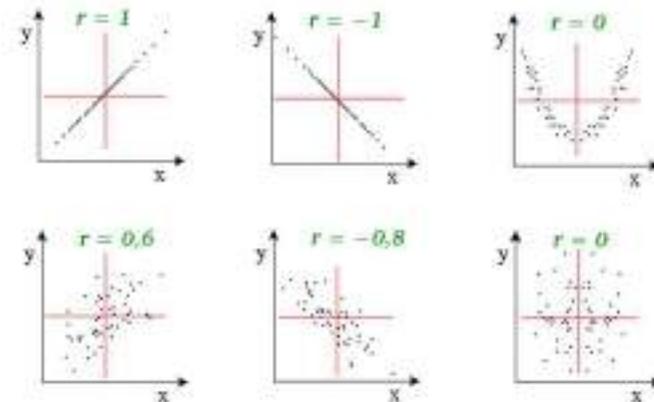


	2008	2009	2010	2011
Precipitation in New York (mm)	3,46	2,93	3,07	3,84
US Military spending in billions of dollars (1)	31,379	40,246	38,461	37,160

Correlation: -0.991762

Coefficient de corrélation : interprétation

Le coefficient de corrélation renseigne sur la corrélation linéaire uniquement.



18

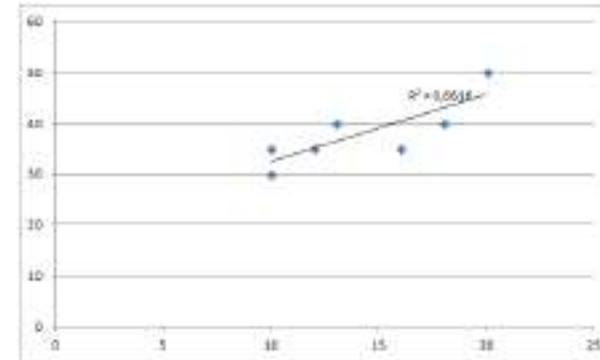
Coefficients de corrélation et de détermination

Sur Excel on peut chercher automatiquement la corrélation linéaire sur un graphique :



Coefficients de corrélation et de détermination

Le **coefficient de détermination** est le carré du coefficient de corrélation -> attention aux confusions !



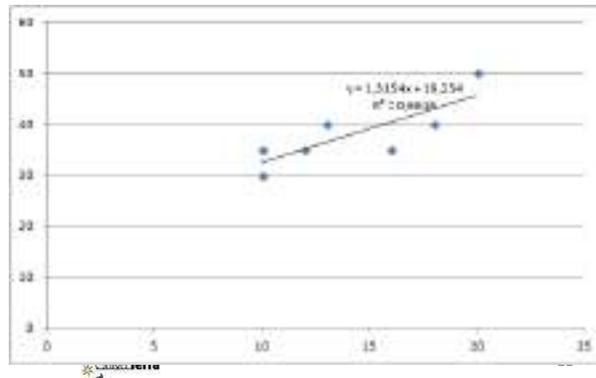
$$R^2 = 0,81^2 = 0,66$$

Régressions

La régression est un ensemble de méthodes statistiques très utilisées pour **analyser la relation** d'une variable par rapport à **une ou plusieurs** autres.

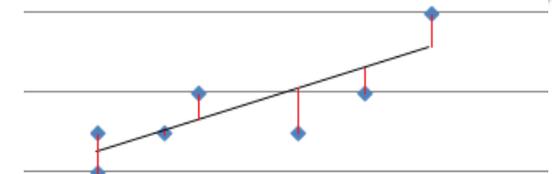
La plus connue est la régression linéaire.

Pour deux variables X et Y, la régression linéaire est la recherche d'une relation $y \approx ax+b$.



Régression linéaire à deux variables : formule

La droite $y = ax+b$ doit être « proche » des valeurs réelles.



On peut utiliser la méthode des « moindres carrés » (on cherche à minimiser les écarts symbolisés en rouge sur le graphique ci-dessus) :

$$a = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad b = \bar{y} - a\bar{x}$$

Régression linéaire à deux variables : exemple



Arbre	Hauteur	Diamètre	Haut - Hmoy (i)	Diam - Diam moy (ii)	(i) x (ii)	(i) ²	(ii) ²
A	10	30	-4,14	-7,86	32,55	17,16	61,73
B	10	35	-4,14	-2,86	11,84	17,16	8,16
C	12	35	-2,14	-2,86	6,12	4,59	8,16
D	13	40	-1,14	2,14	-2,45	1,31	4,59
E	16	35	1,86	-2,86	-5,31	3,45	8,16
F	18	40	3,86	2,14	8,27	14,88	4,59
G	20	50	5,86	12,14	71,12	34,31	147,45
Moyenne	14,14	37,86			17,45	13,27	34,69
v						3,64	5,89
Somme							

$$a = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2}$$

$$a = 122,14 / 92,86 = 1,32$$

$$b = 37,86 - 1,32 * 14,14 = 19,25$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$



Autres types de régression



Les relations entre les variables ne sont pas forcément linéaires

Excel propose par exemple plusieurs types de régressions :



Linéaire $y = ax + b$



Polynomiale $y = a + bx + cx^2 + dx^3...$



Exponentielle $y = ae^{bx}$



Puissance $y = ax^b$



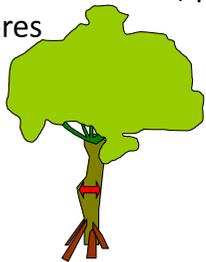
Logarithmique $y = a \ln(x) + b$

Par ailleurs, une variable peut être en lien avec plusieurs variables.



Régressions et équations allométriques

Sur le terrain, on mesure des diamètres, parfois des hauteurs, pour estimer le volume des arbres



Cas général : Volume = f (diamètre)

Plus rarement : Volume = f (diamètre ; hauteur)

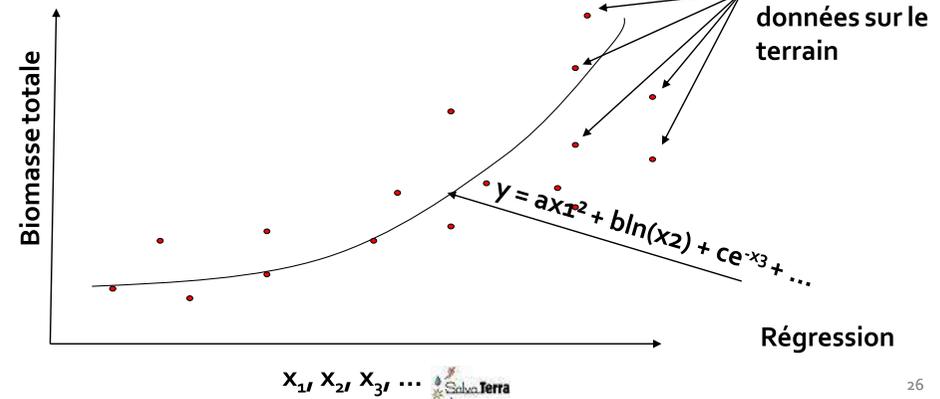


Equation allométrique ou tarif de cubage



Régressions et équations allométriques

Equation allométriques et tarifs de cubage sont construits grâce à la mesure complète d'un grand nombre d'individus (plusieurs centaines). Ce travail est du domaine de la recherche.



Régressions et équations allométriques



Nouvellet (2002) indique 2 tarifs de cubage pour le BE :

1. TARIF 1

Catégorie de diamètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
300 - 500 mm	0,002	0,007	0,009	0,027	0,045	0,064	0,156	0,192	0,265	0,306	0,551	0,718	0,773	1,181
500 - 800 mm	0,002	0,008	0,022	0,029	0,063	0,115	0,230	0,298	0,360	0,590	0,773	0,976	1,004	1,684
800 - 1100 mm	0,002	0,009	0,032	0,071	0,106	0,158	0,254	0,380	0,518	0,706	0,904	1,246	1,493	1,933
1100 mm et plus	0,003	0,011	0,037	0,083	0,114	0,243	0,489	0,583	0,710	1,086	1,243	1,348	1,579	2,493

2. TARIF 2 (si précipitations > 900 mm) : $V = (13,998C^2 - 331,1C + 3107,5)/1\ 000\ 000$

→ A l'isohyète 1 000 mm, 2 tarifs sont valables. Pour une C de 26 cm (catégorie 2 dans le Tarif 1) : Tarif 1 → 0,009 m³ Tarif 2 → 0,003 m³

Nécessité d'actualiser les tarifs de cubage utilisés au Mali



Régressions et équations allométriques



D'autres équations sont indiquées pour le calcul du volume total :

Tarif	V_i en m ³ , c en cm	Groupes ou essences concernés	Domaine de validité	Nombre d'individus	Pondérée
1	$V_i = -0,00387 c + 0,04665 c^2 + 0,58410 c^3$	<i>Bambax costatae</i>	0,22 - 1,50 m	103	Oui
2	$V_i = -0,05182 c + 0,24489 c^2 + 0,56703 c^3$	<i>Isobertinus doka</i> et <i>Acebia africana</i>	0,22 - 1,50 m	100	Non
3	$V_i = -0,02038 c + 0,13130 c^2 + 0,51060 c^3$	<i>Bois d'antre arboreum</i> et <i>Carayba pinnata</i>	0,22 - 1,50 m	663	Non
4	$V_i = -0,01161 c + 0,10180 c^2 + 0,54409 c^3$	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	0,22 - 1,50 m	104	Oui
5	$V_i = -0,04295 c + 0,21910 c^2 + 0,38196 c^3$	<i>Daniellia oliveri</i>	0,22 - 1,50 m	94	Non
6	$V_i = -0,00707 c + 0,07584 c^2 + 0,57874 c^3$	<i>Combretum glutinosum</i>	0,22 - 1,10 m	110	Oui
7	$V_i = -0,01564 c + 0,13174 c^2 + 0,57929 c^3$	<i>Terminalia</i> spp.	0,22 - 1,40 m	116	Oui
8	$V_i = -0,03263 c + 0,16223 c^2 + 0,49948 c^3$	Tarifés toutes essences	0,22 - 1,60 m	1410	Non
9	$V_i = -0,00537 c + 0,06233 c^2 + 0,54878 c^3$	<i>Khaya senegalensis</i>	0,22 - 1,50 m	81	Oui
10	$V_i = -0,00442 c + 0,05448 c^2 + 0,56476 c^3$	<i>Lantana</i> spp.	0,22 - 1,30 m	98	Oui



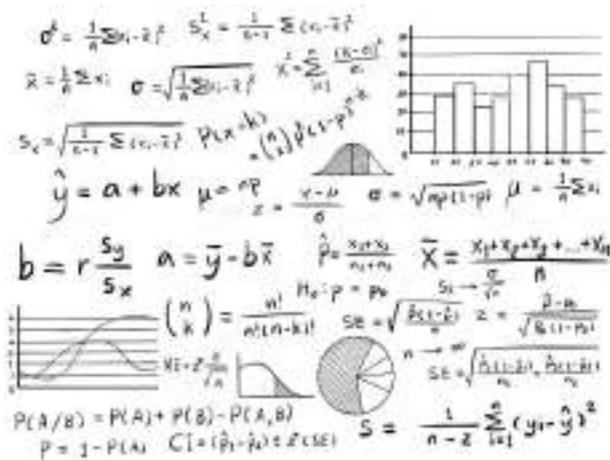
DIRECTION NATIONALE DES EAUX ET FORETS
PROGRAMME DE GESTION DECENTRALISEE DES FORETS - GEDEFOR II

P5

Estimer ce que l'on ne voit pas entièrement

Statistiques inférentielles

Echantillonnage



Principes



On cherche à connaître les caractéristiques d'un ensemble, comme par exemple la densité d'arbres dans une forêt.

$$N/ha = \text{Nombre d'arbres} / \text{surface de la forêt}$$

Pour un terrain boisé de quelques centaines de m², on peut facilement compter tous les arbres et calculer la surface du terrain.

Pour une forêt de 10 000 ha, il est quasi impossible de compter tous les arbres et il peut être difficile de mesurer la surface.

On peut choisir quelques zones restreintes (échantillons), en mesurer la surface et compter les arbres pour obtenir des estimations de la densité dans toute la forêt (population).



SOMMAIRE



1. Théorème central limite
2. Fiabilité et précision d'une estimation
3. Calculer un échantillonnage



3

Théorème central limite



Le théorème central limite est le fondement des calculs d'échantillonnage.

Pour bien le comprendre, commençons par un exemple.



4

Exemple : données de l'IFN français



La circonférence de 64 709 arbres a été mesurée.

La circonférence minimale relevée est de 24 cm, la circonférence maximale de 475 cm, la circonférence moyenne de 78,87 cm, l'écart type de 50,54 cm.

On va faire l'hypothèse que ces 64 709 arbres constituent une forêt.

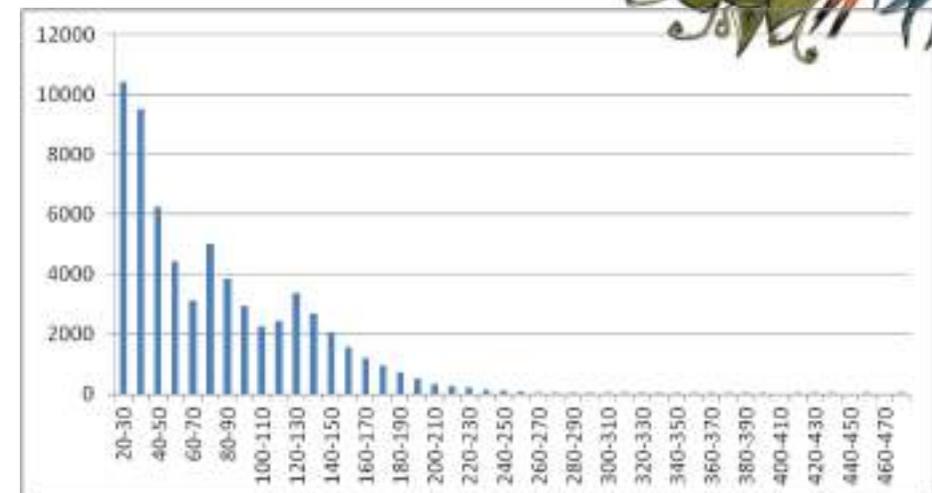
On cherche à connaître la circonférence moyenne des arbres de la forêt, mais on ne peut mesurer que 30 arbres.

On choisit ces arbres aléatoirement pour obtenir une image représentative.



5

Exemple : données de l'IFN français



Répartition des 64 709 arbres de l'IFN français, par classes de circonférences de 10 cm



6

Exemple : données de l'IFN français

Echantillon 1 tiré aléatoirement (30 individus) :

37; 107; 129; 183; 60; 38; 151; 53; 128; 35; 26; 26; 31; 81; 65; 36;
24; 62; 191; 86; 47; 57; 50; 35; 55; 91; 27; 56; 84; 87

Moyenne : 71,3 cm

Ecart type : 44,9 cm

On n'obtient pas les résultats (moyenne et écart type) de la forêt (resp. 78,87 cm et 50,54 cm), mais des valeurs proches.



7

Exemple : données de l'IFN français

Echantillon 2 tiré aléatoirement (30 individus) :

89; 56; 44; 67; 51; 54; 24; 38; 80; 33; 53; 54; 48; 56; 206; 28; 119;
56; 36; 25; 24; 80; 47; 81; 93; 85; 24; 142; 47; 131

Moyenne : 65,7 cm

Ecart type : 40,1 cm

On n'obtient toujours pas les résultats de la forêt (resp. 78,87 cm et 50,54 cm).



8

Exemple : données de l'IFN français

En recommençant un grand nombre de fois (471 dans l'exemple qui suit), on obtient un grand nombre d'estimations de la moyenne.

En observant la répartition de ces moyennes, on se rend compte que :

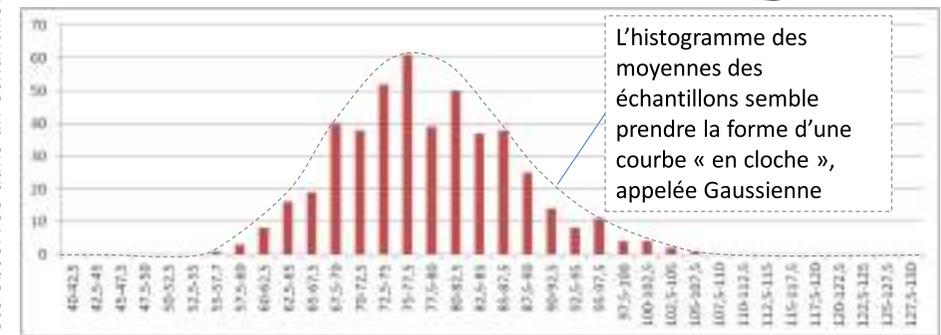
- (i) On n'obtient quasiment jamais la même valeur que pour la forêt entière (**il y a toujours une erreur**) et
- (ii) On a plus souvent une estimation proche de la moyenne de la forêt entière qu'une estimation éloignée de la moyenne de la forêt entière.



9

Exemple : données de l'IFN français

Nb de fois où la classe de moyennes a été observée dans un échantillon



Classes de moyennes

Résultats de 471 tirages aléatoires d'échantillons de 30 individus chacun



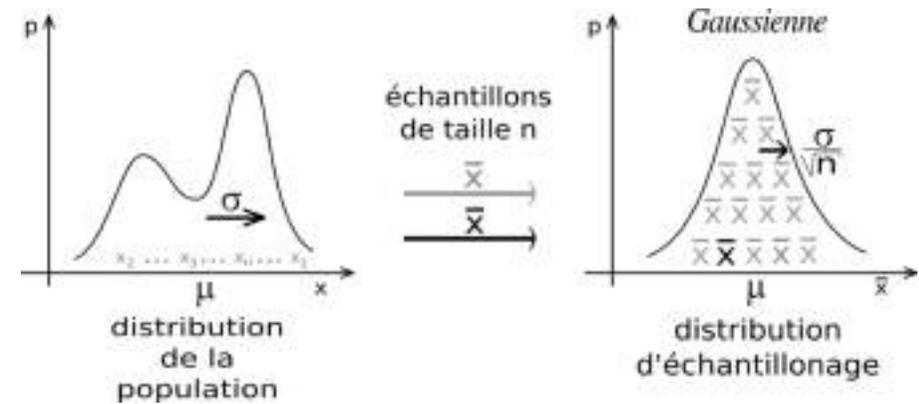
10

Théorème central limite

Quelle que soit la distribution des valeurs dans une population, la distribution d'échantillonnage (càd la répartition des moyennes d'un nombre suffisant d'échantillons) tend vers une loi normale (càd que les moyennes se répartissent selon la « courbe en cloche »), caractérisée par deux paramètres :

- La moyenne de la population, qui détermine la position de la cloche ;
- Un paramètre dérivé de l'écart type de la population, qui détermine la largeur de la cloche et traduit la dispersion des valeurs -> une cloche large signifie que les données (comme les circonférences par exemple) sont très disparates.

Théorème central limite



SOMMAIRE



1. Théorème central limite

2. Fiabilité et précision d'une estimation

3. Calculer un échantillonnage

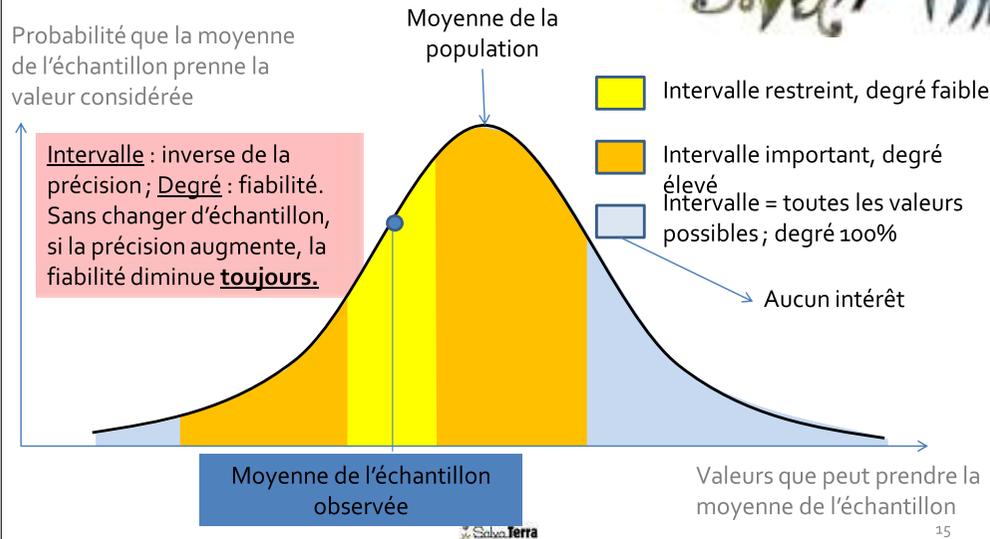
Théorème central limite : quel intérêt ?

Quand on obtient la moyenne dans un échantillon, on sait qu'elle se positionne dans une répartition « en cloche ».

On peut en déduire la probabilité que la moyenne de l'échantillon soit proche de la moyenne de la population (le « pic » de la cloche), car on sait décrire cette courbe en cloche.

On peut ainsi savoir à quel point on peut faire **confiance** à l'estimation.

Confiance : intervalle et degré



Comment calculer l'intervalle et le degré ?

L'intervalle et le degré sont liés.

Généralement, on fixe le degré (on décide si l'on veut que le résultat soit fiable à 90%, 95%, 99%...) et on calcule l'intervalle sur cette base.

Formule de l'intervalle de confiance

$$\left[\bar{x} - t_{1-\alpha/2}^{n-1} \sqrt{\frac{S}{n}}, \bar{x} + t_{1-\alpha/2}^{n-1} \sqrt{\frac{S}{n}} \right]$$

Explications :

Il y a deux valeurs (c'est un intervalle)

\bar{x} est la moyenne de l'échantillon

t est un paramètre statistique de la loi normale (t de Student)

n est la taille de l'échantillon

α est l'imprécision que l'on choisit (inverse du degré de confiance)

S est la variance corrigée de l'échantillon

Aparté sur la variance corrigée

La variance d'un échantillon est la moyenne des carrés des écarts à la moyenne dans l'échantillon.

$$V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Cependant, il est démontré que la variance multipliée par $n/(n-1)$ est un meilleur estimateur de la variance de la population*.

$$S = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

* Pour la démonstration, voir par exemple

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Variance_\(statistiques_et_probabilit%C3%A9s\)#Biais](https://fr.wikipedia.org/wiki/Variance_(statistiques_et_probabilit%C3%A9s)#Biais)

t de Student

α	50,00%	40,00%	30,00%	20,00%	10,00%	5,00%	2,00%	1,00%	0,50%	0,20%	0,10%
$\alpha/2$	25,00%	20,00%	15,00%	10,00%	5,00%	2,50%	1,00%	0,50%	0,25%	0,10%	0,05%
$1-\alpha/2$	75%	80%	85%	90%	95%	97,5%	99,00%	99,5%	99,75%	99,9%	99,95%
k											
1	1	1,376	1,963	3,078	6,314	12,71	31,82	63,66	127,3	318,3	636,6
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,92	4,303	6,965	9,925	14,09	22,33	31,6
3	0,765	0,978	1,25	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	7,453	10,21	12,92
4	0,741	0,941	1,19	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	5,598	7,173	8,61
5	0,727	0,92	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	4,773	5,893	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,44	1,943	2,447	3,143	3,707	4,317	5,208	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	4,029	4,785	5,408
...
29	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,038	3,396	3,659
30	0,683	0,854	1,055	1,31	1,697	2,042	2,457	2,75	3,03	3,385	3,646
40	0,681	0,851	1,05	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	2,971	3,307	3,551
50	0,679	0,849	1,047	1,299	1,676	2,009	2,403	2,678	2,937	3,261	3,496
60	0,679	0,848	1,045	1,296	1,671	2	2,39	2,66	2,915	3,232	3,46
80	0,678	0,846	1,043	1,292	1,664	1,99	2,374	2,639	2,887	3,195	3,416
100	0,677	0,845	1,042	1,29	1,66	1,984	2,364	2,626	2,871	3,174	3,39
120	0,677	0,845	1,041	1,289	1,658	1,98	2,358	2,617	2,86	3,16	3,373
∞	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,96	2,326	2,576	2,807	3,09	3,291

19

Reprenons notre exemple

Population : 64 709 arbres, circonférence moyenne de 78,87 cm.
Cette valeur est inconnue, on la cherche.

Echantillon 1 : 30 individus tirés au hasard, circonférence moyenne de 71,3 cm, variance corrigée de 2087 cm.

Intervalle de confiance $\left[\bar{x} - t_{1-\alpha/2}^{n-1} \sqrt{\frac{S}{n}}, \bar{x} + t_{1-\alpha/2}^{n-1} \sqrt{\frac{S}{n}} \right]$

Calculons l'intervalle de confiance, en acceptant une incertitude de 50%, 10% puis 0,1%.



20

Reprenons notre exemple

$\alpha = 50\% ; 10\% ; 0,1\% \rightarrow 1-\alpha/2 = 75\% ; 95\% ; 99,5\%$

α	50,00%	40,00%	30,00%	20,00%	10,00%	5,00%	2,00%	1,00%	0,50%	0,20%	0,10%
$\alpha/2$	25,00%	20,00%	15,00%	10,00%	5,00%	2,50%	1,00%	0,50%	0,25%	0,10%	0,05%
$1-\alpha/2$	75%	80%	85%	90%	95%	97,5%	99,00%	99,5%	99,75%	99,9%	99,95%
k											
1	1	1,376	1,963	3,078	6,314	12,71	31,82	63,66	127,3	318,3	636,6
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,92	4,303	6,965	9,925	14,09	22,33	31,6
3	0,765	0,978	1,25	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	7,453	10,21	12,92
4	0,741	0,941	1,19	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	5,598	7,173	8,61
5	0,727	0,92	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	4,773	5,893	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,44	1,943	2,447	3,143	3,707	4,317	5,208	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	4,029	4,785	5,408
...
29	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,038	3,396	3,659
30	0,683	0,854	1,055	1,31	1,697	2,042	2,457	2,75	3,03	3,385	3,646
40	0,681	0,851	1,05	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	2,971	3,307	3,551
50	0,679	0,849	1,047	1,299	1,676	2,009	2,403	2,678	2,937	3,261	3,496
60	0,679	0,848	1,045	1,296	1,671	2	2,39	2,66	2,915	3,232	3,46
80	0,678	0,846	1,043	1,292	1,664	1,99	2,374	2,639	2,887	3,195	3,416
100	0,677	0,845	1,042	1,29	1,66	1,984	2,364	2,626	2,871	3,174	3,39
120	0,677	0,845	1,041	1,289	1,658	1,98	2,358	2,617	2,86	3,16	3,373
∞	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,96	2,326	2,576	2,807	3,09	3,291

21

Reprenons notre exemple

IC1 : $[71,3 - 0,683 \cdot \sqrt{(2087/30)}; 71,3 + 0,683 \cdot \sqrt{(2087/30)}] = [65,6 ; 77]$.

On peut dire avec un degré de confiance de 50% que la moyenne de la population se trouve dans cet IC.

IC2 : $[71,3 - 1,699 \cdot \sqrt{(2087/30)}; 71,3 + 1,699 \cdot \sqrt{(2087/30)}] = [57,1 ; 85,5]$.

On peut dire avec un degré de confiance de 90% que la moyenne de la population se trouve dans cet IC.

IC3 : $[71,3 - 3,659 \cdot \sqrt{(2087/30)}; 71,3 + 3,659 \cdot \sqrt{(2087/30)}] = [40,8 ; 101,8]$.

On peut dire avec un degré de confiance de 99,9% que la moyenne de la population se trouve dans cet IC.



22

Reprenons notre exemple

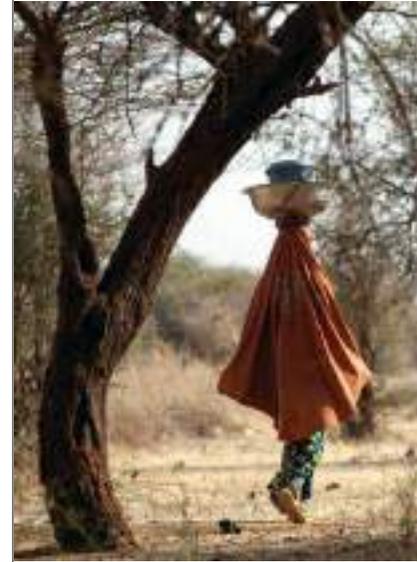
IC₁ trop restreint et d'incertitude trop élevée -> on a de fortes chances de se tromper.

IC₃ a un bon niveau de confiance (on a peu de chances de se tromper), mais trop large (n'apporte que peu d'information).

La moyenne de la population reste inconnue, mais il y a de fortes chances pour qu'elle se trouve dans les limites connues.

Le risque qu'elle se trouve en dehors de ces limites est de 5% si l'intervalle de confiance a été calculé pour un degré de confiance de 95%.

SOMMAIRE



1. Théorème central limite
2. Fiabilité et précision d'une estimation
3. Calculer un échantillonnage

Intérêt pour l'échantillonnage

Dans l'exemple précédent, IC₂ est le plus satisfaisant des trois IC calculés.

Malgré tout, l'intervalle reste important (28,3 cm) et l'incertitude élevée (10%).

Augmenter la taille de l'échantillon permettra de réduire la valeur du t de Student.

En pratique, on utilise les outils vus plus haut pour calculer la taille minimale d'un échantillon permettant d'obtenir une incertitude et un degré de confiance ciblés.

Intérêt pour l'échantillonnage

$$\left[\bar{x} - t_{1-\alpha/2}^{n-1} \sqrt{\frac{S}{n}}, \bar{x} + t_{1-\alpha/2}^{n-1} \sqrt{\frac{S}{n}} \right]$$

Si on fixe une erreur E%, ce terme doit être inférieur ou égal à ½ x E% de la moyenne. On montre alors que le nombre minimal d'individus dans l'échantillon est :

$$N = t^2 CV^2 / E^2$$

On retrouve cette formule dans le Manuel d'aménagement forestier (Nouvellet, 2002), la référence la plus récente pour l'aménagement forestier au Mali.

Taille minimale de l'échantillon de notre exemple

On peut cibler une erreur $E = 10\%$

On peut fixer un degré de confiance : 95%

Il nous manque :

- CV : on l'obtient soit dans la littérature (on connaît le coefficient de variation de certaines variables pour certains types de forêt), soit en faisant un **pré-inventaire**. Dans notre cas, considérons l'échantillon 1 comme un pré-inventaire. CV corrigé = 64% .

- t : on le cherche pour $\alpha = 5\%$ et $k=29$ (taille de l'échantillon - 1). $t = 2,045$.

*NB : si le CV est issu de la littérature, on considère $k=\infty$. Si la taille N obtenue est <30 , on recommence en prenant $k=N-1$.



27

Taille minimale de l'échantillon de notre exemple

$$N = 2,045^2 * 0,64^2 / 0,1^2 = 83,76$$

-> Il nous faudrait au moins 84 individus dans l'échantillon pour estimer la circonférence moyenne des arbres de la forêt avec une erreur de 10% et un degré de confiance de 95% .



28



DIRECTION NATIONALE DES EAUX ET FORETS
PROGRAMME DE GESTION DECENTRALISEE DES FORETS - GEDEFOR II

P6

Téledétection



1

Téledétection : définition

« *Télé* » est d'origine grecque et signifie « de loin ».
Détection vient du latin « *detego* » qui signifie « découvrir »

Mesure ou acquisition d'informations sur un objet ou un phénomène par l'intermédiaire d'un instrument de mesure n'ayant pas de contact avec l'objet étudié.

Cette définition couvre un grand nombre d'outils : appareils photographiques, lasers, radars, sonars, sismographes, gravimètres, etc.



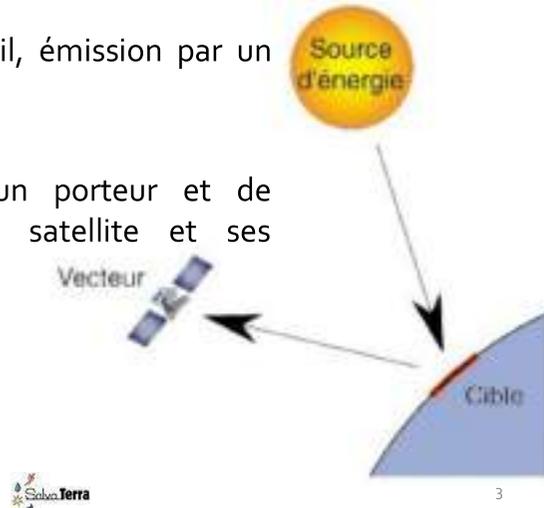
2

23

Télédétection : définition

Principe fondamental de la télédétection :

- Une source d'énergie (soleil, émission par un radar...)
- Une cible (surface terrestre)
- Un vecteur, composé d'un porteur et de capteurs (par exemple le satellite et ses capteurs)



Télédétection : définition

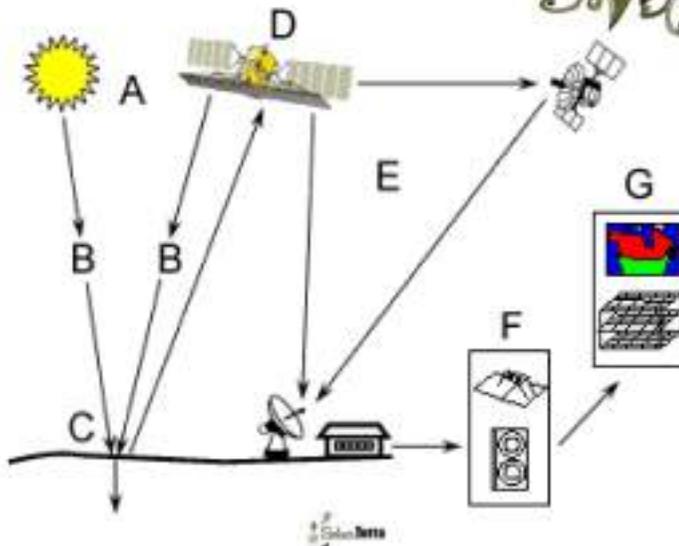
Plus précisément, on distingue 7 étapes :

- A. Production d'une onde électromagnétique (OEM) par une source d'énergie
- B. Interaction de l'OEM avec l'atmosphère
- C. Interaction de l'OEM avec la cible (émission de l'énergie par la cible), dépendant des caractéristiques de l'OEM et de la cible -> la cible a une « signature spectrale » spécifique
- D. Capture numérique et enregistrement de l'énergie émise par la cible
- E. Transmission de l'information au sol et conversion en image
- F. Interprétation visuelle et/ou numérique
- G. Utilisation de l'information pour connaître la cible

Salvo Terra

4

Télédétection : définition



A – Les ondes électromagnétiques

Tout corps produit, réfléchit et diffuse des ondes électromagnétiques (OEM).

Ces ondes sont caractérisées par une longueur d'onde.

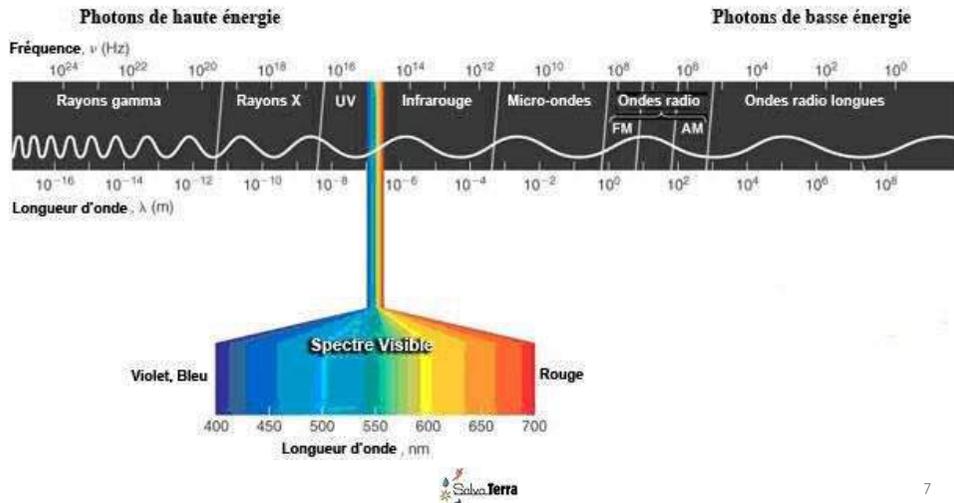
Nos yeux peuvent capter certaines de ces longueurs d'ondes.

Des appareils peuvent capter des OEM qui nous sont invisibles.

Salvo Terra

6

A – Les ondes électromagnétiques



7

A – Les ondes électromagnétiques

La télédétection « optique » mobilise des OEM générées par le soleil (qui génère des OEM de toutes les longueurs d'onde).

Les radars et les lidars génèrent eux-mêmes les OEM qu'ils analysent, ce qui leur permet de fonctionner la nuit.

Les radars se basent sur les ondes radio et les lidars sur les ondes UV, visibles et infrarouges.



8

B - Interférences avec l'atmosphère

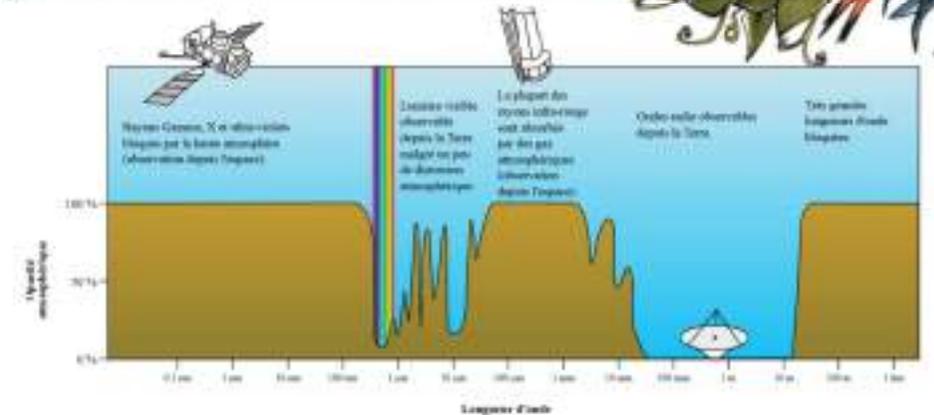
L'atmosphère produit lui-même des OEM qui entrent en interférence avec les OEM réfléchies par la surface terrestre.

Par ailleurs, l'atmosphère agit sur les OEM de certaines longueurs d'ondes, en les « bloquant ».



9

B - Interférences avec l'atmosphère



L'imagerie optique se base sur le captage des OEM « proches infrarouges », le radar sur les ondes radio et le lidar sur les ondes UV, visibles et IR.



10

B - Interférences avec l'atmosphère

Satellite	Capteur	Résolution spectrale		Résolution spatiale
		Spectre	Nb. canaux	
EOS AM-1	Modis	0.65-0.87 μm	2	300
		0.45-0.60 μm	2	300
		1.24-2.13 μm	8	300
		0.40-1.35 μm	25	1000
	Aster	0.55-0.86 μm	5	15
		1.63-2.45 μm	6	30
		8.10-11.7 μm	3	90
Landsat 7	ETM+	Pin	1	30
		0.45-0.65 μm	6	30
		0.65-0.9 μm	1	30
Spot 4	HRVIR	Pin	1	10
		0.60-1.75 μm	4	40
Dionos	Dionos	Pin	1	1
		0.45-0.65 μm	4	4
QuickBird	QuickBird	Pin	1	0.7
		0.45-0.90 μm	4	0.8

C – OEM en provenance de la Terre

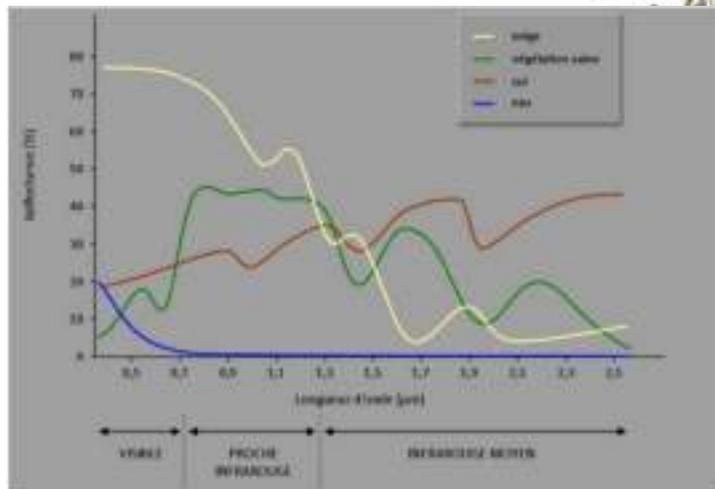
Les objets situés à la surface de la Terre émettent, diffusent, absorbent et réfléchissent des OEM.

Chaque objet, en fonction de sa composition, renverra les OEM de différentes longueurs d'ondes avec différentes intensités.

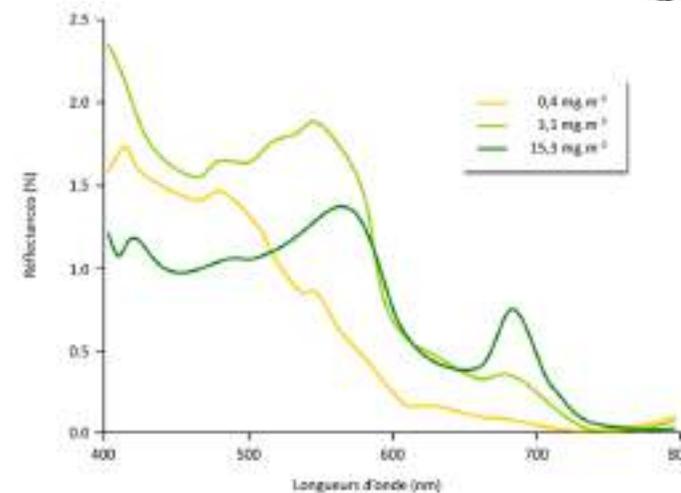
L'évolution de l'intensité (réflectance) en fonction de la longueur d'onde caractérise la signature spectrale d'un objet.

Un même objet peut avoir différentes signatures spectrales en fonction de sa composition.

C – OEM en provenance de la Terre



C – OEM en provenance de la Terre



Signatures spectrale de l'eau de mer en fonction de sa teneur en chlorophylle



P7

Télédétection : étude de cas



SOMMAIRE



1. Contexte

2. Travail réalisé



Cacao et déforestation en Côte d'Ivoire



Agriculture ivoirienne dans les années 2000 :
600 000 exploitations dans les filières café et cacao ; **40%** des **recettes d'exportations** et 20% du PIB pour café et cacao ; **45%** de la **production mondiale de cacao**

Agriculture paysanne très extensive, avec des **rendements faibles** -> les producteurs recherchent la **fertilité en forêt**



Cacao et déforestation en Côte d'Ivoire



→ environ 200 000 ha/an déboisés (forêts + jachères boisées) dont 40 000 ha/an pour le seul cacao (SalvaTerra, 2013)



Des engagements pour le « 0 déforestation »

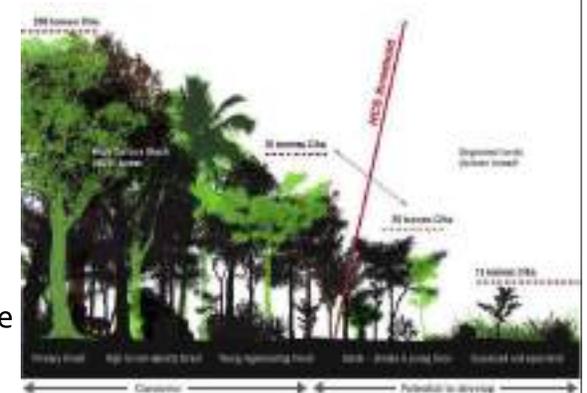


Matérialisation des engagements

1/ Identification du bassin d'approvisionnement

2/ Cartographie UTCAF (Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie)

3/ Identification des zones de cultures autorisées vs zones de protection



-> SalvaTerra a testé cette approche en Côte d'Ivoire en partenariat avec un industriel du cacao.

SOMMAIRE



1. Contexte

2. Travail réalisé

Choix d'une zone pilote

- Zone identifiée en accord avec l'industriel et le Gvt
- Zone proche de la forêt classée de Songan dans l'ancienne boucle du cacao, au Sud Est
- 1 249 000 ha autour de Bianouan
- Zone couverte en images SPOT 6/7 (1,5 m) en totalité et images Pléiades (0,5 m) de façon partielle

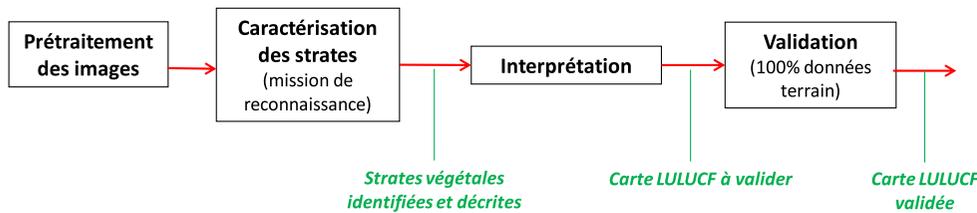
→ Carto LULUCF menée entre nov. 2015 et avril 2016



Méthodologie

Nov 2015

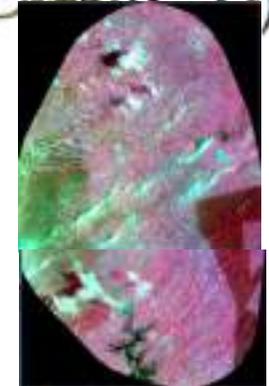
Avril 2016



Etape 1 : prétraitement des images

Images SPOT 6 dénuagées et ortho-rectifiées, datant de décembre et janvier 2014 (saison sèche)

- **Calibrations radiométriques** facilitant l'application de traitements spécifiques : Analyses en composantes principales (ACP), indices de végétation
- **Délimitation de la zone d'intérêt** par découpage des images fournies
- **Isolement des zones nuageuses** limitant la pollution visuelle sur le polygone d'intérêt



Images SPOT 6 / 7 mises à dispo de SalvaTerra par Airbus



Etape 2 : caractérisation des strates



Mission de reconnaissance :

- **Absence** de cartes, stats agricoles, photos aériennes)
- **Recensement et caractérisation des utilisations des sols** sur la base des critères suivants :
 - **Structure** (nombre de strates, hauteur, recouvrement, etc.)
 - **Physiologie** (présence de fleurs ou de fruits, chute de feuilles, etc.)
 - **Caractéristiques écologiques** (humidité du sol, pente, altitude, traces d'activités humaines, etc.)
- **Identification/description de 14 classes d'utilisation des sols**



Palmeraie



Caféière



Plantation forestière (Teck)

Cultures pérennes : 8 classes

Hévéas matures / immatures (2 classes)



Cacaoyers sous couvert / plein soleil (3 classes)



- Pertes de feuilles sur le cacao et l'hévéa : forte **hétérogénéité spectrale**
- Nombreuses **cultures associées** : cacao-hévéa, cacao-café, cacao-café-palmier, etc.
- Hévéas et palmiers globalement plus faciles à distinguer : cultures **monospécifiques**

Forêts et jachères : 5 classes

De la forêt secondaire à la jachère de type 5 (de gauche à droite)



Différenciation = f(hauteur, taux de recouvrement des strates, présence de cultures pérennes)

- Forêt secondaire / Jachère 1 : 3 strates ligneuses, strate supérieure entre 15 et 30 m
- Jachère 2 : 2 strates ligneuses, strate supérieure entre 7 et 15 m, recouvrement < 90 %
- Jachère 3 : 2 strates ligneuses, strate supérieure entre 7 et 15 m, recouvrement < 70 %
- Jachère 4 : 2 strates ligneuses, strate supérieure entre 2 et 10 m, recouvrement < 90 %
- Jachère 5 : 0-1 strate ligneuse, recouvrement < 60 %

- **Absence de forêt primaire** dans la zone d'étude
- **Présence de cultures pérennes matures** dans les jachères 3 et 4
- **Confusion possible** entre jachères 3 et 4 et cacaoyères

13

Cultures annuelles : 1 classe



- **Petites surfaces et cultures associées** : igname, banane, maïs, manioc, etc.
- Souvent **confondues** avec les **très jeunes jachères**
- Souvent un **stade transitoire** pour l'établissement de nouvelles **cacaoyères** : installation de bananiers dans l'année précédent l'installation de cacaoyers Mercedes

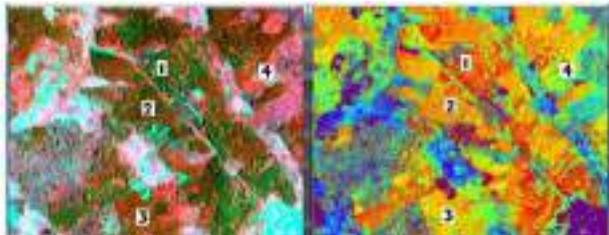
14

Etape 3 : traitements cartographiques

Traitements d'images les plus pertinents sur la base des observations faites lors de la reconnaissance : **ACP**, **rapports de bandes** et **NDVI**.



Composition colorée des bandes brutes (à g.) et composition colorée ACP1-ACP2-R/PIR (à d.)



Composition colorée RGB bandes brutes (à g.) et composition colorée RGB bandes brutes R/PIR ACP2-ACP3 (à d.)

Parcelles
d'âges
décroissants
de 1 à 4

Etape 3 : traitements cartographiques

- Mobilisation de **272 zones d'entraînement** et de **413 points de contrôle**
- **Classification supervisée**
- Test de la **robustesse** de la classification via **test de séparabilité** des classes : **réduction du nombre de classes**
- **Regroupement** des classes, **délimitation et utilisation de nouvelles zones d'entraînement** (Images Google Earth 2016), **nouveaux traitements d'images** pour faciliter la séparation des classes
- **Matrices de confusion** pour apprécier la **validité des résultats**

Etape 4 : validation de la cartographie



Mission de validation :

- En l'absence de données auxiliaires, la **totalité** des points de validation est collectée sur le terrain
- Mission réalisée avec le **CURAT** et une dizaine d'étudiants de l'Université Felix Houphouët Boigny de Cocody
- Matrice de confusion : objectif d'**au moins 80% de bonne classification / classe et 85% pour l'ensemble des classes**



17

Résultats obtenus



Mosaïque agricole très fragmentée, les confusions de classes sont probables.



18



DIRECTION NATIONALE DES EAUX ET FORETS
PROGRAMME DE GESTION DECENTRALISEE DES FORETS - GEDEFOR II

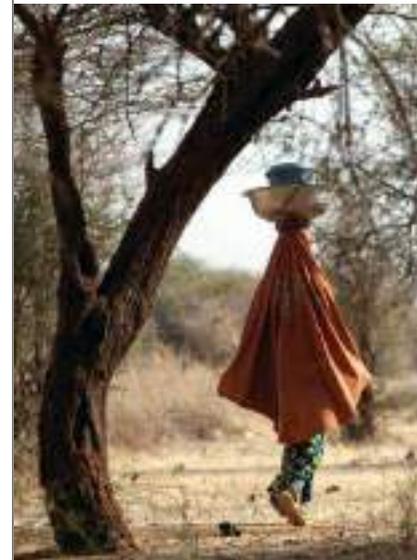
P8

Méthodes
d'inventaire
pour les PAGS



1

SOMMAIRE



1. Présentation d'ensemble
2. Détail des étapes
3. Traitement des données
4. Exemples



2

31

Objectifs de l'inventaire

Déterminer les caractéristiques d'une forêt, comme information pour son aménagement et sa gestion :

- Caractéristiques qualitatives : bois d'œuvre, perches, poteaux, bois mort, PFNL
- Caractéristiques quantitatives : nombre de tiges, volumes, production
- Autres informations utiles : types de sols, pressions observées, état végétatif, etc.

Avant l'inventaire

- bien définir les objectifs
- bien définir les résultats d'inventaire à obtenir
- choisir une méthodologie en adéquation, en évitant les choix trop coûteux ou compliqués si cela n'est pas justifié

3

Méthodes d'inventaire

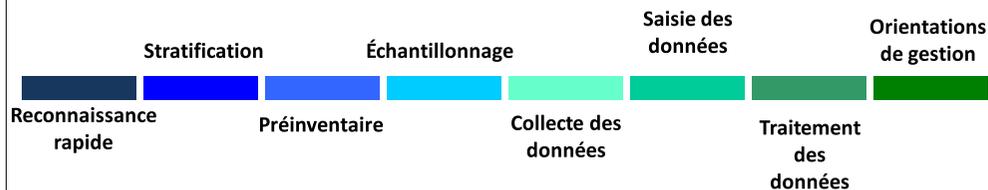
Deux grandes catégories :

- Inventaire « pied à pied » (= « en plein ») : on parcourt l'ensemble de la forêt et on mesure tous les arbres dépassant un certain diamètre. Peut s'avérer très coûteux. Déconseillé pour des massifs > 10 ha.
- Inventaire statistique (= inventaire par échantillonnage) : on mesure les arbres de certaines zones (= placettes) et on extrapole les résultats à l'ensemble du massif. Implique de concevoir un plan d'échantillonnage.



4

Etapes de l'inventaire statistique



5

SOMMAIRE



1. Présentation d'ensemble
2. **Détail des étapes**
3. Traitement des données
4. Exemples



6

Reconnaissance rapide

D'après le Manuel d'aménagement forestier (Nouvellet, 2002) :

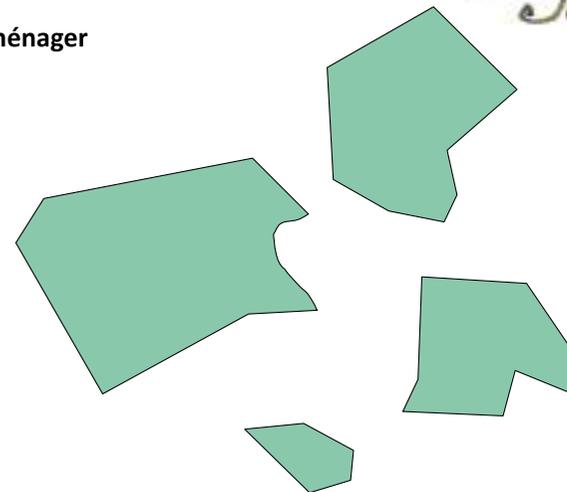
1. Description des peuplements
 1. Consistance (densité, recouvrement, état sanitaire);
 2. Composition (mélange, espèces dominantes);
 3. Forme (origine, aspects particuliers de l'évolution);
2. Délimitation (GPS)
3. Matérialisation sur carte des éléments du relief



7

Stratification – Pourquoi ? (1/5)

Massif à aménager



8

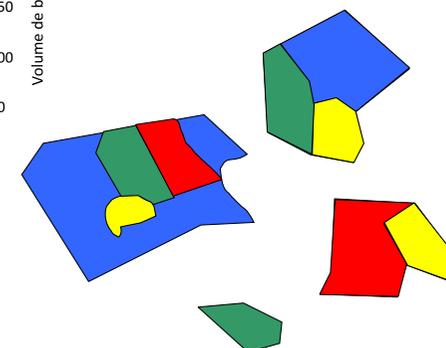
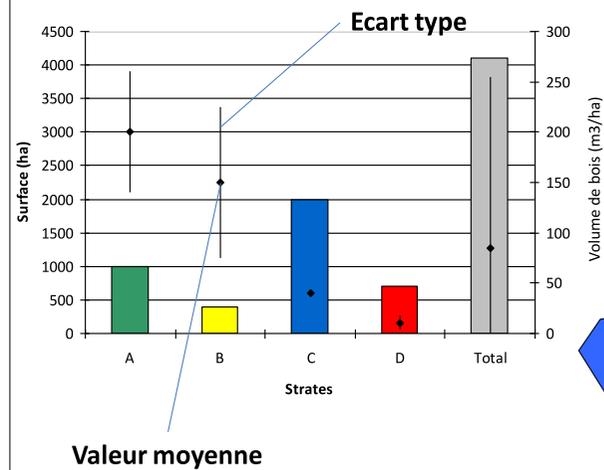
Stratification – Pourquoi ? (2/5)

... mais ce massif n'est pas nécessairement homogène
(différentes formations végétales, plusieurs zones disjointes)



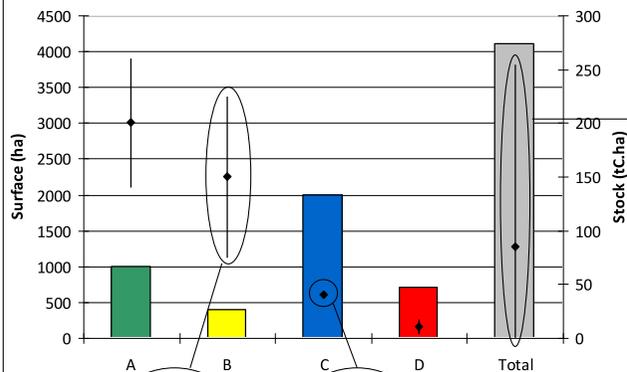
9

Stratification – Pourquoi ? (3/5)



10

Stratification – Pourquoi ? (4/5)



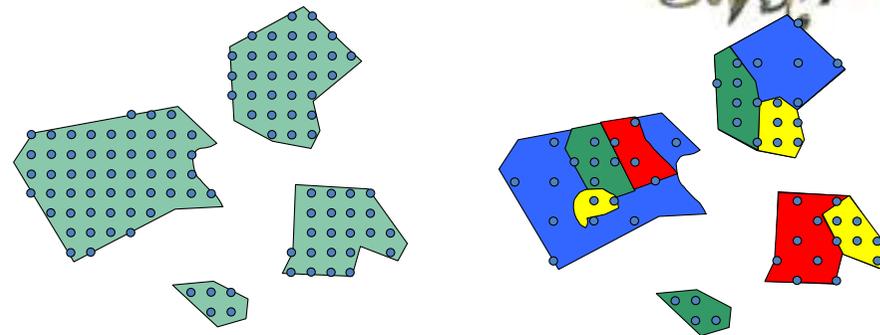
Très faible précision même avec un grand nombre de points

La stratification permet de réduire l'effort d'échantillonnage et d'augmenter la précision

→ Précision à améliorer surtout strate B !

11

Stratification – Pourquoi ? (5/5)



La stratification permet de réduire l'effort d'échantillonnage et d'augmenter la précision

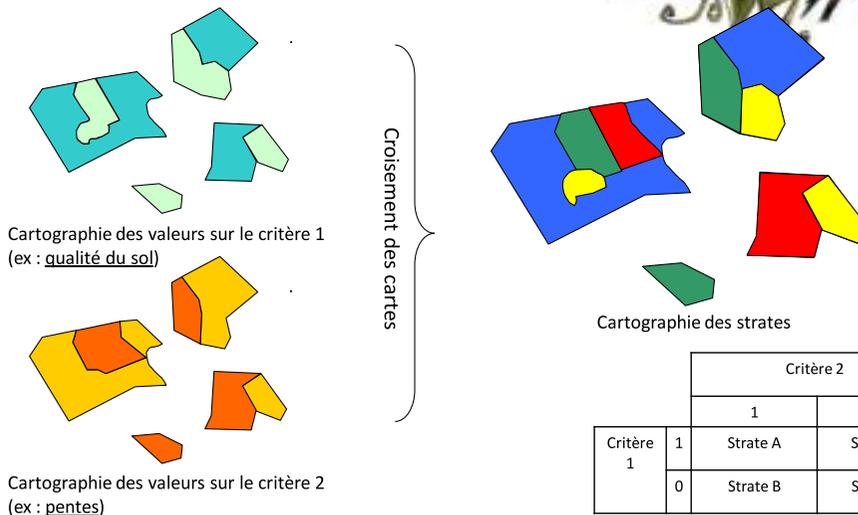
12

Stratification – Comment ? (1/3)

- Objectif : distinguer des ensembles relativement homogènes sur la variable considérée (volume de bois par exemple)
- Le volume de bois dépend de diverses caractéristiques : âge, types de sols, état sanitaire, pressions anthropiques ou naturelles, essences, etc.
- On choisit les critères agissant sur le compartiment de biomasse dominant, en général, biomasse aérienne).
- Ces critères vont permettre de faire une stratification

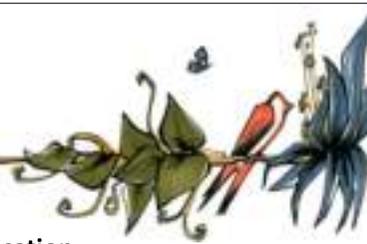
13

Stratification – Comment ? (2/3)



14

Stratification – Comment ? (3/3)



L'utilisation d'images satellite est utile pour la stratification.

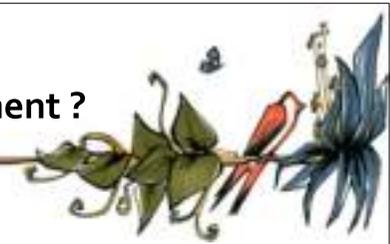
D'autres cartes peuvent être mobilisées :

- Carte pédologique,
- Carte topographique,
- Carte des formations végétales,
- Etc.

Le Manuel d'aménagement forestier (Nouvellet, 2002) recommande d'inventorier les différentes unités de la toposéquence.

15

Pré-inventaire – Pourquoi et comment ?



Le pré-inventaire permet d'avoir une première idée de l'hétérogénéité de la forêt

Et donc de savoir à quel effort d'échantillonnage il faudra consentir pour obtenir une précision suffisante.

Le Cirad recommande d'inventorier 20 placettes par strate pour ce pré-inventaire (Picard, 2006).

16

Echantillonnage – Pourquoi ?



- Les volumes de bois sont mesurés sur une partie de la zone du projet (dans des placettes), pas sur l'ensemble, afin de réduire le nombre d'arbres à mesurer
- Le volume de bois total est estimé sur la base de ces mesures

Volume total = Surface x Volume moyen à l'hectare

17

Echantillonnage – 1 ou 2 degrés (1/2)



Manuel d'aménagement forestier (Nouvellet, 2002)

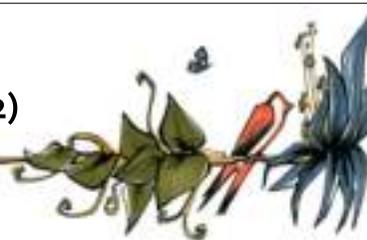
Echantillonnage à un degré pour les forêts de taille moyenne (20 à 20 000 ha) ou petites (<20 ha) : on identifie directement les placettes à inventorier.

Echantillonnage à deux degrés pour les forêts de grande taille (> 20 000 ha) :

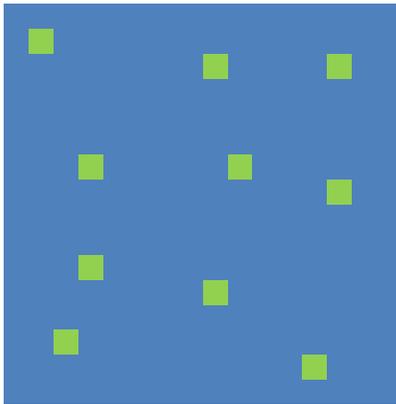
- Chacune des unités tirées (unités primaires) est divisée en sous-unités (unités secondaires), dans lesquelles sont faits les relevés.
- Cela permet de concentrer géographiquement les mesures et de réduire les temps/coûts de trajet entre les unités à inventorier.

18

Echantillonnage – 1 ou 2 degrés (2/2)

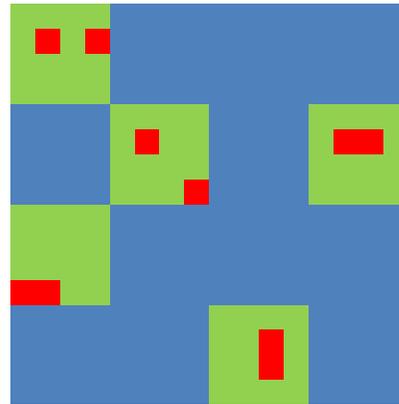


Echantillonnage à un degré



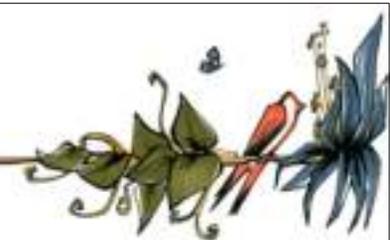
■ Unités primaires
■ Unités secondaires

Echantillonnage à deux degrés



19

Echantillonnage – Comment ?

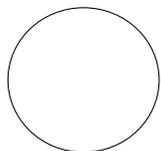
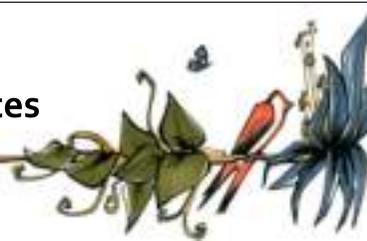


Un plan d'échantillonnage doit être développé. L'objectif est de fixer les caractéristiques suivantes :

- Forme des placettes
- Taille des placettes
- Nombre de placettes
- Localisation des placettes

20

Echantillonnage – Forme des placettes



+ Périmètre le plus petit pour une surface donnée ; peu de matériel
- Difficile sur des surfaces importantes ; pas de matérialisation du périmètre

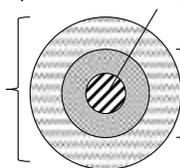


+ Suit les alignements ; périmètre délimité visuellement par les coins et les côtés
- Plus de matériel

Différentes surfaces pour différents compartiments



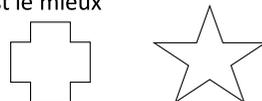
Arbres



Régé.

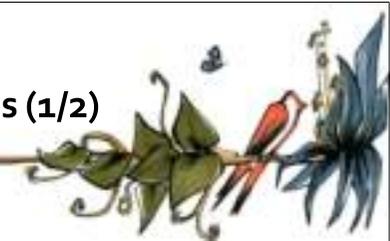
Arbustes

Toutes les formes sont possibles, mais le plus simple est le mieux



21

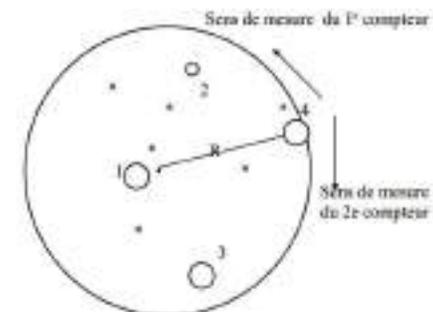
Echantillonnage – Taille des placettes (1/2)



Nouvellet, 2002 : placettes rondes de diamètre variable (prendre 4 arbres) avec fixation d'un diamètre maximal (pas d'indication)

Implantation de la placette

- * = arbustes, arbrisseaux...
- = arbres identifiés
- = point d'arrêt



Méthode non recommandée (ENGREF, 2007) et peu courante en Afrique de l'Ouest (Thiombiano et al., 2016)

22

Echantillonnage – Taille des placettes (2/2)

Autre possibilité : placettes de taille fixe (ex : PAGES du massif forestier de Madibaya)

L'objectif est d'avoir suffisamment d'arbres pour estimer le stock moyen de manière fiable : l'usage est de choisir une surface permettant d'avoir environ 8 à 10 arbres par placettes (Pearson et al., 2005).

Thiombiano et al. (2016) fournissent des indications pour la surface minimale en fonction du type de végétation :

Type de végétation	Superficie (m ²)
Forêts denses et galeries forestières	800 (30 m x 30 m)
Savanes et forêts claires: placettes de forme carré	900 (30 m x 30 m)
Savanes et forêts claires: placettes de forme rectangulaire	1000 (50 m x 20 m)
Steppes	2500 (50 m x 50 m)
Systèmes agroforestiers	2500 (50 m x 50 m)
Formations contractées	2500 (50 m x 50 m)
Prairies pastorales	16 (4 m x 4 m)

Pour évaluer la régénération, on travaille généralement sur des sous-placettes :

Type de végétation	Superficie (m ²)
Systèmes agroforestiers, steppe et formations contractées	25 (5 m x 5 m)
Savanes et forêts claires	25 (5 m x 5 m)
Forêts denses et galeries forestières	1 (1 m x 1 m)

23

Echantillonnage – Nbre de placettes (1/3)

Le nombre de placettes doit être suffisamment élevé pour avoir une estimation précise, mais suffisamment faible pour maîtriser les coûts de l'inventaire.

Le nombre de placettes à inventorier dépend de :

- Stratification (nombre de strates et surfaces).
- Hétérogénéité des volumes de bois dans les strates, caractérisée par l'écart-type ou le coefficient de variation (connus grâce au pré-inventaire ou à la littérature) → Plus l'hétérogénéité est forte et plus il faut de mesures pour approcher la moyenne avec précision.
- Degré de précision ciblé pour le suivi (erreur acceptable et intervalle de confiance ou seuil de probabilité). Par ex, choisir une erreur de 10% avec un seuil de probabilité de 95% (intervalle de confiance de 5%) signifie qu'on a 95% de chances que le résultat obtenu soit situé dans une fourchette de ± 10% autour de la valeur « réelle ».

24

Echantillonnage – Nbre de placettes (2/3)

Des formules existent pour calculer le nombre de placettes sur la base de ces variables.

Le Manuel d'aménagement forestier (Nouvellet, 2002) propose la suivante :

$$N = t^2 CV^2 / e^2$$

t = t de Student pour le seuil de probabilité p fixé

CV = coefficient de variation

e = erreur admise

On choisit généralement
e = 10% et p = 95%

25

Echantillonnage – Nbre de placettes (3/3)

t de student fixé par des tables. On cherche la valeur de t en prenant :

- le seuil de probabilité choisi (ex. 5% d'intervalle de confiance -> $\alpha = 0,05$)
- un degré de liberté infini

-> ici par exemple, t = 1,96

Si le calcul $N = t^2 * CV^2 / e^2$ donne un nombre de placettes inférieur à 30 (ex. 28), on reprend le calcul avec le t de student à n-1 degrés de liberté (donc ici 27)

-> ici par exemple, t = 2,052

Source : Calculation of the number of sample plots for measurements within A/R CDM project activities - Version 02.1.0

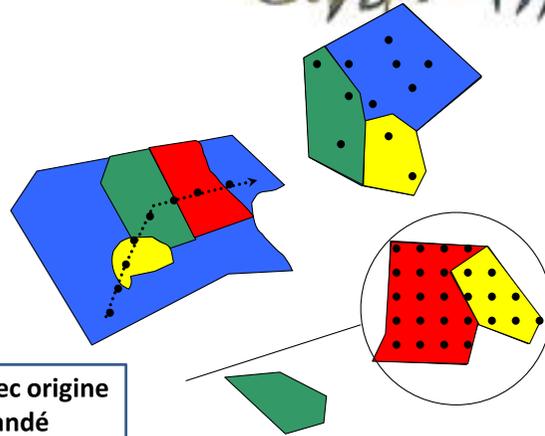
	α	0,90	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05
ddl							
1	0,158	1,000	1,963	3,078	6,314	12,706	4,303
2	0,142	0,816	1,386	1,886	2,920	3,182	2,776
3	0,137	0,765	1,250	1,638	2,353	2,571	2,447
4	0,134	0,741	1,190	1,533	2,132	2,365	2,306
5	0,132	0,727	1,156	1,476	2,015	2,262	2,228
6	0,131	0,718	1,134	1,440	1,943	2,201	2,179
7	0,130	0,711	1,119	1,415	1,895	2,160	2,145
8	0,130	0,706	1,108	1,397	1,860	2,131	2,120
9	0,129	0,703	1,100	1,383	1,833	2,110	2,101
10	0,129	0,700	1,093	1,372	1,812	2,093	2,086
11	0,129	0,697	1,088	1,363	1,796	2,086	2,086
12	0,128	0,695	1,083	1,356	1,782	2,086	2,086
13	0,128	0,694	1,079	1,350	1,771	2,086	2,086
14	0,128	0,692	1,076	1,345	1,761	2,086	2,086
15	0,128	0,691	1,074	1,341	1,753	2,086	2,086
16	0,128	0,690	1,071	1,337	1,746	2,086	2,086
17	0,128	0,689	1,069	1,333	1,740	2,086	2,086
18	0,127	0,688	1,067	1,330	1,734	2,086	2,086
19	0,127	0,688	1,066	1,328	1,729	2,086	2,086
20	0,127	0,687	1,064	1,325	1,725	2,086	2,086
21	0,127	0,686	1,063	1,323	1,721	2,086	2,086
22	0,127	0,686	1,061	1,321	1,717	2,086	2,086
23	0,127	0,685	1,060	1,319	1,714	2,086	2,086
24	0,127	0,685	1,059	1,318	1,711	2,086	2,086
25	0,127	0,684	1,058	1,316	1,708	2,086	2,086
26	0,127	0,684	1,058	1,315	1,706	2,086	2,086
27	0,127	0,684	1,057	1,314	1,703	2,086	2,086
28	0,127	0,683	1,056	1,313	1,701	2,086	2,086
29	0,127	0,683	1,055	1,311	1,699	2,086	2,086
30	0,127	0,683	1,055	1,310	1,697	2,086	2,086
40	0,126	0,681	1,050	1,303	1,684	2,086	2,086
80	0,126	0,678	1,043	1,292	1,664	2,086	2,086
120	0,126	0,677	1,041	1,289	1,658	2,086	2,086
∞	0,126	0,675	1,037	1,282	1,645	2,086	2,086

37

Echantillonnage – Localisation des placettes (1/3)

Différents types de localisation possibles

- Transect
- Aléatoire
- Systématique (avec origine aléatoire ou non)



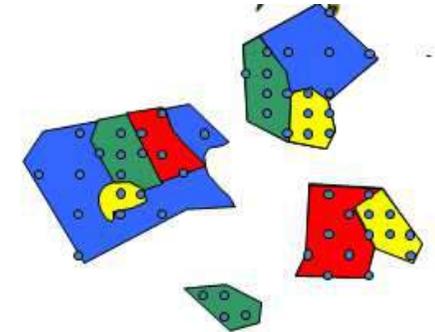
Echantillonnage systématique avec origine aléatoire généralement recommandé

27

Echantillonnage – Localisation des placettes (2/3)

Densité de points plus élevée pour les strates ou le coefficient de variation sur la biomasse aérienne est élevé

Strates	Nombre de placettes
Strate bleue	W
Strate jaune	X
Strate verte	Y
Strate rouge	z



28

Echantillonnage – Localisation des placettes (3/3)

Nouvellet (2002) propose une approche par transects « suivant les toposéquences du domaine »

Il s'agit d'inventorier une placette tous les x pas en fonction du nombre total de placettes à mesurer.

Nouvellet ne donne pas d'indication précise sur la manière de localiser les transects.

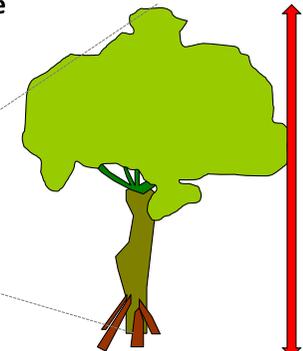
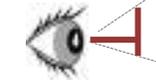
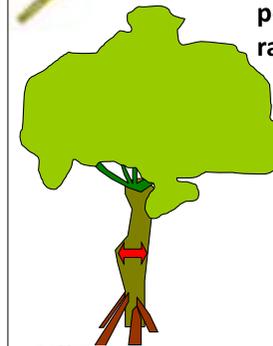
Méthode pas recommandable.

29

Mesures – Arbres sur pied (1/2)



On mesure généralement le diamètre à hauteur de poitrine (D_{hp}) ou la circonférence, toujours à hauteur de poitrine du tronc. On mesure plus rarement la hauteur de l'arbre.



Croix du bûcheron : la distance de l'observateur à l'arbre est égale à la hauteur de l'arbre

30

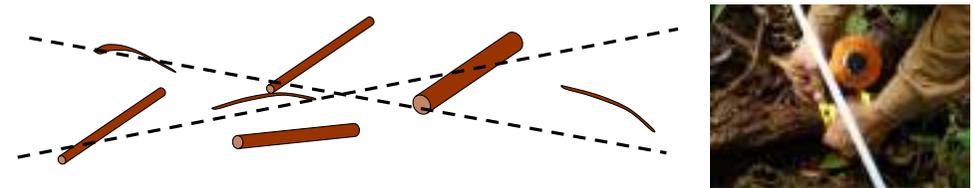
Mesures – Arbres sur pied (2/2)

L'inventaire précise l'essence de l'arbre mesuré, l'état sanitaire, sa qualité, le stade phénologique, etc. en fonction des objectifs fixés.

DHP (cm)	Hauteur (cm)	État sanitaire 1 : sain 2 : affecté 3 : mort	Forme 1 : dressé 2 : penché 3 : couché	Phytologie		
		Fv	Fj	Fv	Fj	Fv
		1 : débris	1 : débris	1 : débris	1 : débris	1 : débris
		2 : optimisme	2 : optimisme	2 : optimisme	2 : optimisme	2 : optimisme
		3 : fin	3 : fin	3 : fin	3 : fin	3 : fin
Essence 1						
Essence 2						
Essence 3						
Essence 4						
...						
Essence n						

Exemple de fiche d'inventaire (Thiombiano et al., 2016)

Mesures – Bois mort au sol



Méthode de l'intersection de transect : On mesure le diamètre des bois morts à l'intersection d'un transect établi sur la placettes

Volume de bois mort par hectare

$$V_{BM} = \pi^2 * \left[\frac{(d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2)}{8L} \right]$$

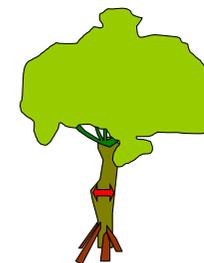
d_i : diamètre de chaque bois
 L : longueur cumulée des transects

SOMMAIRE

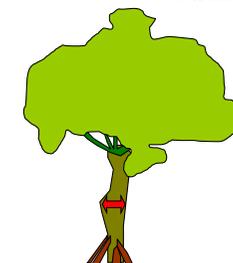


1. Présentation d'ensemble
2. Détail des étapes
3. Traitement des données
4. Exemples

Traitement des données (1/4)



Cas général : Volume = f (diamètre)



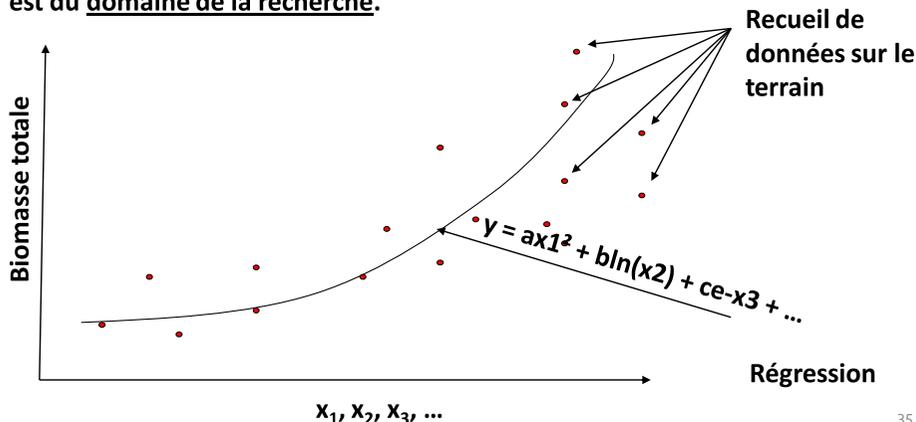
Plus rarement : Volume = f (diamètre ; hauteur)



Equation allométrique ou tarif de cubage

Traitement des données (2/4)

Equation allométriques et tarifs de cubage sont construits grâce à la mesure complète d'un grand nombre d'individus (plusieurs centaines). Ce travail est du domaine de la recherche.



35

Traitement des données (3/4)

Nouvellet (2002) indique 2 tarifs de cubage pour le BE :

1. TARIF 1

Catégorie de C (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
300 - 500 mm	0,002	0,007	0,009	0,027	0,045	0,094	0,156	0,192	0,265	0,306	0,551	0,718	0,773	1,181
500 - 800 mm	0,002	0,008	0,022	0,029	0,065	0,115	0,230	0,298	0,360	0,590	0,773	0,976	1,004	1,884
800 - 1100 mm	0,002	0,009	0,032	0,071	0,106	0,158	0,254	0,380	0,518	0,706	0,904	1,246	1,493	1,935
1100 mm et plus	0,003	0,011	0,037	0,085	0,114	0,243	0,480	0,585	0,710	1,086	1,243	1,348	1,579	2,493

2. TARIF 2 (si précipitations > 900 mm) : $V = (13,998C^2 - 331,1C + 3107,5) / 1\ 000\ 000$

→ A l'isohyète 1 000 mm, 2 tarifs sont valables. Pour une C de 26 cm (catégorie 2 dans le Tarif 1) : Tarif 1 → 0,009 m³ Tarif 2 → 0,003 m³

Nécessité d'actualiser les tarifs de cubage utilisés au Mali (Cf. Diaporama 7)



36

Traitement des données (4/4)

D'autres tarifs sont indiqués pour le calcul du volume total :

Tarif	V _i en m ³ , c en m	Groupes ou essences concernés	Domaine de validité	Nombre d'individus	Pondérée
1	$V_i = -0,00387 c + 0,04665 c^2 + 0,58410 c^3$	<i>Bumbar costatum</i>	0,22 - 1,50 m	103	Oui
2	$V_i = -0,05182 c + 0,24489 c^2 + 0,56703 c^3$	<i>Isoberrya doka</i> et <i>Acacia africana</i>	0,22 - 1,50 m	100	Non
3	$V_i = -0,02038 c + 0,13130 c^2 + 0,51060 c^3$	<i>Bois d'arbre arbusculé</i> et <i>Carphya pinnata</i>	0,22 - 1,50 m	663	Non
4	$V_i = -0,01161 c + 0,10180 c^2 + 0,54409 c^3$	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	0,22 - 1,50 m	104	Oui
5	$V_i = -0,04295 c + 0,21910 c^2 + 0,38396 c^3$	<i>Daniellia odierii</i>	0,22 - 1,50 m	94	Non
6	$V_i = -0,00707 c + 0,07584 c^2 + 0,57874 c^3$	<i>Cambretum glutinosum</i>	0,22 - 1,30 m	110	Oui
7	$V_i = -0,01564 c + 0,13174 c^2 + 0,57929 c^3$	<i>Terminalia spp.</i>	0,22 - 1,40 m	116	Oui
8	$V_i = -0,03263 c + 0,16223 c^2 + 0,49948 c^3$	Tarifé toutes essences	0,22 - 1,60 m	1410	Non
9	$V_i = -0,00537 c + 0,06233 c^2 + 0,54878 c^3$	<i>Khaya senegalensis</i>	0,22 - 1,50 m	81	Oui
10	$V_i = -0,00442 c + 0,05448 c^2 + 0,56476 c^3$	<i>Lannea spp.</i>	0,22 - 1,30 m	98	Oui



37

Productivité (1/2)

Pour gérer durablement la ressource, il est nécessaire d'équilibrer l'exploitation et le renouvellement du stock. Cela nécessite de connaître la productivité des savanes, c'est-à-dire le taux de croissance du stock de bois (exprimé en m³/ha/an).

Différentes approches (Picard et al., 2006) :

1. Utilisation de formules établies dans des conditions similaires

- Formule de **Clément (1982)**, accroissement en fonction de la pluviométrie (P). Un gradient climatique macroscopique, exprime une potentialité.

$$0,051\ 29 + 1,081\ 71 P^2$$

- Formule de **Sylla (1997)**, accroissement en fonction de la pluviométrie (P) et du taux de recouvrement (r). Ne tient pas compte des essences et de la structure du peuplement. Le Manuel d'aménagement forestier (Nouvellet, 2002) reprend cette formule en fixant r = 0,6.

$$0,3699 \times e^{3,1662 \times P \times r}$$



38

40

Productivité (2/2)

2. Approche **diachronique** : mesurer à deux dates différentes le peuplement

3. Approche **synchronique** : mesurer l'accroissement en une seule mesure :

- Mesure **de deux peuplements différents** caractérisant chacun une étape de l'évolution du peuplement type (**difficile, car gestion souvent irrégulière**).
- Mesure des **cernes sur un même peuplement** (mais **on connaît mal leur périodicité**)

4. **Modélisation** de la dynamique forestière (par essences, en fonction de la structure et des prélèvements). Approche **complexe**, du domaine de la **recherche**.



39

SOMMAIRE



1. Présentation

2. Détail des étapes

3. Traitement des données

4. Exemples



40

Exemple de deux PAGS (1/3)

	Massif forestier de Falemdougou (commune de Sobra)	Massif forestier de Madibaya (commune de Bafoulabe)
Délimitation	Au GPS	
Type d'inventaire	Inventaire par échantillonnage non stratifié à 1 degré, placettes localisées par transect sans information sur le choix du transect.	Inventaire par échantillonnage non stratifié à 1 degré, placettes localisées par transect sans information sur le choix des transects.



41

Exemple de deux PAGS (2/3)

	Massif forestier de Falemdougou (commune de Sobra)	Massif forestier de Madibaya (commune de Bafoulabe)
Taille des placettes	Variable (méthode des 4 arbres)	20m de rayon
Nombre de placettes	30	20
Taux d'échantillonnage	Non précisé	0,33%
Diamètre minimum	6,4 cm (circonférence 20 cm)	1,6 cm (5cm de circonférence) ou 10 cm (informations contradictoires)
Catégorisation des produits	BE (mort et vert), BO, BS (perches/piquets)	BE (mort et vert), BO, BS, PFNL (1 m ³ d'arbre → 20 kg de fruits...), Gomme (1 m ³ d'arbre → 30 kg de gomme !!)



42

Exemple de deux PAGS (3/3)

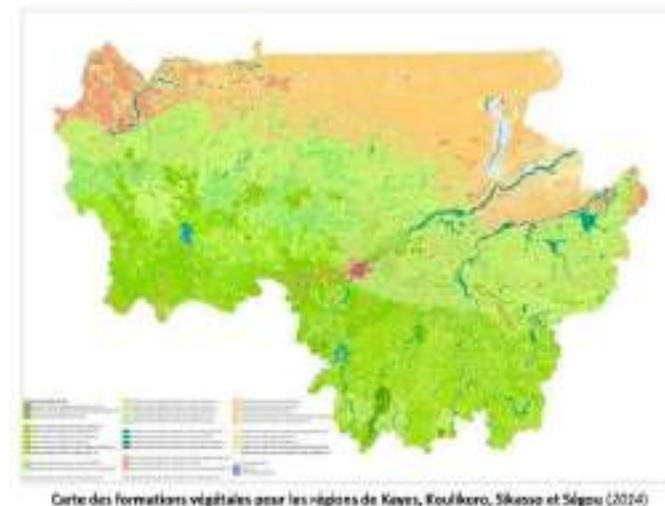


	Massif forestier de Falemdougou (commune de Sobra)	Massif forestier de Madibaya (commune de Bafoulabe)
Tarif de cubage	Données du PIRL	Données du PIRL
Répartition entre les produits : méthode	Non expliqué	A dire d'expert, d'après la fiche d'inventaire en annexe
Données d'accroissement	Formule de Sylla (1997) (0,545 m ³ /ha/an)	Données du PIRL (0,77 m ³ /ha/an)



P9

Inventaire 2014 des régions de Kayes, Koulikoro, Sikasso et Ségou



SOMMAIRE



1. Contexte et objectifs
2. Préparation
3. Terrain
4. Traitement
5. Résultats

Contexte



Actualisation nécessaire des connaissances sur les ressources ligneuses, 25 ans après le Projet d'inventaire des ressources ligneuses (PIRL, 1985-1989, 5 régions) et 7 ans après le Programme environnemental d'appui à la lutte contre la désertification (2006-2007, 3 régions).

Inventaire et méthodologie d'inventaire réalisés par le consortium AGRER-Agriconsulting-GEEDER, dans le cadre du projet AGCC-Mali et supervisé par le Ministère des affaires étrangères et de la coopération internationale.

Travaux mis en œuvre dans 4 Régions et 2 Communes par Région : Kayes (Sébékoro/Ségala) ; Koulikoro (Massigui/Ouagadou) ; Sikasso (Boura/Sibirila) ; Ségou (Sanando/Timissa) entre octobre 2013 et septembre 2014.

Objectifs

Améliorer la connaissance des forêts maliennes, afin d'avoir des stratégies et des outils performants de GDF

1. Mettre à la disposition de la DNEF et autres des outils d'aide à la décision :
 - Carte des formations végétales
 - Carte de l'occupation des terres (notamment pâturages)
 - Potentiel de séquestration de carbone
 - Etc.
2. Définir une méthode d'inventaire forestier communal au profit des utilisateurs
3. Réaliser l'inventaire forestier de 2 Communes-tests dans chacune des 4 Régions
4. Définir une stratégie d'évaluation des forêts aux niveaux régional et communal.



4

SOMMAIRE



1. Contexte et objectifs

2. Préparation

3. Terrain

4. Traitement

5. Résultats



5

Acquisition des données sources (1/2)

Données numériques :

- Fonds topographiques au 1/2.000.000e du Mali et au 1/200.000e des 4 Régions
- Limites administratives
- Réseau hydrographique
- Localités et réseau routier
- Limites des forêts classées et autres réserves
- Cartographie du PIRT1 et du PIRL
- Zonage agro-écologique
- Modèle numérique d'élévation SRTM à 90m
- BdeD de l'inventaire des régions 5, 6 & 7 (PEALCD-SODIPLAN, 2009)



6

Acquisition des données sources (2/2)

Images satellites

25 images Landsat 8/LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*), images multi spectrales à 30m de résolution

12 images RapidEye, images multispectrales à 5m de résolution pour les 8 Communes-test

17 images MODIS, pour la définition des 3 domaines bioclimatiques (*soudanien, soudano-sahélien et sahélien*)



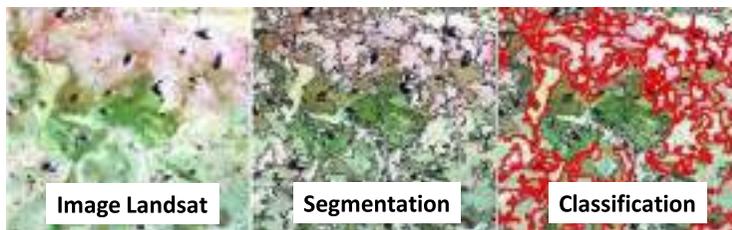
43

Traitement-interprétation des données et images (1/2)

Données numériques : normalisation pour mise en cohérence des données

Images satellite :

1. **Segmentation** : l'image est découpée en segments homogènes
2. **Classification supervisée** : photo-interprétation assistée par ordinateur, en intégrant toutes les données disponibles (images satellite à différentes dates, facteurs écologiques, morphologiques et anthropiques, etc.). Les segments sont classés en catégories (= strates ou formations végétales).
3. **Relevés de terrain** : (i) pour orienter la classification et (ii) pour valider la classification.



Traitement-interprétation des données et images (2/2)

L'agencement de plusieurs formations végétales définit des unités cartographiques (18 à 24 UC par Région, 10 à 18 UC par Commune).

Formations végétales ou strates :

- Galeries forestières
- Forêts claires
- Savanes boisées
- Savanes arborées
- Savanes arbustives
- Savanes-vergers
- Steppes

Exemples d'UC (commune de Boura):

- Forêts claires et/ou plantations forestières
- Savanes arborées à boisées sur versants
- Savanes arborées sur plateaux
- Savanes arborées à arbustives sur plateaux
- Formations ripicoles
- Savanes arborées à arbustives en vallées
- Mosaïque de savanes arbustives et arborées sur plateaux
- Savanes à dominante arborée en vallées
- Savanes arborées en vallées
- Zones humides sur plaine alluviale
- Habitat / zone urbanisée

Préparation des inventaires (1/2)

Méthodologie d'inventaire

- **Placettes circulaires**, avec placettes (=UC) et sous-placettes (= formation végétale), donc **échantillonnage à deux degrés**
- Echantillonnage **stratifié** selon les UC
- **Pré-inventaire** dans la région de Sikasso et revue biblio pour l'obtention de **coefficients de variation** permettant le calcul du nombre de placettes
- Mesure des **circonférences** à 1,3 m de tous les arbres et de la hauteur des 5 arbres les plus grands (**hauteur dominante**)
- Pour chaque Région ou Commune et pour chaque UC, **tirage aléatoire** de la **localisation des placettes** à inventorier
- Production de cartes de localisation des placettes
- Taux de sondage de **0,00193% au niveau régional** et **0,0149% au niveau communal**

Préparation des inventaires (2/2)

Méthodologie pour les **tarifs de cubage**

Dans chacune des 3 zones bioclimatiques, **mesures des arbres sur pied** ou abattus (s'ils sont trop grands), en minimisant les abattages.

Espèces à inventorier

- Espèces **ligneuses** seulement
- Pré-identification de 350 espèces ligneuses **autochtones** dans le pays dont **200 dans les zones concernées** (exclusion des espèces appartenant aux savanes guinéennes, savanes d'altitude, aux aires géographiques « orientales »).
- Ajout des espèces ligneuses **introduites**

SOMMAIRE



1. Contexte et objectifs
2. Préparation
3. Terrain
4. Traitement
5. Résultats



12

Equipes et matériel



Equipes

1 chef d'équipe et 3 techniciens par équipe + appui de cadres forestiers des DREF

Matériel

- 10 GPS
- 5 dendromètres (≈ clinomètre) Suunto
- 5 échelles graduées (*pour mesure des hauteurs*)
- 2 caméras numériques
- Rubans décimétriques pour mesurer les distances et délimiter les placettes
- Mètres rubans pour mesurer les circonférences.



13

Données collectées, fiches d'inventaire et de cubage (1/5)



Inventaire (déc 2013 à juin 2014)

Fiches d'inventaire sur 3 409 sous-placettes pour 682 placettes :

▪ Observations générales (*date, équipe et coordonnées géographiques ; formation végétale, H_{dom} et recouvrement ; info. relatives au milieu, à l'utilisation des sols et des ressources ligneuses ou pastorales, à la régénération, etc.*)

▪ Données d'inventaire

Cubage (de mai à juin 2014)

Dans les 3 zones bioclimatiques : 543 arbres mesurés (avec ou sans abattage)



14

FICHE D'INVENTAIRE COMMUNAL

Date : ____ / ____ / 2014

PLACETTE n° : _____ / Long. : _____ W /
LAT. : _____ N /

EQUIPE N° : _____ /
NOM/Prénoms : _____ /

Commune : _____ /

Unité cartographique : _____ /

1. Recouvrement

a) Strates ligneuses

<input type="checkbox"/>	> 80 %
<input type="checkbox"/>	30 à 80 %
<input type="checkbox"/>	40 à 80 %
<input type="checkbox"/>	> 80 %

b) Couverture herbacée

<input type="checkbox"/>	Grassées > 6,50 m
<input type="checkbox"/>	Grassées < 6,50 m
<input type="checkbox"/>	< 30 %
<input type="checkbox"/>	> 30 %

2. Etat sanitaire / selon perturbations naturelles ou anthropiques

Normal - aucun des 20 % de la végétation ne présente de perturbation

Moyenn - entre 20 et 50 % de la végétation ne présente de perturbation

Dégradé - moins de 20 % de la végétation ne présente de perturbation

3. Unité géomorphologique

Plateau (plateau ouvert)

Terrain hydrologique

Terrain boisé

Terrain sur ruisseau

Terrain rocheux

Dune

Dune éolienne

Ombre d'espérance

4. Texture du sol

Argileux

Limoneux

Sableux

Argile limoneux

Argile-sableux

Sable-argonneux

Gravillonneux

Roches

5. Solon

Humide

Fossé

Fossé

Fossé

6. Situation topographique

Plat

Dépression

Versant

Sommet

7. Facteurs anthropiques de dégradation

Passage de feu

Coupe de bois

Pression pastorale

Ruiss : _____ /

Espèces nuisibles : _____ /

8. Régénération

> 75 % - abondante || | 30 à 75 % - moyenne |
| | 25 à 30 % - faible |
| | < 25 % - très faible à nulle |

Espèces en régénération : _____ /



15

Définition des zones bioclimatiques (1/2)

4 zones bioclimatiques essentiellement déterminées par les isohyètes :

- « Soudano-guinéenne » ou Soudanienne-Sud
- Soudanienne ou Soudanienne-Nord
- Sahélienne
- Saharienne

La mission a eu besoin de préciser ces zones sur cartes pour la caractérisation des formations végétales et les estimations de volumes



20

Définition des zones bioclimatiques (2/2)

Redéfinition des limites des zones bioclimatiques sur la base de :

- Cartographie des isohyètes (Agrhymet, météo du Mali, IER et OCDE)
- Espèces indicatrices : 22 espèces à caractère soudano-guinéen, 4 espèces de reliques de forêt dense sèche et/ou de forêt claire non dépendantes des conditions édaphiques, 77 espèces indicatrices du soudanien, 13 espèces indicatrices du sahélien, 7 espèces indicatrices du Delta intérieur et 20 espèces de faciès anthropiques.
- Indices de végétation, en particulier le NDVI (indice de végétation par différence normalisé). Cet indice est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation.



Caractérisation des sous-placettes et unités cartographiques (1/2)

Les sous-placettes (installées dans les placettes pour chaque UC) correspondent directement à des formations végétales types et permettent de caractériser les UC.

Les informations d'inventaire ont été consignées dans un tableau de bord élaboré pour chaque sous-placette.

Indicateur	Description
id_splac	identifiant de la sous-placette
H _{dom}	hauteur dominante en m
N _{tiges}	nombre d'arbres dominants mesurés
I	présence ou absence d'arbre dominant mesuré si H _{dom} est égal à 0 alors I=0 et si H _{dom} est >0 alors I=1
code_H _{dom}	code hauteur dominante (a,b,c,d)
N _{tiges1-12}	nombre de tiges pour les classes 1 à 12
N _{tiges13+}	nombre de tiges pour la classe 13 et +
N _{total}	nombre total de tiges
N _{tiges}	nombre total de tiges par hectare
N _{pi}	nombre de pieds
N _{piHa}	nombre de pieds par hectare - densité
N _{pi_N}	rapport entre le nombre de tiges et le nombre de pieds
code_N _{total}	code nombre de tiges par ha (a,b,c,d)
S _{ter1-12}	surface terrière pour les classes 1 à 12
S _{ter13+}	surface terrière pour la classe 13 et +
S _{total}	surface terrière totale
code_S _{total}	code surface terrière (a,b,c,d)
UC	nombre d'espèces différentes présentes sur la placette
FV_splac	code de la formation végétale de la sous-placette (sav, sbs, bss, ...)
UC_com	unité cartographique communale
UC_reg	unité cartographique régionale
BioClim	code de la zone bioclimatique
Commune	nom de la commune
CodeBioterr	UC_reg croisé avec zones bioclimatiques
StatutFor	type de formation : ouverte (FO) ou fermée (FF)

Caractérisation des sous-placettes et unités cartographiques (2/2)

Caractérisation des sous-placettes en formation végétales :

(i) H_{dom}, (ii) Nombre de tiges / ha, (iii) G (surface terrière = S_{souches}/S_{totale}).

Caractérisation des UC :

- Utilisation des mêmes indicateurs
- Utilisation des valeurs médianes des valeurs de toutes les sous-placettes. Par ex : hauteur dominante pour caractériser l'UC = valeur médiane des hauteurs dominantes de toutes les formations végétales la composant

➔ Analyse objective des différentes UC prédéfinies lors de l'interprétation d'images et de la cartographie provisoire des Régions et des Communes.



23

Calcul des tarifs de cubage (1/2)

Etablissement de tarifs de cubage pour les zones bioclimatiques et les grands types de formations végétales (fermées ou ouvertes, ce qui influence la forme des arbres et les proportions relatives entre tige et houppier)

Détermination des V_{moy} par groupes d'espèces, par UC et par unité administrative

Pour les formations fermées (FF) en zones soudano-guinéenne et soudanienne

$$V = 7,455 \times C^{2,5145} \text{ (avec } V \text{ en cm}^3 \text{ et } C \text{ en cm)}$$

Pour les formations ouvertes (FO) en zones soudano-guinéenne et soudanienne

$$V = 5,9 \times C^{2,5047} \text{ (avec } V \text{ en cm}^3 \text{ et } C \text{ en cm)}$$

Pour les formations ouvertes (FO) en zone sahélienne

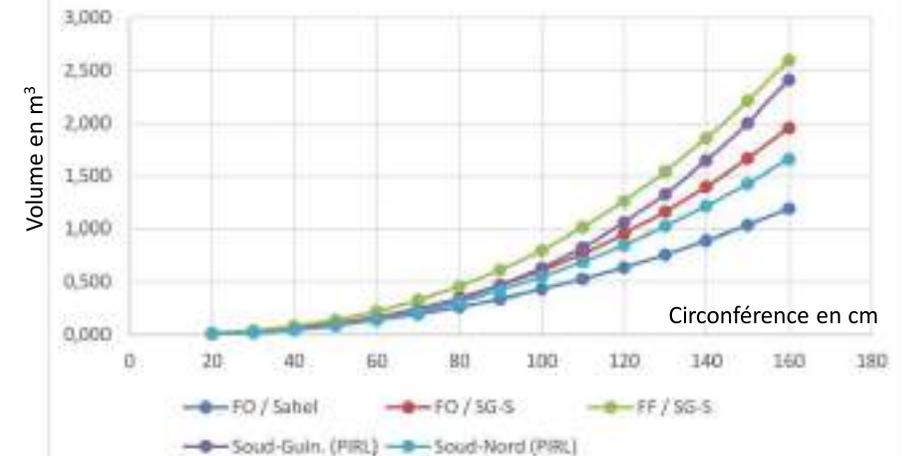
$$V = 18,402 \times C^{2,1827} \text{ (avec } V \text{ en cm}^3 \text{ et } C \text{ en cm)}$$



24

Calcul des tarifs de cubage (2/2)

Comparaison graphique des tarifs AGRER-GEEDER avec les deux tarifs du PIRL



25

Calcul des paramètres sylvicoles (1/3)

Au niveau de chaque sous-placette, calcul du nombre de tiges et du volume de bois, par groupes d'espèces et selon les types de produits ligneux susceptibles d'être obtenus.

Les résultats sont ensuite agrégés au niveau des UC puis des unités administratives et ramenés à l'hectare.

Pour ces calculs, le baobab (*Adansonia digitata*), le bambou (*Oxytenantera abyssinica*) et les palmiers (*Elaeis guineensis*, *Hyphaene thebaica*, *Phoenix reclinata* et *Raphia sudanica*) n'ont pas été pris en compte.



26

Calcul des paramètres sylvicoles (2/3)

Figure : Nombre moyen de tiges par hectare pour le cercle de Bafoulabé

Unité	Superficie en m²	Nombre moyen de tiges par ha (classes 3 et 7)					Total par pied	Sans mort	Classes 1 et 2
		Bois d'aune	Bois de service	Bois d'énergie	Non combustible	Total			
Unité	19,801,430,000.0	70.5	3.6	23.9	26.5	16.5	5.5	250.5	
A1	183,710,000.0	125.1	7.4	38.4	42.6	56.8	3.6	503.3	
A2	7,701,840,000.0	58.7	3.2	18.5	29.0	18.2	1.7	212.6	
B10	122,600,000.0	168.4	3.3	53.9	55.9	55.4	1.7	495.0	
C	24,160,000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
B1	22,810,000.0	156.7	3.0	84.9	39.3	49.5	1.0	452.9	
B12	438,430,000.0	141.7	8.9	34.0	80.0	18.7	7.1	530.3	
B1	139,890,000.0	176.9	11.9	58.2	55.0	90.7	4.2	422.0	
D3	488,230,000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
D1	954,500,000.0	103.8	5.4	37.7	37.5	23.1	3.3	638.0	
D1	2,992,640,000.0	54.9	1.9	17.1	33.7	3.2	1.4	313.3	
B12	3,682,860,000.0	98.7	1.3	21.7	21.8	13.9	7.3	164.0	
B13	1,409,970,000.0	50.4	1.9	20.7	23.8	6.1	1.7	186.2	
B1	615,370,000.0	184.8	13.4	88.4	55.5	37.8	12.0	471.7	
B1	1,384,260,000.0	156.9	12.8	52.0	48.9	43.1	6.7	448.9	
T	391,120,000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	



27

Calcul des paramètres sylvicoles (3/3)

Figure : Volumes en m³ pour le cercle de Bafoulabé

Unité	Volume en m³						
	Superficie en m²	Bois d'œuvre	Bois de service	Bois d'énergie	Non combustible	Total sur pied	Bois mort
A1	181.710.000	95.515	67.505	156.183	274.913	594.117	14.091
A2	7.701.840.000	1.600.392	1.070.438	2.632.519	7.286.104	12.589.454	350.608
B12	122.600.000	36.762	58.593	118.625	177.914	391.894	4.032
C	24.160.000	0	0	0	0	0	0
E2	22.810.000	4.481	11.299	13.435	34.451	63.666	595
H2	438.450.000	226.360	169.734	387.987	379.806	1.163.886	71.100
I1	119.880.000	102.660	66.645	115.521	239.283	524.109	8.056
I23	439.250.000	0	0	0	0	0	0
I2	854.500.000	108.778	96.883	201.198	281.939	638.217	15.743
I2	2.932.640.000	156.604	336.884	1.269.568	141.730	1.904.786	22.693
M12	5.662.860.000	156.587	527.300	676.922	1.116.229	2.477.018	107.508
H23	1.400.970.000	95.825	178.724	293.551	90.866	658.965	58.531
S1	615.370.000	496.121	326.738	562.257	848.987	2.234.102	102.597
S2	1.384.260.000	1.129.284	671.542	1.189.071	1.935.756	4.935.635	219.145
T	591.120.000	0	0	0	0	0	0

SOMMAIRE



1. Contexte et objectifs
2. Préparation
3. Terrain
4. Traitement
5. Résultats

Résultats obtenus (1/4)

1. Principaux types de formations végétales et superficies

Des cartes des unités cartographiques ont été établies et leurs superficies estimées au niveau régional et communal

Une cartographie réelle de l'occupation des sols est difficile :

- imbrication dans l'espace (cultures, jachères, espaces de parcours pastoraux et espaces naturels)
- Utilisation mobiles dans le temps (culture itinérante)

	Surface		Surface "à destination agricole"		Surface "terres non cultivées"		Régime & Eau		Population 2009		
	ha*	%	ha*	%	ha*	%	ha*	%	habitants	hab/ha*	dens
Région de Kayes	121.590	0,28	33.384	0,27	87.800	0,24	798	0,01	1.993.613	16,1	1,89
Bafoulabé	19.681	0,48	7.684	0,38	11.903	0,30	415	0,02	233.047	11,8	1,61
Diké	12.688	0,38	3.920	0,25	8.768	0,20	38	0,00	241.772	18,5	1,92
Kayes	22.695	0,24	5.420	0,20	17.123	0,24	251	0,01	313.172	22,8	2,08
Kouliko	14.925	0,15	1.991	0,17	12.948	0,01	78	0,00	157.058	13,2	1,94
KPA	35.481	0,31	11.989	0,34	23.473	0,00	51	0,00	412.311	12,3	1,85
Niono	10.489	0,17	1.785	0,18	8.702	0,00	23	0,00	228.928	21,8	1,74
Nioro	3.751	0,10	1.735	0,20	4.024	0,00	13	0,00	178.317	30,7	2,08
Région de Kouliko	30.280	0,23	20.320	0,20	63.267	0,10	677	0,01	2.422.188	28,8	2,05
Barabou	7.648	0,45	3.481	0,24	4.127	0,02	68	0,01	159.025	20,0	1,76
Droite	12.482	0,41	5.817	0,33	6.592	0,04	72	0,00	488.317	39,2	1,93
Kangaba	8.766	0,20	1.364	0,17	3.172	0,00	18	0,00	180.388	21,2	1,84
KPA	18.052	0,28	4.886	0,28	13.000	0,00	398	0,02	598.793	36,0	2,82
Kouliko	11.785	0,42	4.827	0,29	6.948	0,00	28	0,00	232.500	19,9	1,55
Niono	5.923	0,41	2.421	0,38	3.475	0,04	37	0,01	230.611	38,6	1,67
Nioro	30.930	0,20	3.285	0,10	27.453	0,00	93	0,00	241.904	7,8	1,64
Région de Ségou	83.025	0,34	34.190	0,31	18.968	0,10	277	0,01	2.338.349	37,1	1,76
Barabou	4.333	0,40	1.385	0,38	2.407	0,01	42	0,01	202.066	46,0	1,59
Dia	8.385	0,31	3.241	0,38	5.008	0,00	55	0,00	369.638	44,0	1,89
Makina	7.123	0,39	6.004	0,87	502	0,00	7	0,00	236.077	33,3	1,68
Niono	16.282	0,45	7.423	0,44	8.868	0,00	11	0,00	364.471	22,4	2,26
Nioro	8.325	0,38	3.396	0,40	2.763	0,04	38	0,01	333.613	34,2	1,65
Ségou	10.086	0,35	8.861	0,84	7.188	0,00	126	0,01	686.115	83,3	1,64
Tombouctou	8.241	0,42	2.989	0,36	3.896	0,00	1	0,00	121.129	14,8	1,71
Région de Sikasso	71.961	0,46	31.333	0,31	18.101	0,01	425	0,01	2.943.179	41,7	2,19
Bougoula	19.676	0,48	7.824	0,40	11.957	0,00	65	0,00	498.848	25,1	2,08
Kadiolo	5.303	0,40	2.204	0,39	3.052	0,00	7	0,00	243.412	45,9	2,48
Kolondira	7.995	0,44	3.897	0,34	4.091	0,00	11	0,00	201.462	25,2	1,95
Koutiala	9.323	0,48	5.423	0,39	3.858	0,00	33	0,00	580.453	62,3	2,00
Kouliko	15.680	0,46	7.188	0,34	8.213	0,00	55	0,00	782.984	47,1	2,48
Nioro	3.027	0,41	3.852	0,34	4.578	0,00	249	0,01	212.717	23,8	1,73
Nioro	3.687	0,30	2.945	0,38	1.897	0,00	5	0,00	211.000	62,7	2,01
District de Bamako	245	0,01	3	0,00	23	0,00	229	0,00	1.810.388	7.376	2,68
Total	187.817	0,31	127.881	0,44	217.842	0,00	2.986	0,00	13.209.612	71,1	2,07

Perspectives (3/3)



Pistes de développements futurs potentiels :

- Négocier au niveau gouvernemental l'extension de la licence Spot-6 de l'IGN du Mali, afin de poursuivre les cartographies/inventaires forestiers communaux.
- Explorer les possibilités d'utilisation des cartes d'occupation des sols pour définir sur le terrain des forêts à vocation permanente et faire des propositions législatives en ce sens (en forêts communales, communautaires ou villageoises ?).
- Valoriser les données d'inventaires forestiers communaux pour développer des outils pratiques de diagnostic/décision (indicateurs accessibles aux villageois) en matière d'exploitation et de régénération des formations végétales



P10

Méthodes d'estimation des volumes de bois de feu consommés et commercialisés à Bamako



-
Gazzul et al., 2006

SOMMAIRE



1. Vue d'ensemble

2. Choix méthodologiques

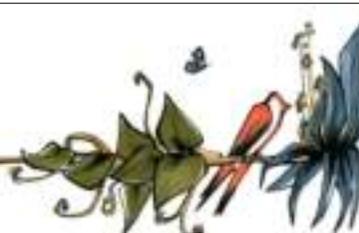
Enquêtes sur la commercialisation

Pour connaître les vendeurs

Type d'enquête	Date	Auteur	Type de données collectées	Taille des enquêtes
Recensement urbain des vendeurs	Dec. 1989	Direction Nationale des Eaux et Forêts	Localisation Produits vendus Mode d'approvisionnement	19 marchés 7 quartiers 146 vendeurs recensés
	Dec. 1994	Direction Nationale des Eaux et Forêts	Localisation Produits vendus Mode d'approvisionnement	19 marchés 8 quartiers 286 vendeurs recensés
	Aout-1997	Cellule Combustible Ligneux (CCL)	Identification Localisation Produits vendus Mode d'approvisionnement	25 quartiers 142 vendeurs recensés
	déc-2004	CIRAD	Localisation Produits vendus Mode d'approvisionnement	50 marchés 1 quartier 790 vendeurs recensés

Enquêtes sur la commercialisation

Pour évaluer les volumes vendus et les prix



Type d'enquête	Date	Auteur	Type de données collectées	Taille des enquêtes
Sondage vendeurs urbains	déc-1989	Direction Nationale des Eaux et Forêts	Localisation Produits vendus Prix de vente Mode d'approvisionnement	70 commerçants interrogés
	déc-1994	Direction Nationale des Eaux et Forêts	Localisation Produits vendus Prix de vente Mode d'approvisionnement	54 commerçants interrogés
	avr-2004	CIRAD	Identification Localisation Produits vendus Prix de vente Mode d'approvisionnement	Minimum 2 vendeurs enquêtés par marché 230 commerçants interrogés

Enquêtes sur la production

Pour évaluer les volumes produits et les prix



Type d'enquête	Date	Auteur	Type de données collectées	Taille des enquêtes
Sondage villages de production	avr-2005	CIRAD	Identification Localisation Produits vendus Prix de vente Mode d'approvisionnement	160 villages de vente enquêtés, plus de 300 villages de production identifiés
Sondage producteurs de charbon	2001	Cellule Combustible Ligneux (CCL)	Identification Pratiques de production Quantités produites	45 villages visités 145 charbonniers enquêtés

Enquêtes sur la consommation

Pour évaluer les volumes consommés et les prix



Type d'enquête	Date	Auteur	Type de données collectées	Taille des enquêtes
Sondage consommateur	1997	Cellule Combustible Ligneux (CCL)	Produits et quantités achetés Pratiques de consommation Modes de cuisson Budgets	1000 ménages
	2005	CIRAD	Produits et quantités achetés Logement Pratiques de consommation Modes de cuisson Budgets	50 ménages

Enquêtes sur le transport

Pour évaluer les volumes transportés et les prix



Type d'enquête	Date	Auteur	Type de données collectées	Taille des enquêtes
Flux de bois-énergie entrant à Bamako	déc-1989	Direction Nationale des Eaux et Forêts	Axe d'entrée Horaire d'entrée Produits et quantités Origines des produits Mode de transport	Recensement pendant 7 jours consécutifs (24/24) sur les 9 axes principaux
	déc-1994	Direction Nationale des Eaux et Forêts	Axe d'entrée Horaire d'entrée Produits et quantités Origines des produits Mode de transport	Recensement pendant 7 jours consécutifs (24/24) sur les 9 axes principaux
	déc-1999	Cellule Combustible Ligneux (CCL)	Axe d'entrée Horaire d'entrée Produits et quantités Origines des produits Mode de transport	Recensement pendant 7 jours consécutifs (24/24) sur 17 axes

SOMMAIRE



1. Vue d'ensemble

2. Choix méthodologiques

Comment évaluer les volumes de BE consommés ?



Estimation difficile

Consommation très variable d'un foyer à l'autre, dépendant de :

- Composition de la famille,
- Habitudes alimentaires,
- Types de foyers utilisés (classique ou amélioré),
- Type de logement,
- etc.

Choix 1 : évaluer les consommations individuelles



Consommation = consommation individuelle x population

- Constitution d'un panel représentatif de ménages (voir [Présentation 5](#) et [Présentation 13](#)).
- Suivi des ménages pendant une période donnée, généralement 7 jours consécutifs.
- Pesée des quantités de bois utilisées pour la cuisson de chaque repas et pour l'eau du bain ou le chauffage en saison froide. (NB : Cette utilisation domestique représente plus de 98% de la consommation en bois-énergie de Bamako (Toure 2001))

Méthode utilisée par l'ESMAP en 1989 pour évaluer les consommations individuelles.

Avantages et inconvénients



Les habitudes de consommation des ménages sont fidèlement documentées.

La variabilité des mesures est très forte dans l'espace (d'un ménage à l'autre) et le temps (au cours de la semaine ou de l'année).

-> Nécessité de suivre un grand nombre de ménages sur une longue période pour obtenir des chiffres valables pour l'ensemble de la ville.

-> Méthode très coûteuse et très difficile à reproduire dans le temps.

Enquêtes de 1997 et 1998 sur 1000 ménages bamakois stoppées par manque de financement.

Choix 2 : évaluer l'approvisionnement global



Consommation d'une ville = quantité totale de bois et charbon entrant dans la ville

- Il faut s'assurer de recenser tout le bois entrant en ville.
- Il s'agit de surveiller les axes routiers 24h/24 pendant une durée donnée (généralement 7 jours consécutifs) et de comptabiliser les volumes entrants.



12

Avantages et inconvénients



Exhaustivité dans l'estimation

Nécessite beaucoup de ressources humaines -> 100 personnes en 2000

Faible fiabilité dans l'évaluation des quantités par véhicule (nombreux véhicules de contenance différentes pas uniquement chargés de bois ou charbon).

Erreurs importantes pour les camions et gros porteurs.

Néglige les variations qu'il peut y avoir entre approvisionnement et consommation, notamment dans le cas d'un stockage important.



13

Choix 3 : évaluer les ventes



Consommation des habitants = somme des ventes des commerçants = ventes par commerçant x nombre de commerçants

Recensement de l'ensemble des vendeurs d'un quartier (Hamdallaye, sélectionné car à la fois ancien et modernisé)
Sondage des vendeurs et évaluation des ventes



14

Avantages et inconvénients



Méthode facile à mettre en œuvre.

Ne demande pas d'enquêtes en continu comme pour les méthodes précédentes.

Echantillon à suivre plus petit que pour le suivi des consommations chez les ménages.

Difficulté : estimation des quantités vendues hors marchés.



15

Résultats obtenus

Résultats cohérents entre les 3 méthodes :

- Suivi des consommateurs en 1989 par la Banque mondiale : 0,9 kg/j/hab. de bois et 0,095 kg/j/hab. de charbon.
- Suivi des approvisionnements en 1989 par la DNEF : 0,96 kg/j/hab. de bois et 0,096 kg/j/hab. de charbon.
- Suivi des approvisionnement en 2000 par la cellule Combustible ligneux : 0,58 kg/j/hab. de bois et 0,2 kg/j/hab. de charbon.
- Suivi des ventes en 2004 par le CIRAD : 0,58 kg/j/hab. de bois et 0,3 kg/j/hab. de charbon.



P11

Evaluation des ressources en produits forestiers non ligneux



SOMMAIRE



1. Contexte
2. PFNL au Mali
3. Classification des PFNL
4. Inventaire des PFNL

Produits forestiers non ligneux

Pas de définition figée : même les termes de produits et forêts ne font pas toujours consensus.

Généralement, on considère comme PFNL toute partie de plantes ou animaux présentant un intérêt d'utilisation pour la société humaine et provenant d'une forêt ou d'un arbre hors forêt, à l'exception du bois.

Utilité d'inventorier les PFNL

Disposer d'informations fiables sur l'espèce ressource (abondance, distribution et biologie de reproduction)

Exploiter durablement les produits, ce qui permet :

- La création de revenus pour le développement rural ;
- Un partage plus équitable des avantages provenant de la forêt ;
- La participation des populations locales dans la gestion forestière ;
- Le développement des PFNL pour la subsistance ou la commercialisation.



4

Utilité d'inventorier les PFNL

Niveau local	<ul style="list-style-type: none">• déterminer des taux d'exploitation durable• contrôler l'état de la ressource• faire la démonstration de la gestion durable pour persuader les autorités à autoriser l'exploitation
Niveau national	Planification stratégique, comprenant : <ul style="list-style-type: none">• décision d'autoriser ou non des quotas d'exportation• possibilité de promouvoir une production intensive
Niveau international	Information sur les espèces menacées, par exemple CITES NB: Cette information repose le plus souvent sur des données recueillies au niveau national
Autres (en général international)	Forums de discussion : <ul style="list-style-type: none">• critères et indicateurs pour un aménagement forestier durable• écocertification• Convention sur la diversité biologique



5

Retour d'expériences

FAO, 2001 : Evaluation des ressources en produits forestiers non ligneux – Expérience et principes de biométrie. 139p

Regroupement de 400 références (rapports d'évaluation de PFNL ou études sur les méthodes)

126 études de cas où les méthodologies sont décrites

- > Expérience globale (régions tropicales et tempérées)
- > Grande diversité de formes de vie (plantes et animaux)
- > Grande diversité de produits
- > Echelles diverses (du local à l'échelle internationale)

Il existe de très nombreuses conceptions différentes d'inventaires, du fait de la diversité des PFNL, des objectifs ciblés et des moyens disponibles.



6

SOMMAIRE



1. Contexte

2. PFNL au Mali

3. Classification des PFNL

4. Inventaire des PFNL



7

Principaux PFNL au Mali

→ **Plantes alimentaires** : *Adansonia digitata*, *Vitellaria paradoxa*, *Eleais guineensis*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica* et *Ziziphus mauritiana*

→ **Plantes fourragères** : *Acacia senegal*, *Faidherbia albida*, *Acacia raddiana*, *Acacia seyal*, *Khaya senegalensis*, diverses graminées, etc.

→ **Gommes** : *Acacia senegal*, *Acacia laeata*, *Combretum nigricans*

→ **Miel**

... moins d'importance : plantes médicinales, ornementales, tannins, colorants, matériaux de construction, et gibier



Importance économique très forte

54% des PFNL utilisés pour l'alimentation

Surtout feuilles (pour les sauces), fruits, amandes et graines (pour les condiments)

Surtout autoconsommés, mais de + en + vendus : par ex, 20 à 60% du revenu des ménages en périphérie de Bamako



D'après estimations DNSI Mali (2002), la valeur des PFNL est supérieure à celle du bois !

PFNL : 47 milliards de FCFA en 1999 et 57 en 2002 ; Bois : 45 milliards de FCFA en 1999 et 51 en 2002

PFNL végétaux pour nourriture

41 espèces au Sud du Mali (zone soudanaise), dont 8 espèces à haut revenu



Adansonia digitata (baobab) → feuilles



Vitellaria paradoxa (karité) → noix pour beurre



Tamarindus indica (tamarin) → gousses



Cowpea arvensis (bolobocoussa) → graines pour huile

PFNL végétaux pour nourriture

7 espèces couramment consommées - 3 déjà citées : baobab (pulpe, feuilles), rônier (fruit, sève) et karité (beurre).
4 autres ci-après :



Parkia biglobosa (nére) → graines pour souboussa



Eleais guineensis (palmeier à huile) → graines pour huile



Lophira lanceolata (néné ou faux karité) → graines pour huile



Borassus aethiopum (rônier) → divers produits

PFNL végétaux pour nourriture



Bombac cebilatum (faux-kapokier) → poudre de café séché



Cocchorosa trifida (faux bouleau) → feuilles fraîches



Spondias mombin (prunier) → jus



Coccylis planata (dougoura) → pulpe

PFNL végétaux pour nourriture

Karité

- Zone soudanienne, produits consommés localement (principale source de matière grasse végétale) et à l'étranger (industrie cosmétique et chocolatière)
- Amandes extraites des noix, puis transformées en beurre, vendu en boule
- 85 000 t/an d'amandes entre 1995 et 2000 (FAO, 2005), pour valeur d'env. 4 milliards de FCFA. Mali = 2^{ème} producteur mondial avec 13% (CNUCED, 2003)

PFNL végétaux pour nourriture

Baobab

- Zone soudanienne, un des arbres les + utiles et dont les produits sont consommés quotidiennement, en ville et en brousse
- Feuilles fraîches (avril-oct.) en légumes, feuilles séchées (oct.) en condiment, pulpe pour crème de mil, graines (équiv. Soubala chez qqes ethnies)
- Forte autoconsommation de tous ces produits. Vente de poudre

PFNL végétaux pour nourriture

Néré

- Zone soudanienne, très consommé en ville et en brousse. Gousses récoltées en avril-mai, puis compactées en boule, pour faire un condiment au goût prononcé. Une famille moyenne peut ramasser 500 kg/saison en bonne année (FAO, 1996)

Palmier à huile

- Très localisé : sols bien humides, à proximité des cours d'eau
- Surtout autoconsommé (huile, savon), parfois vente de surplus sur marché local

PFNL végétaux pour nourriture



Tamarin

- Zone soudanienne et sahélienne
- Usages multiples, surtout pulpe pour jus/sirops. Récolte entre octobre et février : jusqu'à 50 kg/arbre... Récolte souvent destructive (coupe des rameaux)



16

Focus sur la gomme arabique



Mali : producteur mineur... Env. 16 000 t/an (données 2016, Union producteurs GA de Kayes), dont 5 000 t/an exportées vers l'UE, 50% dure/ 50% friable (Min. comm.)

Pays	Volume (t)	%
Pays producteurs mineurs	Soudan	44
	Tchad	20
	Nigeria	10
	Sénégal	1,00
Pays producteurs majeurs	Mali	8,80
	Égypte	0,52
	Éthiopie	0,43
	Maroc	0,30
	Indonésie	0,20
Autres	0,54	0,34



Gomme arabique dure (*Acacia senegal*)

6 Régions productrices sur 8, dont Kayes (12 000 t/an, Grade 1). Gomme recherchée en agroalimentaire (pas de toxine, contrairement au Tchad et Soudan)

Principal pays importateur : France. Achat bord champ à 1 500 FCFA/kg (2,3 €/kg) → revente 130 €/kg (dé-bactérisée) en France ! Culbute = x 60

17

PFNL animaux



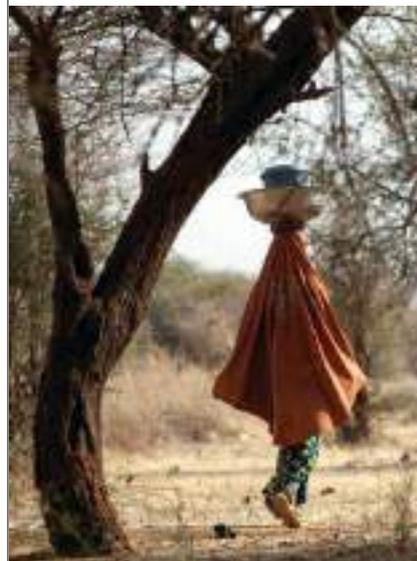
Miel et cire : 230 t/an de miel et 65 t/an de cire sur 2010-2014). Techniques traditionnelles de récolte et traitement : produits non exportables et consommés localement. Introduction de l'apiculture moderne depuis 15 ans : hausse de la qualité sanitaire.



Chasse : traditionnellement organisée par des confréries, elle couvrirait 20 à 50% des besoins locaux en protéines et rapporterait annuellement 400 millions de FCFA à l'Etat (permis, taxes sur trophées) et 500 millions de FCFA aux ménages (apport de protéines)

18

SOMMAIRE



1. Contexte
2. PFNL au Mali
3. Classification des PFNL
4. Inventaire des PFNL



19

Classification des PFNL

Classer les PFNL permet de rédiger les rapports, comprendre les utilisations et les demandes en PFNL, aider à harmoniser les méthodologies.

Les classifications peuvent reposer sur la diversité des produits, des utilisations, de la taxonomie, des caractéristiques de gestion, etc.

Classifications basées sur les produits ou utilisations finales : plutôt pour les études sur les marchés.

Quelques exemples de classification :



20

Approche douanière

Plantes vivantes et parties de plantes	Animaux et produits animaux	Produits préparés/manufacturés	Services
Plantes vivantes Parties de plantes (fraîche, coupée, séchée ou écrasée), collectées pour des utilisations spécifiques Parties spécifiques de plantes avec utilisations multiples, non incluses dans le groupe précédent Matériels végétaux non classés ailleurs Exsudats bruts et produits naturels semblables	Animaux vivants Produits animaux	Produits comestibles préparés (provisoirement préservés) Boissons préparées Nourriture animale/fourrage préparés Huiles végétales/grasses Graisses/huiles animales Cires préparées, d'origine animale ou végétale Extraits pour teindre et colorer, d'origine végétale ou animale Extraits phytopharmaceutiques/médicaments, préparations galéniques, médicaments, etc.	Services basés sur la forêt

Chandrasekharan, 1995



21

Approche par produit final

Éponges, bâtons à mâcher, produits de nettoyage pour dents	Fibres, fibres provenant d'écorce, jute, tissu	Produits alimentaires	Eau, boissons, vin	Plantes médicinales	Latex, caoutchouc, gommes et résines	Perles décorative
Eponge de bain Eponge et bâton à mâcher Produits de nettoyage pour dents Aphrodisiaque	Vannerie (nasses à poissons, meubles, ornements) Fibre de jute Laine Tissu Pilon	Fruits sauvages Édulcorants Neutralisants Légumes et champignons Feuilles comestibles	Eau Boissons Vin Intoxicants	Plantes médicinales	Latex Adultérants Glue Coagulants Gomme Résine Gomme de copal Gutta percha	Graines décoratives

Wyatt, 1991



22

Approche ethnobotanique

France et al., 1987	Edwards, 1991	Boon, 1980	Valkenburg, 1997	Salick et al., 1995
Comestible Matériel de construction Technologie Divers Remèdes Religion	Pas d'utilisation Usage général Bois d'œuvre PFNL non commercialisés PFNL commercialisés	Nourriture Combustible Construction Médicament Poisson Commercial Divers	Bois d'œuvre Bois à usage spécial Écorce/feuilles Graisse comestible Fruit Exudat Médicament Pas d'utilisation (dont le bois de feu)	Esthétique, donnant de l'ombre Construction Comestible Bois de feu Chasse Habitat animal Intoxicant Médicament Huiles Résines, etc. Bois d'œuvre Autres
Malhotra et al., 1991 Matière première pour la vente ou le traitement commercial Nourriture ou boissons de subsistance Fourrage animal Combustible Bois d'œuvre et fibres pour des outils et pour la construction Médicaments				



23

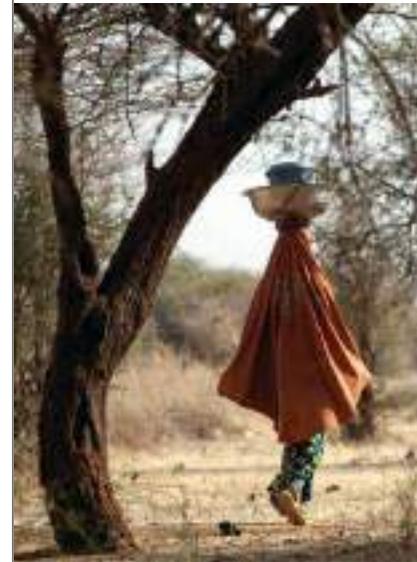
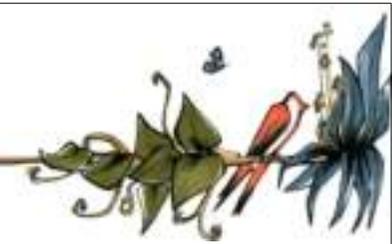
Approche orientée par l'inventaire



Groupe de PFNL	Description du groupe	Exemples	Commentaire
1	Parties d'arbre non ligneuses	Fruits, feuilles, brindilles	Peuvent être liées aux dimensions de l'arbre
2	Produits de plantes "ressemblant à des arbres"	Bambou, rotin	Dimensions relativement faciles à mesurer
3	Herbacées et autres plantes	Herbacées médicinales et aromatiques	Quelques propriétés spécifiques doivent être prises en compte au moment de l'intégration dans les inventaires forestiers standards

(d'après Kleinn *et al.*, 1996)

SOMMAIRE



1. Contexte

2. PFNL au Mali

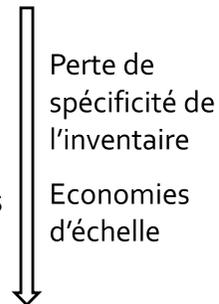
3. Classification des PFNL

4. Inventaire des PFNL

Quelles ambitions ?



1. Inventaire d'un seul PFNL
2. Inventaire de plusieurs PFNL à la fois
3. Inventaire de PFNL associé à d'autres inventaires
4. Extrapolation depuis un inventaire forestier



Inventaire mono-PFNL



Rare car coûteux.

Réservé aux produits à très haute valeur ou soumis à une législation spécifique.

Utile pour :

- Connaître les conséquences de l'exploitation d'un produit ;
- Évaluer le potentiel d'une espèce pour soutenir une demande accrue ;
- Évaluer le potentiel de production durable dans un territoire ;
- Localiser les zones de productions d'un produit commercial ;
- Déterminer des quotas de récolte pour des produits protégés ;
- Intérêt de la recherche pour un produit particulier.

Inventaire mono-PFNL : exemples

Type de produit	Conception de l'échantillonnage	Configuration des placettes	Énumération	Auteur
Ecorce d'arbre	Systématique (1%)	Carré de 50x50 m	Diamètre des arbres >10 cm	Acworth et al., 1996
Sève d'arbre	Campagne aérienne, 2 vols	11 sites possibles	Estimations visuelles	Zack, 1985
Fruit d'arbre	Transects subjectifs	Transect de 10 m de large et jusqu'à 1 km de long	Diamètre des arbres >10 cm	Shankar et al., 1996
	Six transects systématiques distribués en rayon (placettes tous les 100 m sur une section de 3 km de long)	Carré autour d'un point central	Diamètre des arbres >3 cm et des souches >50 cm	Schreckenberg, 1996
Fibre de palmier	Stratifié Océole et podzols : plan des placettes non indiqués Bob à gly : placettes linéaires de 600 m de long, 50 m entre les placettes	Océole et podzols : rectangle de 100x50 m Sol à gly : méthode des carrés centrés	Hauteur mesurée pour tous les troncs de la placette	Lescur et al., 1992

Inventaire mono-PFNL : exemples

Roisins	Sélection subjective du site	Parcelle unique de 3 ha (300x100 m) divisée en sous-parcelles de 10x10 m	Comptage des bouquets et des troncs	Brookdale, 1994
	Échantillonnage à plusieurs niveaux Sélection aléatoire de 32 blocs principaux sur 123	Trois blocs secondaires de 1 ha sélectionnés dans chacun des blocs principaux choisis	Comptage des cheuemes commerciales et non commerciales dans chacune des placettes	Bierne & Shatt, 1982
Fibre d'herbacées	Transects en ligne, distribution non indiquée	Parcelle circulaire de 50 m ² tous les 10 m	Comptage et pourcentage du couvert des plantes dans la parcelle	Cevallos, non daté
Tubercules	Quatre sites - localisation des parcelles non indiquées sur 4 à 9 transects pour chaque site	Transects de 4 m de large et jusqu'à 2.5 km de long	Comptage des fides d'agrumes	Hadi & Downes, 1993
Grands oiseaux	Sentiers et pistes disponibles (aléatoires - biais)	180 transects de largeur variable	Comptage des individus	Silve & Strahl, 1991
Tapir	Transects en ligne localisés de manière aléatoire Transects le long des rivières	Méthode d'échantillonnage linéaire	Indirecte (traces)	Fragosa, 1991

Inventaire multi-PFNL

Obtention d'une information quantitative pour aider à la gestion de plusieurs PFNL dans un même territoire.

Recensement sur de petites zones

Précis mais ne tient pas compte de la difficulté liée à la recherche de certains PFNL (animaux, petites herbacées ou épiphytes).

Erreurs souvent non quantifiées (un seul échantillon).

Enquêtes coûteuses.

Echantillonnage forestier par placette

S'appliquera aux espèces végétales.

Inventaire forestier incluant les PFNL

Méthode la plus répandue.

Bonne qualité statistique d'information.

Difficulté de gérer la saisonnalité des PFNL et d'en trouver certains (herbacées, épiphytes, animaux).

Délicat pour les espèces demandant une expertise botanique, entomologique ou ornithologique spécifique.

Certains PFNL demandent des méthodes spécifiques (animaux nocturnes).

-> Dans les faits, les protocoles d'inventaires sont souvent conçus pour le bois, les autres informations sont additionnelles. En général, aucun animal n'est inclus.

Extrapolation depuis les inventaires forestiers

Quand des arbres producteurs de PFNL sont pris en compte dans les inventaires forestiers, ces inventaires peuvent servir de base à l'évaluation des PFNL correspondant.

On se passe ainsi d'organiser un nouvel inventaire.

Par exemple, on peut utiliser des productions moyennes par arbre ou par m³ d'arbre.



32

Ressource, rendement, évolution

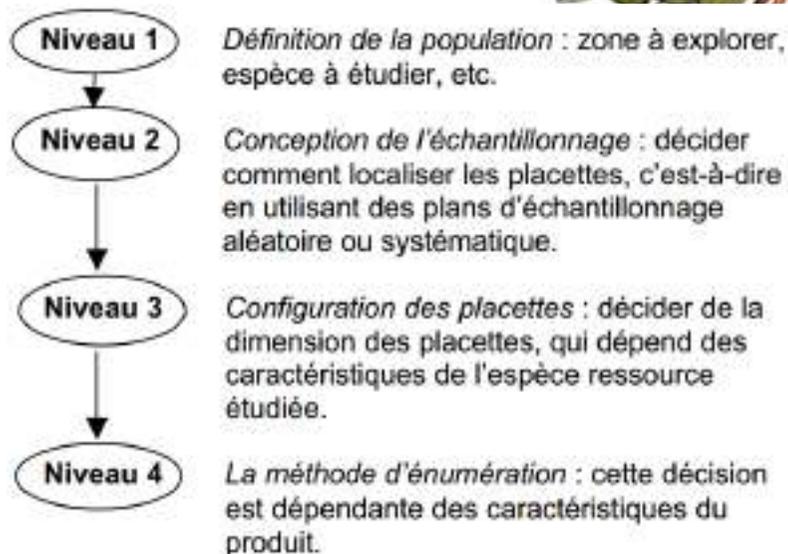
On peut évaluer plusieurs types de quantités :

- Les **inventaires de ressource** permettent l'état des lieux d'une quantité de PFNL ou d'organismes produisant des PFNL à un moment donné.
- Les évaluations de **rendement** vont permettre de connaître la production de PFNL au cours du temps ou la quantité de PFNL collectée (rendement biologique / rendement utile).
- Les conditions de production de PFNL évoluent au cours du temps (croissance et mortalité des végétaux, impacts des prélèvements, etc.). Ces **évolutions** peuvent être suivies.



33

Base de la conception de l'inventaire



34

Niveau 1 : Population

Définition fondée sur :

- L'objectif de l'inventaire (pour qui, pour quoi) ;
- L'information nécessaire pour atteindre cet objectif (la distribution de l'espèce, la densité, la distribution des classes de taille, etc) ;
- L'état actuel du PFNL (distribution, niveau de menace) ;
- Le niveau de connaissance locale relevé sur le PFNL ;
- Le temps et les fonds disponibles pour l'évaluation ;
- Le niveau de compétences disponibles pour l'évaluation.



35

Niveau 2 : Echantillonnage



Rappels sur l'échantillonnage :

Méthode permettant d'évaluer une population en observant un échantillon (voir [Présentation 5](#)).

En plus de l'indicateur (ex : poids moyen/ha), on calcule une **précision** et un **niveau de confiance**.

Un échantillonnage doit :

- Etre conçu objectivement ;
- Avoir un nombre d'échantillon suffisant pour atteindre les objectifs de précision/niveau de confiance ;
- Se fonder sur des échantillons indépendants.



36

Niveau 2 : Echantillonnage



Inventaires PFNL en lien avec un inventaire forestier

Echantillonnage double

On échantillonne distinctement de l'inventaire principal, afin de réduire le nombre de mesures.

- Prévoir une variable commune avec l'échantillonnage principale (pour extrapolation).
- Couvrir la gamme complète des sites de l'inventaire principal.

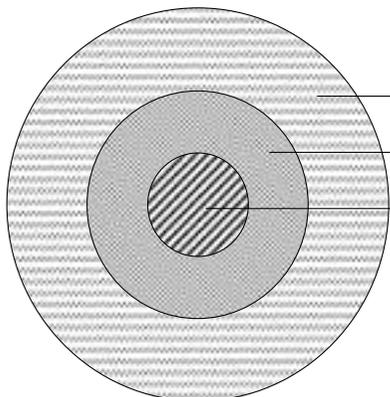
Echantillonnage multi-étages

On mesure les PFNL dans des sous-placettes. Utile quand les conditions stationnelles influencent le rendement.



37

Niveau 2 : Echantillonnage



Inventaire des arbres

Inventaire des arbustes

Inventaire des herbacées



38

Niveau 2 : Echantillonnage



Erreurs souvent commises

- Echantillons choisis de manière subjective (22% des études) ou opportuniste (13%)
- Nombre d'échantillons limité (29% des études <5 échantillons, 30% entre 5 et 30)
- Echantillons non indépendants

Si l'étude de la FAO est représentative, cela veut dire que la plupart des données disponibles sur les PFNL sont très peu fiables !



39

Niveau 3 : Type de placettes

Type de placette	Configuration	Discipline	Description	Exemples de PFNL
Zone fixe mesurée	Transect	Inventaire de plantes et d'animaux	Banques étroites et longues, sur lesquelles tous les individus intéressants sont échantillonnés. Largeur fixée, longueur parfois variable	FitzGibbon et al., 1995; Lohm, 1993; Sunderland et Tchoute, 1999
	Placettes à surface fixe mesurée	Foresterie	Zones mesurées carrées, rectangulaires ou circulaires, schéma en quadrats pour des zones plus petites	Le type le plus commun de placette, Minn, 1988; Sato, 1960; Sharma et Bhatt, 1960; Weng, 1998
	Placettes par bouquets	Foresterie	Schéma fixe de sous-placettes qui ne se touchent pas	Rai et Chatter, 1998
	Intersection avec un plan	Inventaire de plantes	On compte les tiges qui traversent un plan imaginaire, p. ex. à 1.3 m de la surface du sol	Aucun - suggéré par Patten et al., 1999 et Shiel, 1997 pour les plantes grimpantes
	Transect linéaire de placettes	Inventaire de plantes	Les placettes sont situées le long d'un transect (d'habitats, les distances le long de la ligne sont fixées, dans ce cas, il s'agit d'un échantillonnage systématique)	Geldenhuys et Merwe, 1998; Sullivan et al., 1995
Placette fixe mesurée	Volumes, p. ex. un cylindre	Inventaire de plantes	Les individus sont comptés et mesurés à l'intérieur d'un volume fixe	Aucun
	Stations d'écoute	Inventaire de faune	Stations d'écoute pendant une période déterminée, principalement pour les cris d'oiseaux ou de primates à certains moments bien spécifiques du jour ou de la nuit	Aucun
	Campagne de chasse	Inventaire de faune	Données collectées de tous les animaux rencontrés pendant un jour de chasse	Noon, 1998 et Noon, 1999

Niveau 3 : Type de placettes

Placettes d'échantillonnage variables	Echantillonnage à distance	Inventaire de faune	Observations faites en restant sur le point d'échantillonnage pendant une période de temps fixe ou se déplaçant à une allure fixe le long d'une ligne. Distances mesurées entre les individus/groupes observés et la ligne. Utilisation du programme DISTANCE pour calculer la densité	White, 1994; Bodmer et al., 1994; Bodmer, 1995; Silva et Strahl, 1991				
Surface non mesurée	Inventaire botanique rapide (IBR)	Inventaire botanique	Zones dans une unité de paysage spécifique sur laquelle les échantillons sont collectés - parfois grossièrement mesurés, du fait du temps pris pour compléter la collecte, c'est-à-dire moins d'une nouvelle espèce rencontrée en 30 minutes	Haethorne et Abu-Jum, 1995				
					Echantillons en points	Points quadrats	Ecologie des plantes	Cadres de superficie fixe et contenant une distribution de segments utilisés pour identifier des points servant à l'échantillonnage de la couverture végétale
Echantillonnage sans surface	Points d'échantillonnage	Diagnostic environnemental	Paramètres choisis mesurés en un point unique, comme p. ex. une fosse pédologique, la pluviométrie, etc.	Aucun				
					Echantillonnage d'angle	Foresterie	Comptage/mesure des arbres qui prennent un angle plus grand qu'un angle constant à partir d'une position fixe - utilisations de prismes, rétroscopes, etc.	Aucun
Caré centré	Ecologie des plantes	Les arbres les plus proches du point d'échantillonnage dans quatre quadrats	Schreckenborg, 1998; Lesure et al., 1992					
	Le plus proche individu	Inventaire botanique	Nombre fixe des individus les plus proches du point d'échantillonnage	Singh et Dogra, 1996; Pinard, 1993; Shiel, 1997				

Niveau 3 : Type de placettes

Pour suivre dans le temps (sur plusieurs années) l'évolution d'une ressource, on utilise des **placettes permanentes**.

Les données d'inventaire fournissent une information instantanée sur la distribution et l'abondance d'une espèce ressource.

La mise en œuvre de plans de gestion durables nécessite également des données fiables sur la dynamique de l'espèce, y compris des informations collectées sur de longues périodes de temps :

- Dynamique de population - régénération, taux de mortalité, migration ;
- Taux de croissance et modèles ;
- Productivité ;
- Impacts de récolte sur l'espèce qui est récoltée.

Niveau 4 : Méthode d'énumération

Caractéristiques à considérer

- La forme de vie de l'espèce cible - un arbre, des moisissures, du rotin, un oiseau, etc. ?
- La saisonnalité - le produit est-il disponible seulement à un seul moment de l'année ?
- La partie du produit utilisée - l'individu entier est-il récolté, ou juste une partie, comme le fruit ou les feuilles ?
- Les dommages causés par la récolte - le prélèvement du produit tue-t-il l'individu ou non ?
- La mobilité - les individus se déplacent-ils ou restent-ils sur place ?
- La distribution et la dispersion - où sont les individus et à quelle distance se dispersent-ils ?
- La visibilité - les individus sont-ils faciles à voir ?

Niveau 4 : Méthode d'énumération

Méthode	Forme de vie	Description
Comptage	Toutes - immobiles	Comptage des individus ciblés dans la placette
Présence-absence	Toutes	On relève la présence des individus ciblés dans la placette (p. ex. inventaire de biodiversité, placettes ethnobotaniques de 1 ha)
Mesure de biomasse	Plantes et animaux - les plus grands	La mesure de la taille de tous les individus dans la placette (p. ex., la largeur des feuilles, le diamètre de la tige, la hauteur, le stade de développement) - (Jainwala, etc)
Couvertures	Plantes	On relève le pourcentage de la placette couvert par l'espèce cible
Abondance relative	Toutes	Nécessite de données de l'espèce cible dans la placette, selon des classes subjectives, p. ex. faible, moyen, élevé, les échelles de Braun-Blanquet ou de Domin pour les plantes
Piégeage	Mobiles - animaux et microorganismes d'arbres	Capture des individus pour les compter et les mesurer, p. ex. avec des filets de brousse, des pièges Sherman, des pièges à graines
Piégeage partiel	Petits animaux (quand la perte de la population n'est pas critique)	Capture des individus et prélèvement dans la population, se répète sur une période temps et utilise un modèle exponentiel des taux de capture décroissants pour extrapoler la population initiale
Recapture d'individus marqués	Animaux (fruits de palmier, voir Phillips, 1963)	On capture des individus, on les marque (coupure au niveau d'un doigt de pied, étiquette, peinture, etc), on les relâche et on les recapture. Utilisation du nombre d'individus recapturés pour évaluer la population totale. Beaucoup de variations (voir Greenwood, 1980)
Echantillonnage DISTANCE	Animaux	On relève la distance entre un point d'observation et le cible et on utilise l'analyse Pointaire pour évaluer la population cible
Réponse à un appel	Oiseaux	On reproduit des comportements de ces oiseaux et on compte le nombre de réponses
Méthodes indirectes/invisibles	Toutes	On compte les poils, excréments, nids ou d'autres signes facilement observables et on utilise des méthodes de régression pour évaluer la taille de population cible

Niveau 4 : Méthode d'énumération

Pour évaluer les **rendements**, il existe un très grand nombre de méthodes, même pour un seul type de produit (fruits par exemple), en fonction de :

- L'écologie (le fruit tombe-t-il quand il est mûr ? La collecte stimule-t-elle la production de fruits ?)
- La structure de l'arbre (les fruits sont-ils accessibles ?)
- Les objectifs de l'évaluation (s'intéresse-t-on au poids ? Aux dimensions ?)
- La propriété de l'arbre (plusieurs personnes collectent-elles les fruits ?)

Niveau 4 : Méthode d'énumération

Variable	Méthodologie	Source
Rendement fruitier par saison	Collecteurs au niveau du sol. Quatre arbres sélectionnés ont été choisis. 15 placettes de 1 m ² ont été localisées de manière aléatoire sous le houppier. Le nombre de fruits mûrs, consommés, vendus et mûrs est relevé tous les 7-10 jours sur chaque placette.	Peters, 2006
Rendement fruitier par saison	Le fruit est compté in situ sur des arbres échantillons à intervalles fréquents (chaque semaine). Le fruit compté est marqué avec de la peinture pour éviter de le compter deux fois.	Peters, 2006
Fruits, feuilles, etc.	Echantillonnage de branche altéatoire. Un schéma de branche est défini par un nombre d'entre-nœuds. La trajectoire du tronc au bout de la branche choisie est réalisée à l'aide d'une sélection aléatoire à chaque branche. Les fruits, feuilles, etc. sont comptés sur l'extrémité la plus distante de la trajectoire. La mise en commun résulte de plusieurs branches sélectionnées au hasard et constitue une méthode non destructive, précise et fiable sur le plan statistique pour estimer le rendement fruitier d'un arbre. Il existe plusieurs perfectionnements de la méthode, comme p. ex. le choix d'un chemin proportionnel à la taille des entre-nœuds, basé sur l'importance de l'échantillonnage, etc.	Gregoire et al., 2005 Jensen, 1965 Nguruki, 1997
Feuilles	Le modèle en tube. Une technique de régression non destructive pour estimer la biomasse et la surface d'une feuille à partir de la surface d'une section transversale d'une branche. Le modèle du tuyau est basé sur le constat que le taux de transpiration de la canopée est proportionnel à la surface des feuilles, la surface transversale des tiges vasculaires et la conductivité des tiges transportant l'eau. La taille du tronc est donc proportionnelle à la masse et à la surface des feuilles. On peut donc estimer la masse et la surface des feuilles en mesurant la surface d'une section transversale d'une tige (NS : il faut être très précis -mm). Les branches échantillonnées sont choisies systématiquement pour représenter les différentes hauteurs de branches. La régression qui résulte de l'analyse n'a pas de constante.	Nyberg et al., 1983

Niveau 4 : Méthode d'énumération

Feuilles de palmier	Toutes les feuilles sont mesurées. Les feuilles partiellement ouvertes sont comptées comme des fractions de feuille ouverte. La longueur des feuilles est mesurée chaque mois pour suivre la croissance.	Cunningham, 1968
Croissance des troncs de palmiers	Les cicatrices des feuilles sont comptées à intervalles d'un mois. La croissance du tronc est quantifiée avec l'augmentation en hauteur par cicatrices de feuille.	O'Rourke & Alvarez-Buylla, 1995
Âge des palmiers	Comptage des cicatrices de feuilles, on suppose un taux constant de production de feuilles pour donner des estimations sur l'âge et le nombre d'années nécessaires pour atteindre des hauteurs déterminées.	Pineard, 1992
Taille des bulbes	Mesure de la largeur maximum de la feuille la plus longue de chaque plante. L'analyse de régression, réalisée sur un échantillon aléatoire de 50 plantes sur chaque site, a montré que la largeur maximum de la feuille la plus longue est fortement corrélée à la surface totale des feuilles. Il a déjà été montré que la surface totale des feuilles est un indicateur de la taille des bulbes.	Rock, 1996
La biomasse de bambou	Mesure de la dimension des bouquets sur des axes orthogonaux au niveau du sol, à 1 mètre et au niveau de la canopée sur toute son extension. Les résultats sont cartographiés comme des ellipses concentriques. La biomasse est déterminée grâce au volume du cône projeté vers le haut depuis la base du bouquet. Indice du site = \sum volume des bouquets / densité des bouquets sur la placette. Surface des bouquets de site = 2 surface de bouquet	Widmer, 2006
Poids de viande de brousse	Relevés opportunistes du poids des animaux capturés dans trois villages, méthode utilisée pour compléter le recensement animal.	Lahrn, 1993

Extrapolation

Méthode	Description	Utilisation	Exemple
Facteur unique de conversion	La méthode la plus simple consiste à multiplier le rendement moyen par individu par le nombre total d'individus évalués par l'inventaire. Les ajustements peuvent utiliser seulement des individus accessibles ou de taille commerciale, issus de l'inventaire.	Cette méthode est la plus appropriée quand la taille d'individus ne varie pas beaucoup ou n'est pas liée à la quantité de produit.	Viande de brousse. La seule moyenne du poids corporel peut être appliquée à la population entière pour évaluer la biomasse totale de la viande de brousse (Lahm, 1993).
Le rendement fonction de la taille	Les méthodes les plus simples impliquent de séparer les individus par classes de taille, et de calculer un facteur de conversion pour chaque classe. Les ajustements de la méthode impliquent de relier, par des équations de régression, le rendement à une autre caractéristique mesurable des individus, comme la longueur ou l'épaisseur de l'écorce.	Cette méthode est la plus appropriée lorsque le rendement est fortement lié à la taille - c'est-à-dire plus l'individu est grand, plus le rendement global est élevé.	Méthodes traditionnelles. Utilisation du diamètre à hauteur de poitrine comme indicateur du rendement en volume de l'arbre. Rendement d'écorce d'ifs : on suppose que l'arbre est conique et la zone où se trouve l'écorce est la surface du cône. Volume d'écorce = surface x épaisseur. Le poids de l'écorce est alors estimé, en utilisant un facteur de conversion de poids sec/vert, comme le volume x 0.4 (Jong et Bonner, 1995).

Valorisation des savoirs locaux

Les savoirs locaux sont une source de connaissances permettant de concevoir les protocoles :

- L'inventaire est-il nécessaire ?
- Quel échantillonnage est adapté ?
- Quelle méthode d'énumération ?
- etc.

Difficulté : il faut savoir mettre en correspondance les noms vernaculaires et scientifiques.



DIRECTION NATIONALE DES EAUX ET FORETS
PROGRAMME DE GESTION DECENTRALISEE DES FORETS - GEDEFOR II

P12

Evaluer la valeur économique des biens et services écosystémiques



SOMMAIRE

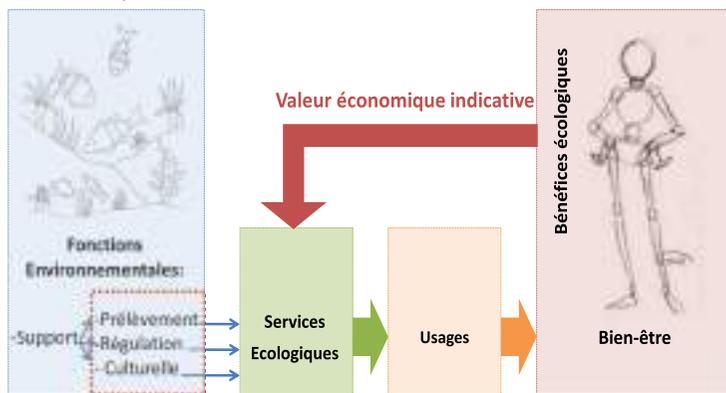


1. Contexte
2. Méthodologies
3. BSE particuliers
4. Exemple

Valeurs produites par les forêts

Les forêts produisent des biens et services contribuant au bien-être de populations riveraines ou éloignées.

Tous ne sont pas matériels, ni directs.



Classification des valeurs

Selon le Millenium ecosystem Assessment (2005)

Services de prélèvement <i>Produits issus des écosystèmes</i> Nourriture Eau douce Bois de feu Fibres Produits biochimiques Ressources génétiques	Services de régulation <i>Bénéfices issus de la régulation des processus écosystémiques</i> Régulation du climat Régulation des maladies Régulation des quantités d'eau Epuration des eaux	Services culturels <i>Bénéfices immatériels issus des écosystèmes</i> Spirituels et religieux Récréation et tourisme Esthétiques Sources d'inspiration Educatifs Instinct géographique Héritage culturel
Services d'auto-entretien <i>Services nécessaires à la fourniture de tous les autres services écosystémiques</i> Constitution des sols Développement des cycles nutritionnels Production primaire		

Intérêt d'estimer ces valeurs

La valeur des biens et services écosystémiques (BSE) est insuffisamment reconnue.

Estimer cette valeur permet d'accroître la reconnaissance des BSE et d'éclairer la prise de décision.

La valeur des BSE peut justifier et parfois calibrer la mise en place d'outils économiques, en démontrant l'amélioration de bien-être social qui peut en découler.

Enjeux

L'identification, la caractérisation et la hiérarchisation des BSE

L'appréciation des transferts de coûts et bénéfices entre acteurs

La sensibilisation des acteurs économiques à l'importance des BSE

Les réflexions et dialogues dépassant le cercle des acteurs forêt/environnement et facilitant l'intégration entre politiques sectorielles

L'intégration de la valeur des BSE dans les évaluations socio-économiques et les indicateurs macro-économiques (par ex. pour la comptabilité nationale)

Difficultés

Ces évaluations ont des limites :

- Il existe de nombreuses méthodes et le choix de certaines d'entre elles modifie les résultats
 - La connaissance des processus écologiques est parfois limitée
 - Il peut être difficile d'appréhender certaines valeurs de non-usage
 - L'exercice nécessite de faire des hypothèses simplificatrices
 - La disponibilité des données est généralement limitée
- > Prudence et transparence quant au cadre d'analyse, aux hypothèses et aux objectifs choisis ; Outil à utiliser de façon complémentaire des autres déterminants de la décision

SOMMAIRE

1. Contexte
2. Méthodologies
3. BSE particuliers
4. Exemple



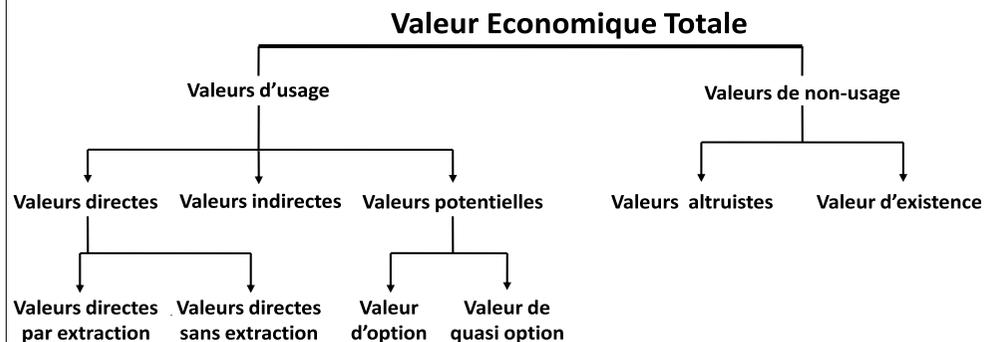
Salvo Terra

8

Méthodes : généralités

Les méthodes sont fonction :

- Du type de **service** et de **valeur** considéré
- Du cadre d'analyse et des **objectifs** de l'évaluation
- Du contexte local et des **données disponibles**



Méthodes : catégories

Préférences révélées à partir de données d'observation de comportements

Valeur calculée à partir de données liées aux BSE de façon directe (ex. prix de marché du bien étudié) ou indirecte (ex. dépenses liées à l'usage du service)

Applicable uniquement pour certains biens et services (biens vendus sur des marchés, usages récréatifs, paysage)

Perçues comme plus fiables mais nécessitent plus de données

Méthodes : catégories



Préférences déclarées au cours d'enquêtes présentant des marchés ou situations hypothétiques

Applicable à tous les biens et services, particulièrement utile pour ceux de valeur peu tangible (culturelle, de non-usage...)

Plus complexe et coûteux

Méthodes : catégories



Préférences révélées	<ol style="list-style-type: none">1. Prix de marché2. Coûts de remplacement ou d'évitement3. Prix hédoniques4. Coûts de transport
Préférences déclarées	<ol style="list-style-type: none">1. Evaluation contingente2. Choix multiples ou « choice modeling »

Prix de marché



S'applique aux BSE marchands

La valeur du bénéfice lié à l'usage du service est exprimée par le revenu (ou partie du revenu) que l'individu retire de l'échange d'un bien à la production duquel le service écosystémique a contribué, partiellement ou totalement (ex. bois de chauffage)

Les données sont observées sur les marchés liés aux biens et services considérés.

La méthode est robuste car reflète correctement les arbitrages réalisés par les individus

Cette méthode nécessite de disposer de données fiables relatives aux marchés ciblés et adaptées à l'échelle d'observation

Coûts de remplacement ou d'évitement



Services écosystémiques non marchands, qui concernent le plus souvent des biens et services collectifs (ex. services de régulation)

Valeur du bénéfice lié à l'usage du service : coût que la collectivité (ou l'individu) devrait supporter si le service écosystémique n'était pas disponible (ex. service de lutte contre l'érosion)

Données issues de marchés proches de ceux qui pourraient être appliqués aux biens/services étudiés

Méthode relativement robuste : préférences révélées des agents sur des marchés - mais ne correspondant pas directement à l'objet d'étude

Prix hédoniques



Services écosystémiques marchands

Valeur du bénéfice retiré de l'usage du service ou surplus de valeur généré par la présence du service écosystémique lors de l'échange du bien correspondant (ex. influence du paysage sur la valeur de biens immobiliers)

Données issues du marché correspondant au service étudié

Méthode robuste : préférences révélées

Nécessite une grande quantité de données relatives au marché ciblé, à la situation géographique des biens, leurs caractéristiques physiques, etc.

Coûts de transport



Services écosystémiques liés à des **pratiques individuelles faisant intervenir des dépenses**

Valeur du bénéfice retiré de l'usage du service comparé aux **dépenses engagées pour utiliser le service écosystémique** (ex. dépenses liées à la visite d'un parc naturel)

Données issues des marchés correspondants au service étudié.

Méthode **robuste** : préférences révélées

Nécessite **une grande quantité de données** relatives aux dépenses et aux arbitrages lorsque l'usage observé s'inscrit dans une dynamique plus large (ex. voyage à multiples destinations)

Nécessite souvent la collecte de données disponibles localement ainsi que d'informations plus fines via des **enquêtes de terrain**

Evaluation contingente



Usages individuels non marchands.

Valeur du bénéfice retiré de l'usage du service : **consentement à payer** de l'individu **pour l'accès au service** ou consentement à recevoir en compensation de la perte de l'accès au service (ex. intérêt porté à la protection d'une espèce en danger)

Données issues d'une **enquête de terrain** par questionnaire

Méthode **relativement robuste** : reflète des arbitrages individuels mais s'appuie sur des préférences déclarées, non contraintes par une réalité concrète

L'enquête permet difficilement d'isoler les comportements relatifs à un service écosystémique particulier

Nécessite les **conditions de réalisation d'une enquête rigoureuse**

Choix multiples



Evaluation des bénéfices relatifs à des **changements d'état de services écosystémiques**

Valeur mesurée : **consentement à payer pour accéder à** – ou à recevoir en compensation de la perte d' – **un état environnemental** qui donne accès à un panel de services écosystémiques

Données issues d'une enquête de terrain par questionnaire, faisant intervenir **différents scénarios d'état environnemental**

Méthode **relativement robuste**: préférences déclarées

+ La confrontation de scénarios permet aux individus de mieux se projeter dans des situations hypothétiques

Nécessite les **conditions de réalisation d'une enquête rigoureuse** et l'utilisation d'un **support visuel**

Choix multiples

	« Status quo » (sans de gestion)	Alternative 1	Alternative 2
Degré de diversité biologique des espaces forestiers	1 espèce (un d'arbre), faible niveau de biodiversité	7 espèces, très haut niveau de biodiversité	3 espèces, niveau moyen de biodiversité
% des forêts à usage récréatif	10%	25%	55%
Stockage de carbone équivalent aux émissions de:	10 000 personnes/an	25 000 personnes/an	40 000 personnes/an
Surface de forêt détruite par les incendies	1 200 hectares	400 hectares	800 hectares
Coût de gestion additionnel	0 €/an	100 €/an	60 €/an

SOMMAIRE



1. Contexte
2. Méthodologies
3. BSE particuliers
4. Exemple



20

Biodiversité

Il s'agit d'évaluer la valeur de la conservation d'une ou plusieurs espèces ou la conservation d'un habitat ou d'un espace.

Les méthodes employées sont généralement celles basées sur les préférences déclarées : évaluation contingente ou choix multiples.

Protection des ressources en eau

La protection des ressources en eau concerne :

- La conservation des sols (→ réduction de l'érosion et de l'envasement)
- La régulation du cycle de l'eau (dont protection contre les inondations et tempêtes)
- L'approvisionnement en eau
- La régulation de la qualité de l'eau

La méthode coût de remplacement ou d'évitement est souvent mobilisée.

Ce service est moins étudié que la biodiversité, notamment du fait des relations complexes entre forêt et eau

Stockage de carbone

Le stockage du carbone par les arbres a une utilité sociale car permet de lutter contre les changements climatiques et ses conséquences (sécheresses, perturbation des calendriers agricoles, augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes).

Les bénéfices sont mondiaux et très diversifiés.

On évalue généralement le coût d'évitement des dommages. L'évaluation contingente (consentement à payer) est également mobilisée.

Il faut noter que le carbone a un prix de marché.

Usages récréatifs

Ces usages font l'objet de nombreuses évaluations.

Elles permettent de planifier :

- L'accès à la forêt ou à certains secteurs récréatifs
- L'amélioration ou le développement d'activités de récréation
- L'amélioration ou le maintien de la gestion forestière

Les méthodes des coûts de transports et d'évaluation contingente sont les plus courantes.

Esthétisme

Paysages appréciés depuis les propriétés ou lors de déplacements, ayant parfois des impacts sur les prix immobiliers

Les méthodes mobilisées comprennent les prix hédoniques, l'évaluation contingente et les choix multiples

Les études sont souvent proches des évaluations des services récréatifs (corrélation paysage – attractivité pour la récréation)

Groupe	Biens ou service	Prix de marché	Coûts de remplacement / compensation	Prix hédoniques	Coût de transport	Eval. Contingente	Choix multiples
Ressources	Bois d'œuvre	+	o	-	-	-	-
	Bois de feu	+	o	-	-	-	-
	Liège	+	o	-	-	-	-
	Nourriture	+	o	-	-	-	-
	Fourrage	+		-	-	-	-
	Matériaux de déco.	+	o	-	-	-	-
	Chasse	+	o	-	-	-	-
	Plantes médicinales	+	o	-	-	-	-
Biosphère	Biodiversité	-	o	-	-	+	+
	Climat	-	+	-	-	+	+
	Air	-	+	-	-	+	+
Ecologie	Carbone		+	-	-	+	+
	Santé	-	+	-	-	+	+
	Eau (qté)	-	+	-	-	+	+
	Eau (qlté)	o	+	-	-	+	+
Social	Sols	o	+	-	-	+	+
	Récréation	o	o	-	+	+	+
	Tourisme	o	o	-	o	+	+
Aménités	Spiritualité et culture	-	-	-	-	+	+
	Histoire et éducation	-	-	-	-		+
	Esthétisme	-	o	+	o	+	+

Synthèse

+: méthode généralement employée
o: méthode parfois employée
-: méthode inapplicable

SOMMAIRE

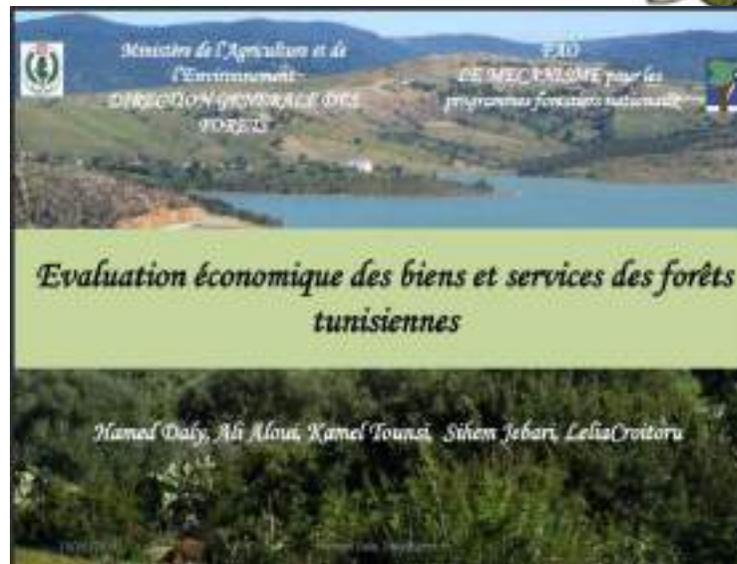


1. Contexte
2. Méthodologies
3. BSE particuliers
4. Exemple



27

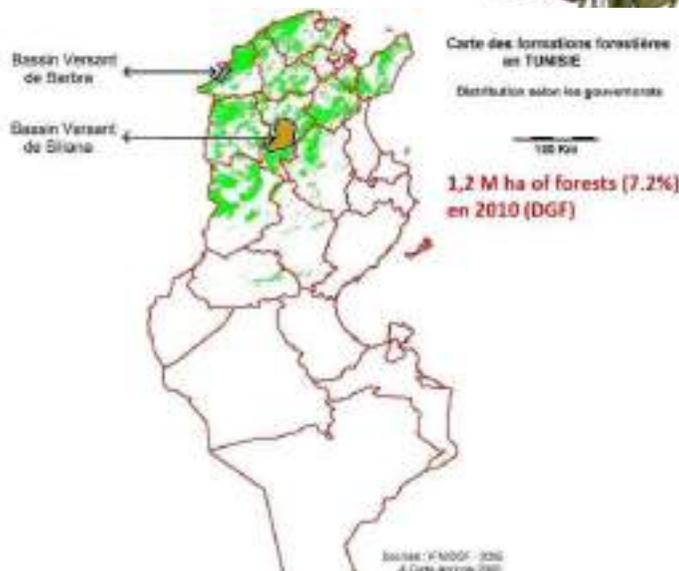
Présentation de l'étude



Présentation complète téléchargeable :

http://planbleu.org/sites/default/files/upload/files/presentation_atelier_foret1_2_eval_forets_tunisie_HDALY.pdf

Bassins versants Barbra et Siliana

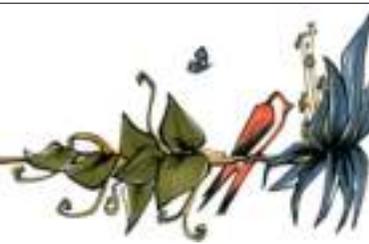


Méthodes



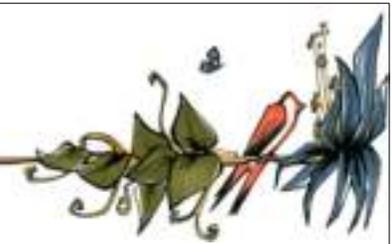
Produit ou service	Indicateurs physiques	Indicateurs économiques
Liège et bois d'œuvre	Production moyenne 1999-2010 (Régie d'exploitation forestière)	Prix de vente par adjudication - coûts d'exploitation
Bois de feu	Qté de bois consommée par les ménages ou disponibilité	Prix de vente par adjudication - coûts d'exploitation
Fourrage	Production fourragère (Inventaire forestier et pastoral national)	Prix de l'orge
Glands	Quantité ramassée par les ménages (Procès verbaux d'aménagement ou estimation basée sur la production)	Prix de l'orge
Plantes arom. Et médicinales	Surface occupée par le maquis de lentisque	Prix de vente des droits d'exploitation par adjudication
Cônes de pin d'Alep	Production estimée	Prix du marché - coût de la main d'œuvre
Cônes de pin pignon	Production estimée	Prix du marché - coût de la main d'œuvre
Champignons	Surface de la forêt de chêne liège x prod estimée par hectare	Prix de vente par adjudication
Romarin	Surface allouée à la récolte	Prix de vente par adjudication
Miel	Nombre de ruches	Valeur de location des ruches

Méthodes



Produit ou service	Indicateurs physiques	Indicateurs économiques
Caroubes	Quantité récoltée	Prix - coût de collecte
Escargots	Quantité ramassée	Prix - coût de collecte
Chasse	Quantité de gibier	Prix des animaux
Réduction de la sédimentation	Différence de quantité de sédiments entre la forêt et les parcours dégradés	Coût d'opportunité de l'eau
Conservation des terres agricoles	Surface des terres de céréale a proximité des ravins protégés	Pertes évitées de revenu agricole
Séquestration du carbone	Accroissement en bois et matière organique des sols	Prix international du C
Conservation de la biodiversité	Nombre de personnes affectées à la supervision et au gardiennage	Dépenses de supervision et gardiennage
Pertes de BSE dues aux incendies	Surface incendiée (1999-2009)	Coût des dommages actuels et futurs
Dommages agricoles liés au gibier	Nombre de jardins familiaux	Coût de la clôture

Collecte de indicateurs physiques



Produits forestiers : inventaire, Régie d'exploitation forestière, Commissariats régionaux au développement agricole, PV d'aménagement, publications scientifiques et enquêtes ciblées

Erosion et sédimentation : modèles hydrologiques

Carbone : données du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC)

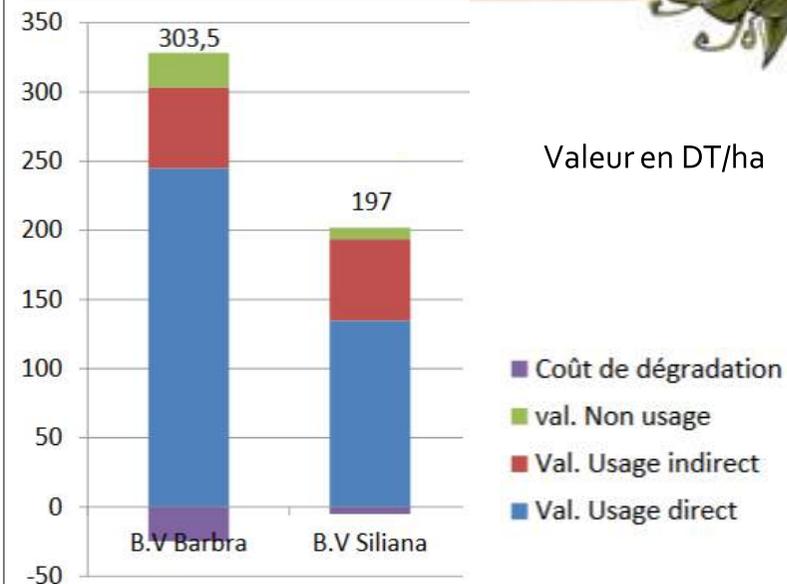
Collecte de indicateurs économiques



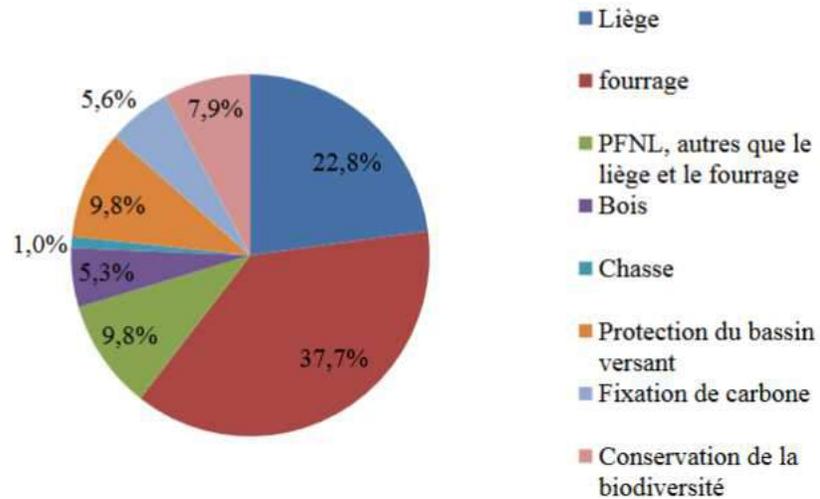
Prix de vente des produits : résultats d'adjudication ou enquêtes de marché

Coûts de remplacement : observation des prix de produits de substitution : eau du réseau, orge, etc.

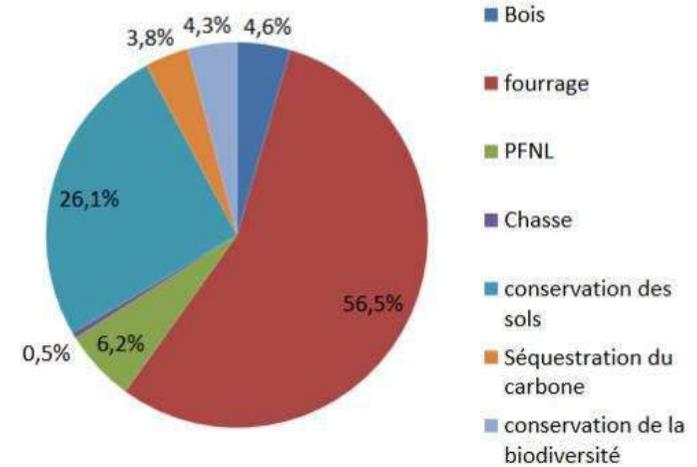
Résultats



Résultats - Barbra



Résultats - Siliana



DIRECTION NATIONALE DES EAUX ET FORETS
PROGRAMME DE GESTION DECENTRALISEE DES FORETS - GEDEFOR II

P13

Bases sur les
enquêtes



Adapté d'une présentation de A. Nouredine, 2013

1

SOMMAIRE



1. Démarche

2. Echantillonnage

3. Questionnaire

4. Analyse et présentation

Saba Terra

2

Etapes de l'enquête

- Définition des objectifs
- Détermination de l'échantillon
- Détermination de la forme de l'enquête
- Elaboration du questionnaire
- Pré-test
- Collecte des données
- Dépouillement et analyse des données
- Présentation des résultats



3

Définition des objectifs

Définir précisément le problème qui doit être traité.

Afin de tirer le meilleur profit des résultats de l'étude, il est indispensable de savoir ce que l'on recherche.

Connaître les données dont on a besoin permet de concevoir un instrument capable de les produire.



4

SOMMAIRE



1. Démarche
2. Echantillonnage
3. Questionnaire
4. Analyse et présentation



5

Définitions

Recensement : Enquête complète ou enquête exhaustive, c'est une enquête au cours de laquelle toutes les unités de base de la population sont observées.

Sondage : Enquête incomplète, enquête partielle ou enquête par échantillonnage, c'est une enquête au cours de laquelle seulement une partie des unités de base de la population sont observées.

Echantillon : ensemble des unités de base sélectionnées et réellement observées au cours d'un sondage.



6

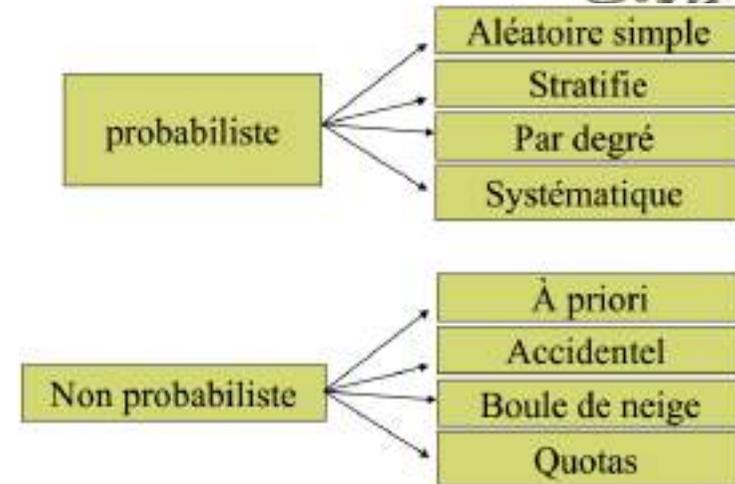
Définitions

Base de sondage : énumération ou présentation ordonnée de toutes les unités de base constituant la population.

Erreur d'échantillonnage : écart entre les résultats obtenus auprès d'un échantillon et ce que nous apprendrait un recensement comparable de la population. Plus la taille de l'échantillon est grande plus l'erreur d'échantillonnage diminue.

Taux de sondage : proportion des unités de la population qui font partie de l'échantillon. C'est le rapport entre la taille de l'échantillon n et la taille de la population N . $f = N/n \times 100$

Echantillonnages



Echantillonnages probabilistes

Echantillonnage aléatoire simple :

Le tirage équiprobable de l'échantillon s'effectue à partir d'une base de sondage où tous les éléments sont numérotés.

Echantillonnage systématique :

La procédure de tirage systématique consiste à choisir le premier élément de manière aléatoire, les éléments suivants étant ensuite sélectionnés à intervalles réguliers.

Echantillonnages probabilistes

Echantillonnage stratifié :

Le principe consiste tout d'abord à segmenter la population à partir d'un ou plusieurs critères définis a priori. Les éléments de l'échantillon sont ensuite sélectionnés de manière aléatoire dans chacune des strates en fonction d'un taux de sondage proportionnel ou non.

Avec un taux de sondage proportionnel, le nombre d'éléments choisis dans une strate est proportionnel au poids de la strate dans l'ensemble de la population.

Echantillonnages probabilistes

Echantillonnage par degré :

Consiste à effectuer des tirages successifs à différents niveaux. Le premier degré correspond à la sélection d'éléments appelés unités primaires. Au deuxième degré on sélectionne, de manière aléatoire, des sous ensembles appelés unités secondaires au sein de chaque unité primaire retenue, et ainsi de suite jusqu'au dernier degré.

Par exemple :

- On choisit x régions
- Au sein de ces x régions, on choisit y cercles
- Au sein de ces y cercles, on choisit z communes
- On interroge 100 personnes par commune

11

Echantillonnages non probabilistes

Echantillonnage accidentel :

Echantillon constitué d'individus qui se trouvaient à l'endroit et au moment où l'information a été collectée.

Echantillonnage a priori :

Sélectionner des individus dont on pense, avant de les interroger, qu'ils peuvent détenir l'information.

Echantillonnage par quotas :

Consiste à étudier la structure de la population selon des critères choisis (quotas) empiriquement. L'échantillon est ensuite construit de manière à constituer une reproduction en miniature de la population sur ces critères.



12

Echantillonnages non probabilistes

Echantillonnage « Boule de neige » :

Méthode réservée aux populations composées d'individus dont l'identification est difficile ou qui possèdent des caractéristiques rares. L'échantillon est construit par les individus eux-mêmes. Il suffit d'en identifier un petit nombre initial et de leur demander de faire appel à d'autres individus possédant les mêmes caractéristiques.



13

Synthèse



14

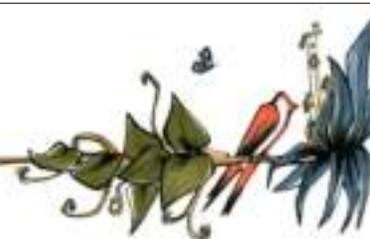
SOMMAIRE



1. Démarche
2. Echantillonnage
3. Questionnaire
4. Analyse et présentation



Questionnaire



Un questionnaire permet d'interroger directement des individus en définissant au préalable les modalités de réponses au travers des questions dites « fermées ».

Les mesures doivent être autant que possibles dans une seule unité, ce qui facilite le traitement des données.

Commencer par des questions simples et fermées, laisser les questions ouvertes et complexes à la fin.

Regrouper les question par thèmes.



Questionnaire - exemple



11 Bois de feu (BF) et charbon¹

Conso de BF (stères/an)				Conso de charbon (sac/an)					
Collecte de BF (stères/an)				Production de charbon (sac/an)					
Origine du BF collecté ²	<input type="checkbox"/>	Forêt (b vert)	<input type="checkbox"/>	Défriche	Origine du charbon produit ²	<input type="checkbox"/>	Forêt (b vert)	<input type="checkbox"/>	Défriche
	<input type="checkbox"/>	Forêt (b mort)	<input type="checkbox"/>	Haie		<input type="checkbox"/>	Forêt (b mort)	<input type="checkbox"/>	Haie
	<input type="checkbox"/>	Autre, précisez :				<input type="checkbox"/>	Autre, précisez :		
Essences <input type="checkbox"/> toutes <input type="checkbox"/> certaines :				Essences <input type="checkbox"/> toutes <input type="checkbox"/> certaines :					
Distance (h aller)				Distance (h aller)					
Transport <input type="checkbox"/> dos <input type="checkbox"/> vélo <input type="checkbox"/> charrette <input type="checkbox"/> autre :				Transport <input type="checkbox"/> dos <input type="checkbox"/> vélo <input type="checkbox"/> charrette <input type="checkbox"/> autre :					
Achat de BF (stères/an)				Achat de charbon (sac/an)					
Si achat, prix (Ar/stère)				Si achat, prix (Ar/sac)					
Vente de BF (stères/an)				Vente de charbon (sac/an)					
Si vente, prix (Ar/stère)				Si vente, prix (Ar/sac)					
Autres énergies <input type="checkbox"/> électricité <input type="checkbox"/> gaz <input type="checkbox"/> autre :		Foyer amélioré <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> oui, avec 3 pierres à côté <input type="checkbox"/> oui, sans 3 pierres		Si oui, précisez type et année achat :					

¹ Attention aux unités : questionner d'abord sur les quantités consommées/collectées/achetées exprimées en fagots ou sacs de x kg ou autre ... par jour ou semaine ou mois, puis extrapoler en stère/an et sac/an
² P = peu, M = moyen, B = beaucoup



Questionnaire - exemple



12 Conso de bois de COS (construction / œuvre / service)¹

Type 1 ²		Essence(s)		Conso (m ³ /an)	
% collecté/consommé	%	% acheté/consommé	%	Si achat, prix (Ar/m ³)	
Origine ³	<input type="checkbox"/>	Forêt	<input type="checkbox"/>	Défriche	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	Haie	<input type="checkbox"/>	Autre, précisez :	
Distance (en h)		Transport		<input type="checkbox"/> dos <input type="checkbox"/> vélo <input type="checkbox"/> charrette <input type="checkbox"/> autre :	
Type 2 ²		Essence(s)		Conso (m ³ /an)	
% collecté/consommé	%	% acheté/consommé	%	Si achat, prix (Ar/m ³)	
Origine ³	<input type="checkbox"/>	Forêt	<input type="checkbox"/>	Défriche	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	Haie	<input type="checkbox"/>	Autre, précisez :	
Distance (en h)		Transport		<input type="checkbox"/> dos <input type="checkbox"/> vélo <input type="checkbox"/> charrette <input type="checkbox"/> autre :	

¹ Attention aux unités : questionner d'abord sur les quantités consommées/collectées/achetées exprimées en arbre ou madrier ou planche ... par semaine ou mois, puis extrapoler en m³/an

² Type = madrier / planche / piquet / etc. Si plus de 2 types, noter sur feuille libre

³ P = peu, M = moyen, B = beaucoup



Pré-test

Il met à l'épreuve la forme des questions, leur ordonnancement et vérifie la compréhension des répondants ainsi que la pertinence des modalités de réponse proposées.

SOMMAIRE



1. Démarche

2. Echantillonnage

3. Questionnaire

4. Analyse et présentation

Dépouillement et analyse des données

Tris à plat : consistent à étudier successivement chaque variable: les variables fermées font l'objet de tris à plat présentés sous forme de tableaux ou graphiques, les questions ouvertes sont étudiées grâce à des techniques de recodage ;

Analyses bivariées : permettent de traiter simultanément deux questions afin d'évaluer la relation qui peut exister entre les deux variables. Selon la nature des variables étudiées (nominales ou numériques), on effectue différents types d'analyses : tris croisés, tableaux de moyennes, corrélations

Analyses multivariées : mettent en oeuvre des techniques sophistiquées d'analyse statistique (ACP, analyse factorielle, classification, typologie, régression multiple, etc).

Rapportage

- Introduction (intérêt du sujet)
- Méthodologie (échantillonnage, parties du questionnaire, administration....)
- Résultats et interprétations
- Conclusion (difficultés rencontrées)



P14

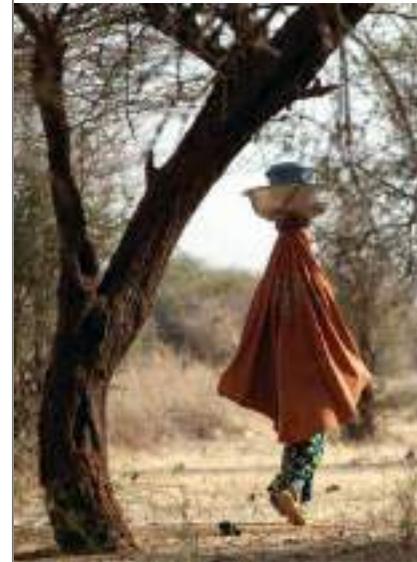
Statistiques forestières – Emplois

Exemple du Cameroun



1

SOMMAIRE



1. Contexte
2. Bois d'œuvre
3. Bois énergie
4. PFNL
5. Chasse
6. Tourisme
7. Conclusion



2

Justification

Il est difficile d'évaluer le nombre d'emplois générés par les forêts, car ils sont :

- Très divers (gestion forestière, chasse, commercialisation de produits, activités touristiques, carbonisation, etc.) ;
- Souvent informels ;
- Directs ou indirects ;

Pourtant, connaître la contribution de la forêt à l'emploi permet de :

- Argumenter en faveur du secteur forestier au cours de la prise de décision sur les orientations budgétaires ou stratégiques nationales ;
- Améliorer la contribution du secteur au développement des populations et au financement de la politique nationale.



Présentation de l'étude

Etude du CIFOR en 2013 sur l'importance économique et sociale du secteur forestier et faunique au Cameroun.

Intérêt : traite de l'emploi dans les différents sous-secteurs forestiers, en mobilisant un large panel de méthodes.

Lien de téléchargement :

<http://pfbc-cbfp.org/actualites/items/CIFOR-etude-socio-%C3%A9conomique-new-fr.html?file=docs/news/mars-avril-14/EEF-Etude%20importance%20economique%20du%20secteur%20oforet-faune%20au%20Cameroun.pdf>



Résultats obtenus

Sous-secteur	Emplois directs formels (secteur privé) ou nombre de praticiens informels
Bois d'œuvre - industriel	22 971 emplois
Bois d'œuvre - artisanal indiv.	44 000 praticiens
Bois d'œuvre - artisanal com.	500 emplois
Bois-énergie	90 000 emplois
PFNL	32 700 praticiens
Chasse sportive	820 emplois
Chasse villageoise	460 000 praticiens
Tourisme	385 emplois

Comment ces chiffres ont-ils été obtenus ?

irra

5

SOMMAIRE



1. Contexte
2. Bois d'œuvre
3. Bois énergie
4. PFNL
5. Chasse
6. Tourisme
7. Conclusion

Salvo Terra

6

Secteur industriel, emplois directs

Méthodes :

- Revue de la littérature et de rapports d'études existants ;
- Descentes de terrain auprès des structures directement et/ou indirectement impliquées dans la gestion des forêts naturelles et des forêts plantées ;
- Exploitation des données comptables officielles consignées dans les Déclarations Statistiques et Fiscales (DSF) de 77 entreprises forestières enregistrées auprès de la Division des Grandes Entreprises (DGE) et des Centre des Impôts des Moyennes Entreprises (CIME) de Douala et Yaoundé.

Salvo Terra

7

Secteur industriel, emplois indirects

L'analyse a été complétée avec une évaluation des emplois indirects, au travers d'entretiens avec :

- La Société d'Exploitation des Parcs à Bois du Cameroun ;
- L'Agence Nationale d'Appui au développement Forestier (ANAFOR) ;
- Le MINFOF.

Salvo Terra

8

Secteur industriel, résultats

	Emplois (2011)	Charges du personnel
Somme des emplois des DSF (DGE, CIME Dla, CIME Ydé)	17 850	35 975 482 265
Emplois des DSF Centres pilotes (4 %) (**)	714	1 439 019 291
Emplois exportateurs COMCAM (DSF non retrouvés) (9 %)	1 607	3 237 793 404
Complément non COMCAM (13,7 %)	2 445	4 928 641 070
Total emplois exploitation – Transformation-export	22 616	45 580 936 030
ANAFOR (emplois directs)	124	484 000 000
SEPBC	355	1 180 000 000
Total emplois/charges du personnel	23 095	47 244 936 030

Source : Calculs des auteurs (DSF DGE, CIMEs, SEPBC, ANAFOR, MINFOF, COMCAM, Karsenty 2006)

** = estimation

Secteur artisanal, production

- Enquêtes dans les marchés urbains ;
- Identification de 44 communes approvisionnant régulièrement et de manière significative les marchés urbains ;
- Enquêtes dans ces communes ;
- Questionnaires administrés auprès des scieurs et des principales autorités concernées de manière directe ou indirecte par l'exploitation informelle du bois d'œuvre ;

Région	Nbre de communes étudiées	Nbre de scieurs interrogés	Nbre d'opérations de sciage suivies
Centre	20	113	149
Est	6	26	33
Littoral	4	25	31
Sud	8	74	107
Sud-Ouest	6	23	20
Total	44	261	340

Secteur artisanal, production

Méthode de calcul adoptée :

- Environ 40 tronçonneuses par commune (résultat des enquêtes) ;
- Besoin d'une équipe de 4-5 personnes par tronçonneuse (1 scieur, 1 assistant, 2-3 porteurs).
- Exploitation artisanale du bois d'œuvre dans la presque totalité des 200 communes rurales localisées dans les régions du Centre, de l'Est, du Littoral, de l'Ouest, du Sud et du Sud-Ouest

-> **40 tronç. x 5 pers/tronç. x 200 commues = 40 000 personnes**

Secteur artisanal, production

À cette évaluation du nombre de « scieurs sauvages », il conviendrait d'ajouter tous ceux qui travaillent avec les scies mobiles ou dans les ateliers de seconde transformation.

Au total, il est probable que la main d'œuvre employée par le secteur de l'exploitation et de la transformation artisanales dépasse les 50 000 individus en zones rurales.

Pas d'évaluation des emplois indirects (transport, etc.).

Secteur artisanal, commercialisation

- Enquête préliminaire dans les marchés de Yaoundé, Douala et Bertoua ;
- Recensement de 48 marchés comptant chacun entre 2 et 130 dépôts -> 880 dépôts en 2008, 1220 en 2010 ;
- Réunions avec des représentants de chaque marché ;
- Echantillon des dépôts dans 36 des 48 marchés : 177 dépôts, soit environ 20 % des dépôts totaux en 2008 ;
- Collecte hebdomadaire des informations sur les ventes et les emplois ;
- En plus de ces collectes systématiques, 200 interviews sur une période d'un an.



13

Secteur artisanal, commercialisation

- Les dépôts ont en moyenne 1,7 employé à temps plein et 1,8 employé à temps partiel.
- **4 000 emplois en tout.**



14

Cas spécifique des forêts communautaires

Taux moyen d'exploitation = 20% de la possibilité maximale établie dans le plan de gestion des forêts communautaires ;

-> 180 m³/an et par FC en moyenne ;

-> 60 m³ de sciages avec un taux de transformation de 30% ;

-> Production atteinte en 3 mois par 12 personnes -> 3 ETP par FC ;

-> **500 emplois formels**



15

SOMMAIRE



1. Contexte
2. Bois d'œuvre
- 3. Bois énergie**
4. PFNL
5. Chasse
6. Tourisme
7. Conclusion



16

Méthodologie

Filière à prédominance informelle, beaucoup d'emplois à temps partiels.

-> méthode adoptée : (i) évaluation des quantités de bois consommées au niveau national et (ii) évaluation de la quantité de travail pour la production de bois de feu ou charbon

Pour le (i), quelques méthodes applicables sont détaillées dans une autre présentation ([Présentation 10](#)) -> Consommation annuelle dans les zones urbaines du Cameroun estimée à 2,2 millions de tonnes de bois de feu et 356 530 tonnes de charbon.

Pour le (ii), indications normatives de la littérature et observations faites sur le terrain par les enquêteurs du CIFOR.



17

Bois de feu

- Un emploi temps plein = 8 heures de travail par jour et 250 jours par an = 2 000 heures de travail ;
 - Etude menée au Malawi (Openshaw 2010) : collecte, façonnage et transport jusqu'au lieu de commercialisation en ville d'une tonne de bois de feu = 48 heures de travail (6 jours) ;
 - Hypothèse faite pour le Cameroun : 5 jours = 40 heures (pour ne pas surestimer les emplois) ;
- > **2,2 Mt x 40 = 88 millions d'heures de travail, soit l'équivalent de 44 070 emplois équivalents temps plein.**



18

Charbon

Résultats des enquêtes :

- 54,37 homme.jours pour un four de 40 sacs avec un poids moyen de 44kg/sac -> 31 h.j. pour 1t ;
 - Cette estimation inclut la production et le transport jusqu'au lieu de commercialisation ;
- > $31 \times 356\ 530 = 11$ millions d'hommes jours, **soit 44 056 emplois équivalents temps plein.**



19

Charbon

Opération	Temps moyen (jour)	Nombre d'intervenants (homme)	Main d'oeuvre totale (h/j)
coupe	1,36	1	1,36
débitage	1,48	1	1,48
transport au four	2,88	4	11,52
enfouissement	2,35	3	7,05
couverture de terre	1,72	3	5,16
surveillance	4,80	1	4,80
ramassage	2,60	3	7,80
mise en sac	1,60	2	3,20
transport en route	1,40	6	8,40
transport au marché	1,20	3	3,60
Total			54,37



20

Bois de feu + charbon

▪ Il est ainsi estimé que la filière bois-énergie génère en amont (de la collecte du bois à la livraison aux marchés en ville) pour le bois de feu et le charbon de bois 88 126 équivalents emplois plein temps.

▪ A ces emplois en amont, il faut ajouter des emplois liés à la commercialisation de ces deux produits dans les marchés urbains.

-> La filière bois-énergie génère un minimum de 90 000 équivalents emplois plein temps, répartis entre plusieurs centaines de milliers de personnes.



21

SOMMAIRE



1. Contexte
2. Bois d'œuvre
3. Bois énergie
4. PFNL
5. Chasse
6. Tourisme
7. Conclusion



22

Exemple du Gnetum

Etude d'Ingram et al., 2012.

1. Revue de la littérature et des données gouvernementales sur le commerce ;
2. Entretiens avec des organisations internationales, centres de recherché et le gouvernement pour identifier la zone de production ;



Exemple du Gnetum

3. Sélection de 18 villages pour mener des enquêtes : 9 avec accès difficile au marché, 9 avec accès facile au marché (échantillonnage stratifié) ;
4. Evaluations rapides dans les villages et marchés pour identifier les collecteurs à cibler ; Enquêtes pendant 1 an, avec utilisation de questionnaires semi-structurés ; Echantillonnage aléatoire de 25% des collecteurs de chaque village -> 76 collecteurs sélectionnés ;
5. Identification de la chaîne de commercialisation et sélection de 7 marchés de destination des produits ;
6. Sélection aléatoire et interviews de 25% des personnes appartenant aux groupes cibles dans ces marchés (64 détaillants, 17 exportateurs, 4 grossistes et 4 restaurateurs) ;



24

Exemple du Gnetum



7. Enquêtes dans 6 marchés de Douala et Yaoundé pour savoir si le Gnetum commercialisé provient des zones d'étude ;
 8. Visite et entretiens avec les gestionnaires de 3 entreprises de transformation et 2 pépinières. ;
 9. Identification de la chaîne de commercialisation au Nigéria et interview de 13 commerçants ;
- > Au total, 184 personnes enquêtées et 11 focus groups dans les villages de collecte.

Exemple du Gnetum



Résultats :

- Environ 2 550 personnes travaillent dans la chaîne de valeur du Gnetum dans les régions du Littoral et du Sud Ouest du Cameroun.
- 2 150 en emploi direct, 450 en emploi indirect.
- 759 collecteurs, 179 « buyam sellams » qui achètent le *Gnetum* auprès des collecteurs dans les 18 villages qui ont été étudiés dans ces deux régions.

Ensemble des PFNL



L'étude compile ainsi les résultats d'un grand nombre d'études menées dans le cadre du projet de mobilisation et de renforcement des capacités des petites et moyennes entreprises sur la production et la commercialisation des PFNL en Afrique Centrale (FAO, GCP/RAF/408/EC), dont celle d'Ingram et al.

-> Les PFNL génèrent l'équivalent de 32 700 emplois directs au Cameroun pour environ 250 000 autres emplois indirects.

SOMMAIRE



1. Contexte
2. Bois d'œuvre
3. Bois énergie
4. PFNL
5. Chasse
6. Tourisme
7. Conclusion

Chasse villageoise

Recensement à Yaoundé des **vendeurs** de gibier au marché : (Edderaï et Dame Mouakoale, 2006) : 249 emplois

Pour les chasseurs :

- Les régions du Grand Nord ne sont pas concernées par la chasse en terres forestières, ainsi que la moitié des populations rurales du Nord-Ouest et de l'Ouest, régions où la forêt est peu présente ;
- Dans les autres régions, seuls les hommes des populations rurales pratiquent la chasse, soit 1,84 million de personnes (RGPH 2010) ;
- En zone rurale, un quart de ces hommes pratique la chasse, comme le montrent plusieurs études de cas (Dethier 1995, Takforyan 2001) -> soit environ **460 000 individus** pour l'ensemble du Cameroun

Chasse sportive

Informations collectées par la Direction de la Faune et des Aires Protégées en 2012 pour un échantillon de 9 ZIC (Zones d'Intérêt Cynégétique) et d'une ZICGC (Zones d'Intérêt Cynégétique à Gestion Communautaire).

-> droits et taxes payés, fréquentation, emplois.

Information complétée par des données fournies dans plusieurs rapports du WWF couvrant à la fois les régions du Nord et de l'Est.

-> 820 emplois recensés.

SOMMAIRE



1. Contexte
2. Bois d'œuvre
3. Bois énergie
4. PFNL
5. Chasse
6. Tourisme
7. Conclusion

Tourisme

Aires Protégées	Effectif Personnel Organisation communautaire/opérateurs privés/ONG (Emplois indirects)	Effectif personnel étatique (Emplois directs)	Total
Jardin de Mvog-biti	0	32	32
Jardin Zoologique de Limbe	8	16	24
Reserve du Dja	0	65	65
Parc national de Lobéke	11	26	37
Parc national de Campo	14	52	66
EBODJI	5	0	5
Parc national de Korup	5	27	32
Parc national de la Mefou	28	18	46
Parc national du Mont Cameroun	200	28	288
Sanctuaire de Mengame	0	15	15
Reserve de Douala Ekoa	6	17	23
Reserve de Lac Ossa	0	11	11
Site d'EBDO	18	09	27
PN Bimoué	22	34	56
PN Boubaké/Idjé	8	65	73
PN Waza	0	33	33
Total	385	448	833

Très peu de données sont disponibles.

Hypothèse : emplois générés grâce au tourisme = personnel affecté à la gestion des aires protégées.

SOMMAIRE



1. Contexte
2. Bois d'œuvre
3. Bois énergie
4. PFNL
5. Chasse
6. Tourisme
7. Conclusion



33

Conclusion



Chaque sous-secteur a fait l'objet d'une évaluation basée sur une méthode différente, en fonction des données et des moyens disponibles ;

Il n'existe pas de méthode standard, les études mobilisent des recensements (comptage exhaustif, comme pour le sous-secteur du bois d'œuvre industriel), des sondages (comme pour la commercialisation de bois d'œuvre produit artisanalement, des extrapolations (comme pour les scieurs artisanaux, évalués sur la base du nombre de tronçonneuse), etc.



34

Conclusion



Les hypothèses sont parfois grossières (assumé par l'étude) ;
-> Il faut être **prudent** dans l'**interprétation** et l'**utilisation** des résultats de ce type d'étude.
-> Une information approximative est parfois plus utile que pas d'information du tout, **à condition qu'elle soit bien utilisée.**



35



DIRECTION NATIONALE DES EAUX ET FORETS
PROGRAMME DE GESTION DECENTRALISEE DES FORETS - GEDEFOR II

P15

**Plan d'affaires
ou
Business Plan**



1

90

Intérêt du plan d'affaire



Planifier les coûts et revenus...

... en termes quantitatifs, mais également **temporels** (une dépense immédiate avec un bénéfice lointain nécessite des capacités d'investissement).

Arbitrer entre différentes options

Chercher des financements

La réalisation du BP oblige à formaliser les étapes : bon exercice pour s'assurer que le porteur de projet a anticipé les enjeux.



2

Pourquoi cette présentation ?



Le plan d'affaire permet de prendre en compte la temporalité dans les bénéfices tirés des forêts : cet aspect peut être négligé par les décideurs mais est pourtant essentiel pour les populations bénéficiaires.

Les concepts peuvent être appliqués à des projets (Cf exemples et exercices pour cette formation), mais également des programmes à plus grande échelle.



3

Définitions



Taux d'actualisation

Je vous propose de vous donner 100 000 Fcfa maintenant ou dans deux ans.

Il y a de fortes chances que vous choisissiez de les toucher maintenant car :

- 100 000 Fcfa vaudront probablement moins dans deux ans qu'actuellement, du fait de l'inflation.
- 100 000 Fcfa peuvent servir à investir et générer plus de revenus. Dans deux ans, vous aurez plus de 100 000 Fcfa. Ceci correspond à l'intérêt.
- Il y a un risque que je ne sois pas là pour vous donner vos 100 000 Fcfa dans deux ans.



4

Définitions



Taux d'actualisation

Ainsi, 100 000 Fcfa maintenant ou dans 2 ans n'ont pas la même valeur.

La prise en compte de cette différence s'appelle l'actualisation.

Le taux d'actualisation est le pourcentage annuel de la valeur d'un bénéfice ou d'un investissement que l'on choisit de dégrader pour prendre en compte les intérêts de l'argent et les risques.

Le taux d'actualisation est une donnée personnelle : plus le taux est élevé, plus on craint l'investissement.



5

Définitions

Valeur actualisée

Valeur d'un revenu ou d'une dépense à laquelle on a appliqué le taux d'actualisation.

$$Va = V / (1+T)^n$$

Va = Valeur (revenu ou dépense) actualisée

V = Valeur (revenu ou dépense) non actualisée

T = taux d'actualisation

n = date à laquelle intervient le revenu ou la dépense



6

Définitions

Valeur actualisée

En reprenant notre exemple (avec un taux d'actualisation de 10% par exemple) :

$$Va = 100\ 000 / (1+10\%)^2 = 86\ 644$$

Cela signifie que si votre taux d'actualisation est de 10%, vous n'avez pas de préférence entre avoir 82 644 Fcfa maintenant ou avoir 100 000 Fcfa dans deux ans.

Autrement dit, la valeur actualisée est la valeur « au moment de la prise de décision ».



7

Définitions

Valeur nette

Bilan annuel des revenus et dépenses dans un projet d'investissement

Valeur actualise nette (VAN)

Obtenu en actualisant et additionnant les valeurs nettes de chaque années

$$VAN = (R_0 - D_0) + (R_1 - D_1)/(1+T) + (R_2 - D_2)/(1+T)^2 + \dots + (R_n - D_n)/(1+T)^n$$

- VAN négative : projet considéré comme non rentable
- VAN nulle : projet au seuil de rentabilité
- VAN positive : projet rentable



8

Définitions

Taux de rentabilité interne (TRI)

Taux d'actualisation telle que la VAN devient égale à 0

Le TRI peut servir à comparer un projet avec un placement bancaire : si mon projet a un TRI de 6% et que la banque me propose un taux d'intérêt de 10%, cela veut dire que mon projet ne génère pas le coût du capital (et est donc peu rentable).

Par contre, un projet ayant un TRI plus élevé qu'un autre n'est pas nécessairement le meilleur.

	Projet A	Projet B
Investissement en année 1	20	20
Recebas en année 2	0	20
Recebas en année 3	30	6
TRI	22 %	24 %
VAN avec taux d'actualisation à 10 %	4,8	3,1



9

Définitions

Temps de retour sur investissement

Durée avant qu'un investissement rapporte ce qu'il a coûté (VAN nulle).

Ne tient pas compte des coûts et revenus après le retour sur investissement.

Analyse de sensibilité

Analyse de l'impact sur le résultat (VAN, TRI, retour sur investissement) de la modification de données (taux d'actualisation, étalement des dépenses et revenus, etc.).



10

Exemple simplifié

Taux d'actualisation de 10%

Année	Flux net	$1/(1-T)^n$	Valeur actuelle
0	- 600 000	1	- 600 000
1	- 25 000	0,91	-22 727
2	65 000	0,83	53 719
3	85 000	0,75	63 862
4	100 000	0,68	68 301
5	100 000	0,62	62 092
6	300 000	0,56	169 342
Total	25 000		- 205 411

TRI : 0,8%

Le projet pourrait paraître rentable... mais ne l'est pas pour ce taux d'actualisation



11

Exemple : Teck en Côte d'Ivoire

Coûts de plantation et premiers entretiens : 485 000 Fcfa/ha

Coûts d'éclaircies : variables, augmentent avec l'âge de la plantation. NB, certaines éclaircies sont valorisables.

Coûts de gestion administrative : 10 000 Fcfa/ha/an en moyenne

Coûts de certification : 13,5% des coûts annuels moyens

Coûts d'exploitation : 10 Mfcfa à 45 ans, pour 309 m³/ha

Recettes de la vente du bois : vente des éclaircies à 150 000 Fcfa/m³



12

Exemple : plantation de Teck

Itinéraire technique conseillé pour le Teck de Côte d'Ivoire en classe de fertilité 3 (Dupuy et al., 1999)

TECK - Classe 3	Nouv. (arbres/ha)	Nécl. (arbres/ha)	Dg avant écl. (cm)	Véc (m ³ /ha)	Coût expl	Prix (FCFA/m ³)	
ECLAIRCIE 1 (5 ans)	1450	700	11,8	18	885 800	0	Éclaircie non commercialisable
ECLAIRCIE 2 (10 ans)	750	300	15,8	35	1 236 000	80000	Éclaircie difficilement commercialisable
ECLAIRCIE 3 (16 ans)	450	150	22,7	58	1 377 800	150000	Éclaircie commercialisable
ECLAIRCIE 4 (24 ans)	300	90	29,7	83	1 623 800	150000	Éclaircie commercialisable
ECLAIRCIE 5 (32 ans)	200	55	36,6	115	1 721 800	150000	Éclaircie commercialisable
Coupe définitive (45 ans)	135	135	43,2	309	15 202 800	150000	
			Volume total	448			



13

Exemple : Teck en Côte d'Ivoire

Année	Dépenses			Revenus	Bilan
	Opérations	Gestion/admin	Certification		
1	485 000	10 000	46 020		-541 020
2		10 000	46 020		-56 020
3		10 000	46 020		-56 020
4		10 000	46 020		-56 020
5	590 400	10 000	46 020	-	-646 420
6		10 000	46 020		-56 020
7		10 000	46 020		-56 020
8		10 000	46 020		-56 020
9		10 000	46 020		-56 020
10	820 000	10 000	46 020	2 000 000	1 123 980
11		10 000	46 020		-56 020
12		10 000	46 020		-56 020
13		10 000	46 020		-56 020
14		10 000	46 020		-56 020
15		10 000	46 020		-56 020
16	918 400	10 000	46 020	4 200 000	3 225 580
17		10 000	46 020		-56 020
18		10 000	46 020		-56 020
19		10 000	46 020		-56 020
20		10 000	46 020		-56 020
21		10 000	46 020		-56 020
22		10 000	46 020		-56 020
23		10 000	46 020		-56 020
24	1 082 400	10 000	46 020	4 950 000	3 811 580

14

Exemple : Teck en Côte d'Ivoire

25		10 000	46 020		-56 020
26		10 000	46 020		-56 020
27		10 000	46 020		-56 020
28		10 000	46 020		-56 020
29		10 000	46 020		-56 020
30		10 000	46 020		-56 020
31		10 000	46 020		-56 020
32	1 148 000	10 000	46 020	5 250 000	4 045 980
33		10 000	46 020		-56 020
34		10 000	46 020		-56 020
35		10 000	46 020		-56 020
36		10 000	46 020		-56 020
37		10 000	46 020		-56 020
38		10 000	46 020		-56 020
39		10 000	46 020		-56 020
40		10 000	46 020		-56 020
41		10 000	46 020		-56 020
42		10 000	46 020		-56 020
43		10 000	46 020		-56 020
44		10 001	46 020		-56 021
45	10 135 200	10 000	46 020	46 350 000	36 158 780
Total	15 179 400	450 001	2 070 896	62 750 000	45 049 703

TRI	13%
VAN à 5%	6 398 226
VAN à 10%	892 878
VAN à 15%	-196 505

15

Exemple : carbonisation en RDC

Activité	2015	2016	2017	2018	2019
Coûts					
Ablottage - main d'œuvre (abatteur principal)	15 422	20 326	20 326	20 326	20 326
Ablottage - main d'œuvre (sac)	5 721	13 081	13 081	13 081	13 081
Ablottage - carburant	14 250	19 326	19 326	19 326	19 326
Ablottage - lubrifiant	23 750	31 997	31 997	31 997	31 997
Ablottage - tronçonneuses (acquisition)	28 117	9 770	-	-	-
Ablottage - tronçonneuses (entretien)	4 221	5 686	5 686	5 686	5 686
Debardage - main d'œuvre	15 422	20 326	20 326	20 326	20 326
Montage, entassement - main d'œuvre	115 957	181 326	181 326	181 326	181 326
Déboursolement, ensilage - main d'œuvre	25 824	34 791	34 791	34 791	34 791
Suivi contrôle - techniciens (salaires)	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400
Suivi contrôle - techniciens (frais variables)	2 400	2 400	2 400	2 400	2 400
Suivi contrôle - motos (acquisition)	3 000	-	-	-	-
Suivi contrôle - motos (entretien)	600	600	600	600	600
Suivi contrôle - poste de surveillance (acquisition)	2 000	-	-	-	-
Suivi contrôle - poste de surveillance (entretien)	600	600	600	600	600
Transport - chargement, livrés, déchargement, frais de péage	42 124	36 724	36 724	36 724	36 724
Transport - main d'œuvre (chauffeur)	4 200	4 200	4 200	4 200	4 200
Transport - camion (acquisition)	90 000	-	-	-	-
Transport - camion (pièces de rechange)	3 000	-	-	-	-
Transport - camion (entretien)	13 500	13 500	13 500	13 500	13 500
Transport - carburant	15 218	15 218	15 218	15 218	15 218
Transport - lubrifiant	672	672	672	672	672
Transport - pneus	2 438	2 438	2 438	2 438	2 438
Transport - acquisition et bases	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Formation - carbonisation améliorée	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000
Total des coûts (USD)	475 523	465 471	445 791	445 791	445 706

16

Exemple : carbonisation en RDC

Recettes					
Commercialisation des sacs en gros	430 400	579 847	579 847	579 847	579 847
Total des recettes (USD)	430 400	579 847	579 847	579 847	579 847
Marge brute					
Recettes - Coûts (USD)	45 128	124 376	134 146	134 146	134 146
Indicateurs					
Nombre de sacs produits	21 520	28 992	28 992	28 992	28 992
Valeur actualisée nette (Taux d'actualisation: 20%)	245 604				
Marge brute (USD/m ³)	6.2				
Marge brute (USD/ha)	768				
Marge brute (USD/sac)	3.5				

17

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
08h00 - 08h30	Accueil				
08h30 - 09h00	Ouverture	CR du lundi	CR du mardi	CR du mercredi	CR du jeudi
09h00 - 09h30	Présentation des participants et animateurs	Présentation 4 : Statistiques descriptives	Présentation 6 : Connaitre les surfaces forestières grâce à la télédétection	Présentation 10 : Obtention de données statistiques sur les produits bois	Présentation 14 : Evaluer les emplois dans la filière bois, exemple du Cameroun
09h30 - 10h00	Objectifs de la semaine + attentes des participants				
10h00 - 10h30	Pause	Pause	Pause	Pause	Pause
10h30 - 11h00	Présentation 1 : Etat des lieux du secteur forestier au Mali et importance des statistiques et de l'économie forestière	Exercices de statistiques descriptives et correction	Présentation 7 : Télédétection - Etude de cas	Présentation 11 : Obtention de données statistiques sur les produits forestiers non ligneux	Présentation 15 : Un outil d'analyse économique : le plan d'affaires
11h00 - 11h30					Exercices sur le plan d'affaire et correction
11h30 - 12h00					
12h00 - 12h30	Repas et prière	Repas et prière	Repas et prière	Repas et prière	Compléments divers
12h30 - 13h00					Evaluation de la formation
13h00 - 13h30					
13h30 - 14h00	Présentation 2 : Quelles méthodes pour quelles données ?	Présentation 5 : Statistiques inférentielles	Présentation 8 : Inventaires forestiers	Présentation 12 : Valeur économique des biens et services environnementaux	Clôture
14h00 - 14h30					
14h30 - 15h00	Pause	Pause	Pause	Pause	
15h00 - 15h30	Présentation 3 : Introduction aux statistiques	Exercices de statistiques inférentielles et corrections	Présentation 9 : Inventaire forestier - Etude de cas	Présentation 13 : Bases pour les enquêtes	
15h30 - 16h00					
16h00 - 16h30	Quizz 1	Quizz 2	Quizz 3	Quizz 4	



Mars 2018

SalvaTerra SAS

6 rue de Panama

75018 Paris | France

Tel : +33 666 499 532

Email : info@salvaterra.fr

Web : www.salvaterra.fr

Vidéo : www.salvaterra.fr/fr/video

