

Protocole de collecte des données sur le terrain et au laboratoire

*nécessaires pour quantifier la biomasse aérienne des
arbres et pour l'établissement d'équations allométriques*

Adeline FAYOLLE & Sébastien BAUWENS



Structure de l'exposé

- **Introduction**
 - Données nécessaires
 - Nécessité d'un protocole
 - Objectif et approche
- **Généralités sur la démarche**
 - Choix méthodologiques
 - Mise en œuvre
- **Protocole de collecte des données**
 - Identification des arbres (phase 1)
 - Collecte des données sur le terrain (phase 2)
 - Collecte des données au laboratoire (phase 3)
 - Garantie et contrôle de la qualité des données



Introduction

Données nécessaires

- Une équation allométrique de biomasse est un **modèle statistique**

totale **OU** partielle
ex. AGB

$$\leftarrow B = f(D, H, \rho)$$

valeur mesurée sur le terrain

valeur mesurée sur le terrain

calculée à partir de données labo
OU valeur moyenne de l'espèce dans la base de données internationale (Zanne et al. 2009)

OU estimée en utilisant une relation reliant la hauteur au diamètre
(Feldpausch et al. 2011; Banin et al. 2012)

- La biomasse totale d'un arbre ne se mesure pas directement mais s'obtient de **façon destructive** en combinant les estimations de biomasse des différents **compartiments** de l'arbre
→ racines, souche, tige, branches, feuilles, fleurs et fruits



Introduction

Nécessité d'un protocole

- Il n'existe pas de protocole standard

Source	Site	Echantillonnage		Mesure	Compartiment
		Unité	Effort		
Djomo et al. (2010)	Cameroun Campo Ma'an	Placette	$n_{ind} = 71, n_{esp} = 31$ $D = 4.7 [1.2-79.4]$	directe (traits de scie)	Tronc – Branches – Feuilles
Henry et al. (2010)	Ghana Boi Tano	Arbre	$n_{ind} = 42, n_{esp} = 16$ $D = 58.6 [2.6-180]$	directe & indirecte	Contreforts – Tronc – Branches – Feuilles
Ebuy et al. (2011)	RDC Kisangani	Arbre	$n_{ind} = 12, n_{esp} = 3$ $D = 34.7 [22.1-51.2]$	directe	Tronc – Ecorce – Branches – Feuilles – Fruits
Fayolle et al. (2013)	Cameroun Lomié	Arbre	$n_{ind} = 137, n_{esp} = 48$ $D = 52.8 [5.3-192.5]$	directe & indirecte	Souche – Tronc – Branches
Ngomanda et al. (2014)	Gabon Makokou	Arbre	$n_{ind} = 101, n_{esp} = 10$ $D = 57.6 [11.7-109.4]$	directe	Souche – Tronc – Branches – Feuilles



Introduction

Nécessité d'un protocole

- Il n'existe pas de protocole standard

Source	Site	Echantillonnage		Mesure	Compartiment
		Unité	Effort		
Djomo et al. (2010)	Cameroun Campo Ma'an	Placette	$n_{ind} = 71, n_{esp} = 31$ $D = 4.7 [1.2-79.4]$	directe (traits de scie)	Tronc – Branches – Feuilles
Henry et al. (2010)	Ghana Boi Tano	Arbre	$n_{ind} = 42, n_{esp} = 16$ $D = 58.6 [2.6-180]$	directe & indirecte	Contreforts – Tronc – Branches – Feuilles
Ebuy et al. (2011)	RDC Kisangani	Arbre	$n_{ind} = 12, n_{esp} = 3$ $D = 34.7 [22.1-51.2]$	directe	Tronc – Ecorce – Branches – Feuilles – Fruits
Fayolle et al. (2013)	Cameroun Lomié	Arbre	$n_{ind} = 137, n_{esp} = 48$ $D = 52.8 [5.3-192.5]$	directe & indirecte	Souche – Tronc – Branches
Ngomanda et al. (2014)	Gabon Makokou	Arbre	$n_{ind} = 101, n_{esp} = 10$ $D = 57.6 [11.7-109.4]$	directe	Souche – Tronc – Branches – Feuilles

- Et les mesures sont extrêmement pénibles et chronophages



Introduction

Objectif et approche

- Objectif
 - Proposer un **protocole détaillé** de collecte des **données de terrain** et de **laboratoire** nécessaires à la quantification de la biomasse aérienne totale des arbres et à l'établissement d'équations allométriques
- Sur la base de ...
 - La mesure des arbres et des peuplements **tempérés** (Rondeux 1999)
 - L'expérience du projet **EBALAC** mené par Nature + et GxABT (ULg, Belgique) au sud-est du Cameroun (Fayolle et al. 2013)
 - Les autres travaux en Afrique (Henry et al. 2010; Ngomanda et al. 2014)
 - Le **manuel de construction d'équations allométriques** pour l'estimation du volume et la biomasse des arbres (Picard, Saint-André & Henry 2012)
 - Le **manuel de procédures standards pour la mesure de carbone terrestre** développé par Winrock International (Walker et al. 2012)



Structure de l'exposé

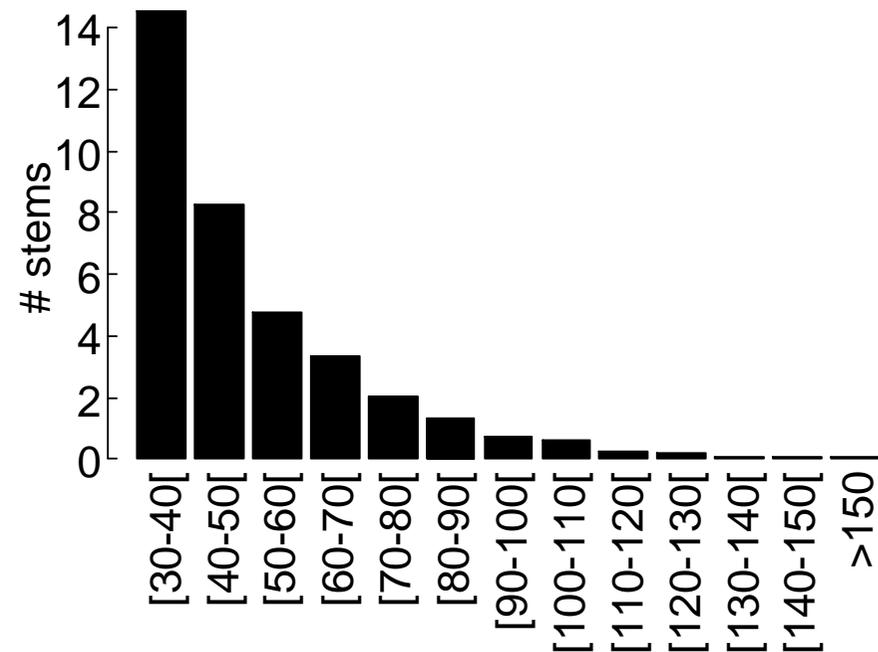
- **Introduction**
 - Données nécessaires
 - Nécessité d'un protocole
 - Objectif et approche
- **Généralités sur la démarche**
 - Choix méthodologiques
 - Mise en œuvre
- **Protocole de collecte des données**
 - Identification des arbres (phase 1)
 - Collecte des données sur le terrain (phase 2)
 - Collecte des données au laboratoire (phase 3)
 - Garantie et contrôle de la qualité des données

Généralités sur la démarche

Choix méthodologiques



- **Le protocole recommandé**
 - Définit l'**arbre** comme unité d'échantillonnage





Généralités sur la démarche

Choix méthodologiques

- **Le protocole recommandé**
 - Définit l'arbre comme unité d'échantillonnage
 - Combine des mesures de biomasse **directes** (=pesée) et des mesures de biomasse **indirectes** (=cubage)



Généralités sur la démarche

Choix méthodologiques



- **Le protocole recommandé**
 - Définit l'arbre comme unité d'échantillonnage
 - Combine des mesures de biomasse directes (=pesée) et des mesures de biomasse indirectes (=cubage)
 - Utilise une méthode basée sur la **photogrammétrie** pour quantifier la surface de la souche

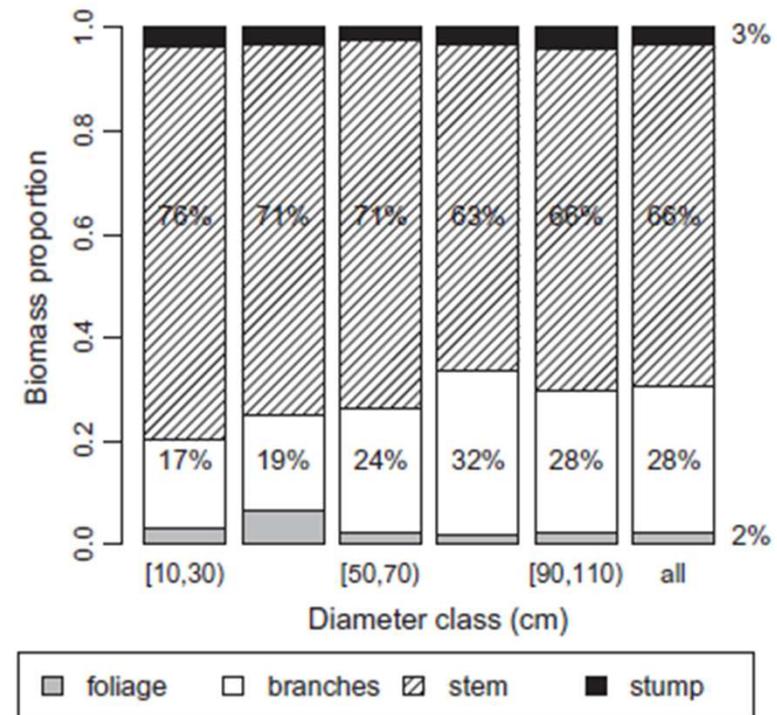


Généralités sur la démarche

Choix méthodologiques



- **Le protocole recommandé**
 - Définit l'arbre comme unité d'échantillonnage
 - Combine des mesures de biomasse directes (=pesée) et des mesures de biomasse indirectes (=cubage)
 - Utilise une méthode basée sur la photogrammétrie pour quantifier la surface de la souche
 - Propose de **sous-échantillonner** le houppier pour les arbres de plus de 70 cm



Extrait de Ngomanda et al. (2014)



Généralités sur la démarche

Mise en œuvre

- **Partenariat avec les sociétés forestières**
 - Appui **technique** = mise à disposition de **personnel formé**
 - à l'abattage (abatteur et aide-abatteur)
 - au cubage des arbres abattus (mesureur-peseur)
 - capable d'identifier un certain nombre d'espèces (prospecteur)
 - Appui **logistique**
 - mise à disposition d'un local sec et aéré pour installer le laboratoire
 - transmission des données d'inventaire d'aménagement
 - entretien et réparation du matériel (tronçonneuses, véhicule)
- **Déroulement de la collecte des données**
 - Phase 1 de **prospection / d'identification** des arbres
 - Phase 2 de **collecte des données terrain**
 - Phase 3 de **collecte des données laboratoire** (+ bureau)



Structure de l'exposé

- **Introduction**
 - Données nécessaires
 - Nécessité d'un protocole
 - Objectif et approche
- **Généralités sur la démarche**
 - Choix méthodologiques
 - Mise en œuvre
- **Protocole de collecte des données**
 - Identification des arbres (phase 1)
 - Collecte des données sur le terrain (phase 2)
 - Collecte des données au laboratoire (phase 3)
 - Garantie et contrôle de la qualité des données



Protocole de collecte des données

Identification des arbres (phase 1)

- **Plan d'échantillonnage des arbres**

- Deux options

1 – Echantillonnage aléatoire des petits arbres sur les avances routes et en l'échantillonnage dirigé des gros arbres parmi les essences exploitées par la société partenaire (Fayolle et al. 2013)

2 – Echantillonnage régulier des arbres sur la gamme de diamètre d'un jeu d'espèces représentatives du type de forêt (Ngomanda et al. 2014)

Species	Family	n	Wood density (g cm ⁻³)	Dbh range (cm)
<i>Coelocaryon preussii</i> Warb.	Myristicaceae	10	0.495	28.6–88.0
<i>Dialium pachyphyllum</i> Harms	Caesalpiniaceae	10	0.922	12.7–88.3
<i>Millettia laurentii</i> De Wild.	Fabaceae	10	0.761	18.5–79.5
<i>Panda oleosa</i> Pierre	Pandaceae	11	0.565	28.3–109.4
<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.	Mimosaceae	10	0.663	13.4–107.0
<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f.) Brenan	Mimosaceae	10	0.605	11.8–96.1
<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	Fabaceae	9	0.658	20.4–95.5
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb.	Myristicaceae	10	0.457	15.3–98.7
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> Harms	Caesalpiniaceae	11	0.724	13.7–92.6
<i>Staudtia kamerunensis</i> Warb.	Myristicaceae	10	0.797	21.6–101.9



Protocole de collecte des données

Identification des arbres (phase 1)

- **Plan d'échantillonnage des arbres**

- Deux options

- 1 – Echantillonnage aléatoire des petits arbres sur les avances routes et en l'échantillonnage dirigé des gros arbres parmi les essences exploitées par la société partenaire (Fayolle et al. 2013)

- 2 – Echantillonnage régulier des arbres sur la gamme de diamètre d'un jeu d'espèces représentatives du type de forêt (Ngomanda et al. 2014)

- **Localisation des arbres échantillonnés**

- Diamètre $<$ DME sur les routes en construction (5 m de part et d'autre de l'ouverture des drains de la route)

- Diamètre $>$ DME sur les chantiers d'exploitation (localisation en fonction de l'inventaire d'exploitation + planification en fonction de l'exploitation)

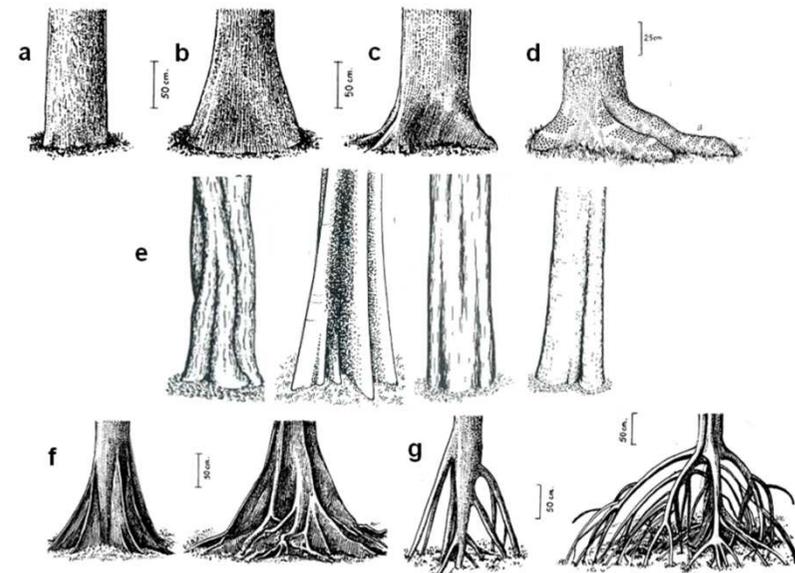
Protocole de collecte des données

Collecte des données sur le terrain (phase 2)



- **Avant l'abattage**

- Numéro d'identification
- Identification botanique
- + présence d'exsudat, odeur et couleur de la tranche
- Localisation de l'arbre dans la concession + coordonnées GPS
- Description de la base du tronc
 - Contreforts
 - Cannelures
 - Racines aériennes



Extrait de Letouzey (1969)



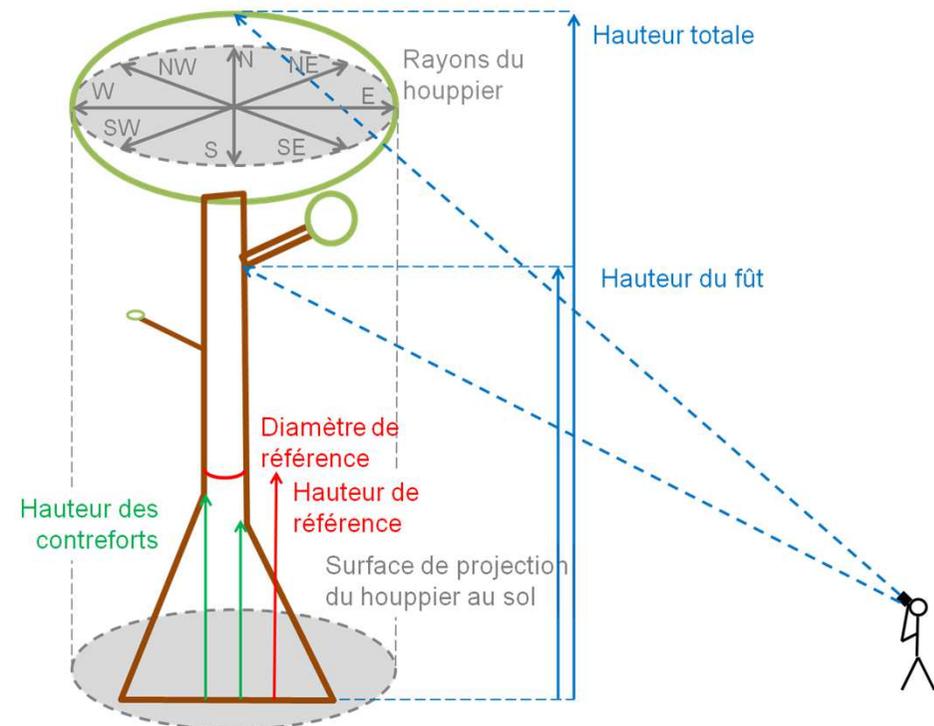
Protocole de collecte des données

Collecte des données sur le terrain (phase 2)

– Mesures dendrométriques

- Diamètre de référence
- Hauteur de référence
- Hauteur totale
- Hauteur du fût
- Rayons du houppier
→ Surface du houppier

= variables d'entrée des équations allométriques





Protocole de collecte des données

Collecte des données sur le terrain (phase 2)

- **Après l'abattage**
 - Mesures
 - Hauteur d'abattage
 - Longueur totale de la tige
 - Subdivision en compartiments
 - Souche
 - Bille ou grume
 - Houppier
 - Branches (grosses, moyennes, petites)
 - Feuilles/fleurs/fruits
- + purges (basse et haute) pour les arbres exploités



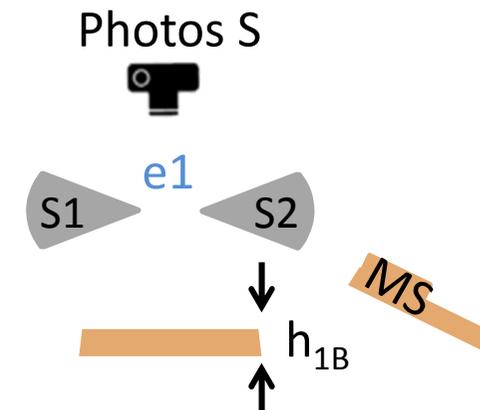
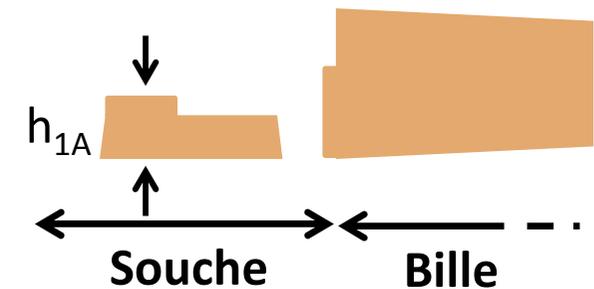


Protocole de collecte des données

Collecte des données sur le terrain (phase 2)

- **Souche**

- Hauteur de la charnière (h_{1A}) avant la coupe d'aplanissement
- Hauteur de la souche (h_{1B}) après une coupe d'aplanissement la plus basse possible
- Epaisseur de l'écorce ($e1$)
- Masse de la partie supérieure de la souche (MS)
- Collecte de 2 échantillons de bois (S1 et S2)



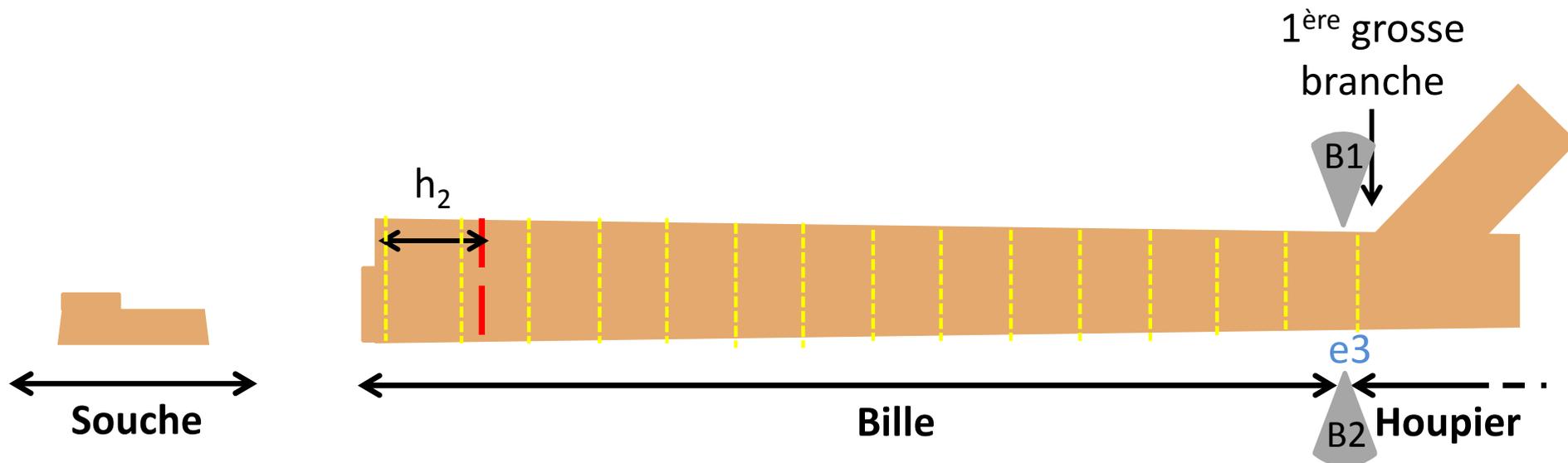


Protocole de collecte des données

Collecte des données sur le terrain (phase 2)

- **Bille**

- Longueur entre la section d'abattage et le diamètre de référence (h_2)
- Longueur totale de la bille ou de la grume (L_G)
- Epaisseur de l'écorce du diamètre petit bout de la grume (e_3)
- Mesures directes (pesée) ou indirectes (cubage)





Protocole de collecte des données

Collecte des données sur le terrain (phase 2)

- **Houppier**
 - Subdivision en **compartiments**
 - Grosses branches (diamètre gros bout ≥ 20 cm)
 - Moyennes branches (entre 5 et 20 cm)
 - Petites branches (≤ 5 cm)
 - Feuilles/fleurs/fruits
 - **Emondage** des feuilles, fruits et fleurs
 - Tous les arbres inférieurs à 70 cm de diamètre
 - Un sous-échantillon (1/3) des arbres de plus de 70 cm





Protocole de collecte des données

Collecte des données sur le terrain (phase 2)

- La collecte des échantillons de bois
 - A différentes hauteurs
 - chacun des compartiments
 - En forme de disque ou de portion de disques pour respecter
 - les variations radiales
 - le rapport écorce / bois
 - En suivant deux diagonales



Protocole de collecte des données

Collecte des données au laboratoire (phase 3)



- **Infra-densité**

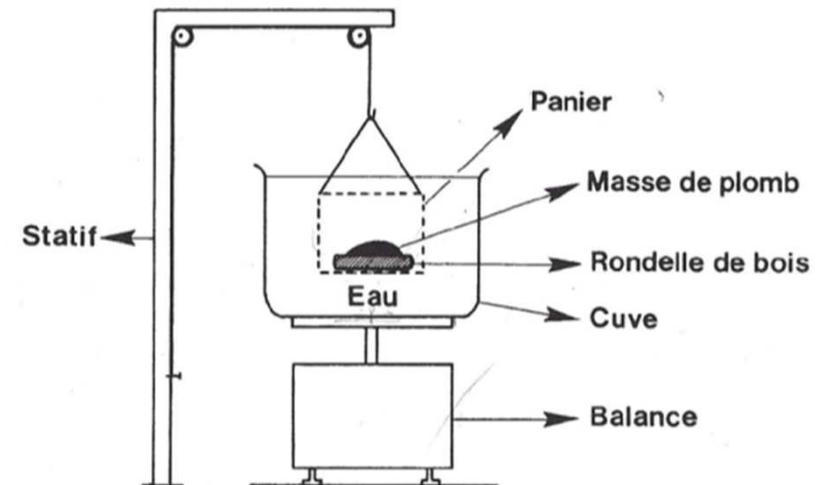
= **masse anhydre / volume saturé** d'un échantillon

→ convertir les volumes issus du cubage en biomasse sèche

- **Teneur en eau**

= 1 - (masse anhydre / **masse fraîche**)

→ convertir les biomasses fraîches issues des pesées en biomasses sèches



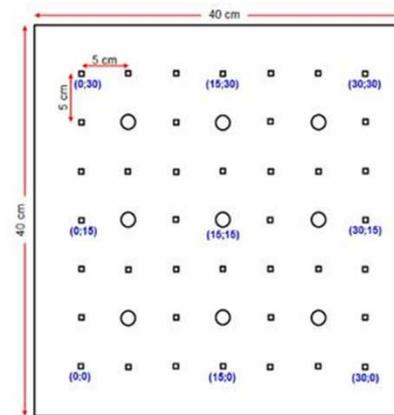
Mesure du volume par la méthode de **pesée hydrostatique**, extrait de Rondeux (1999)
La masse du volume d'eau déplacé en g est égale au volume saturé exprimé en cm³

Protocole de collecte des données

Collecte des données au laboratoire (phase 3)



- **Traitement cartographique** des photographies de souche
 - Mire graduée
 - Photographie
 - Géoréférencement
 - Digitalisation du périmètre de la souche
 - Calcul de surface de la souche
 - Estimation du volume et de la biomasse sèche



Protocole de collecte des données

Collecte des données au laboratoire (phase 3)



- **Encodage des données** dans le programme LEEBAC
 - Données terrain
 - Données laboratoire
 - Photos
 - Shapefiles
- **Calcul de la biomasse sèche**
 - Conversion des volumes issus du cubage
 - Et des masses fraîches issues des pesées

The screenshot shows the LEEBAC software interface for data entry. The main window is titled 'Leebac - Encodage d'une Fiche - étape 1 sur 4'. It contains several sections for data entry:

- Identification:** Includes fields for 'Numéro d'identification d'arbre' (001), 'Essence' (Ballionella toxiperma), 'Nbr. d'opérateurs' (8), 'Nom et Prénom' (Sam), 'UFA' (10-039), 'AAC' (9), 'N° INV', 'Date' (11/04/2014), 'Heure de début' (0:0), 'Heure de fin' (0:0), 'N° de photo de l'arbre' (1), 'Coordonnées GPS' (Lat. = N 0, Long. = E 0), 'N° herbier', 'Exsudat', 'Odeur', 'Tranche', and 'N° de photo tranche'.
- Caractéristiques:** Includes 'Diamètre de référence (d3): 112.5 cm', 'Hauteur totale' (0 cm), 'Hauteur du fût' (0 cm), 'Base du' (A0104_DS2.JPG), 'Après ab', 'Statut de l'arbre', and 'Remarques'.
- A. La S:** Includes 'Hauteur d', 'Hauteur p', 'Epaisseur', 'Masse pa', and 'Prélèvement'.
- B. La Purge Basse:** Includes 'Présence de PB?' (checked), 'Longueur de la section d'abattage jusqu'au diamètre de référence (f2): 160 cm', 'Longueur de la purge (entre section d'abattage et coupe de la purge (f3): 137 cm', 'Epaisseur de l'écorce du Ø petit bout (e2) avec le pied à coulisse: 0 cm', 'N° de photo du petit bout de la purge basse (PB):', 'Présence de pourriture ou de creux: NON', 'Matériel pour peser: Filet', 'Balance: 2 T', and 'Masse du matériel: 0 kg'.
- Prélèvement d'échantillons de bois (QT):** Includes 'Purge basse Ø petit bout' (checked) and 'Bille Ø gros bout'.
- Table:** A table with columns 'N° billon', 'Pesée - Masse [kg]', 'Cubage - Longueur [m]', 'Cubage - Diamètre [cm]', and 'Rq'. The first row is highlighted in blue.
- Remarques:** 'Escarquation d'écorce' and 'Epaisseur d'écorce pas mesuré et prélèvement d'échantillon pas pris car grume exploitée long 0 : georef photo souche n°0537'.

Protocole de collecte des données

Garantie et contrôle de la qualité des données



- **Garantie de la qualité des données**
 - Calibration des appareils
 - Vérifications lors de la collecte des données
 - Vérifications des données collectées
 - Vérifications de la formation des équipes
 - Vérifications de l'encodage
 - Détection des valeurs aberrantes
- **Contrôle de la qualité des données**
 - Erreurs de mesure sur le terrain
 - Erreurs de mesure au laboratoire
 - *Erreurs d'encodage*



Un tout grand merci !

- **Consortium**

- Quentin DELVIENNE
- Christine LANGEVIN
- Noel FONTON
- Josiane KONDOUALE

- **Gembloux**

- Philippe LEJEUNE
 - Samuel QUEVAUVILLERS
 - Nils BOURLAND
 - Damien VINCKE
 - Gaëtan ERNST
 - François CERISIER
 - Christina BOUISSOU
-