

Climat et pluviométrie

Description du site d'étude

✓ Localisation

L'étude a été conduite de juillet à novembre 2019 dans le village de Thilla Ounté, localité située dans la partie Est de la région de Thiès à 4 km de la ville de Khombole. Le village se situe dans le département de Thiès et dans la commune de Touba Toul et est limité au Nord par le terroir Thilla Boubou, au Sud par celui de Ghasse, au Sud-Est par le terroir de Sothiane et à l'Est par le terroir de Darou ndiaye.

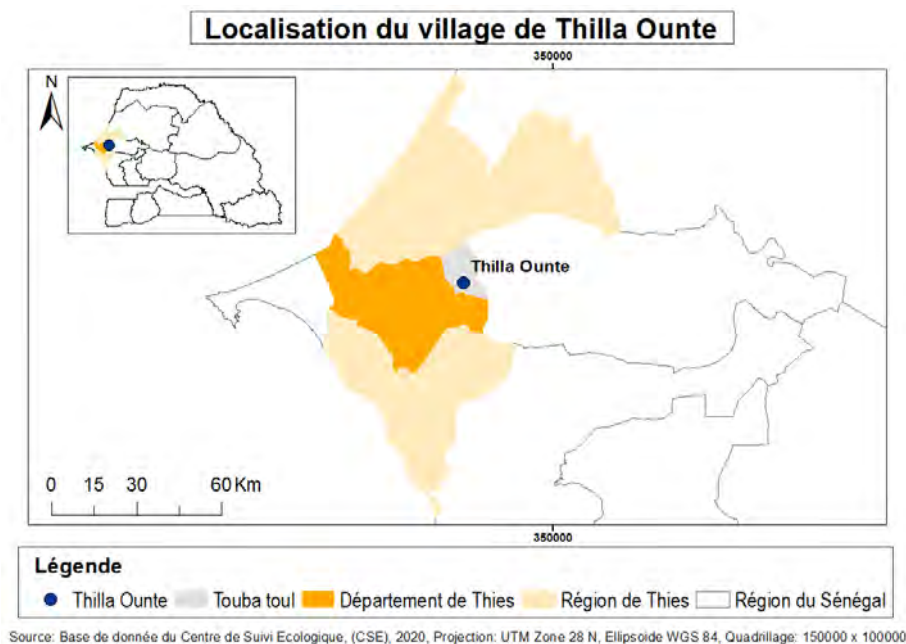


Figure 4 : Localisation du site d'étude

✓ Climat et pluviométrie

Le village de Thilla Ounté est localisé dans le secteur sahélo-soudanien du bassin arachidier qui est caractérisé par un climat à deux saisons très contrastées : une longue saison sèche (octobre à juillet) et une courte saison des pluies (juillet à septembre) avec une pluviométrie souvent plus forte en août (Dancette *et al.*, 1979). La pluviométrie du site a été suivie à l'aide d'un pluviomètre et les données recueillies sont présentées sur la Figure 5. Les données météorologiques de la station de Thiès (pluviométrie et température) située à 30 km de Thilla Ounté et durant la période 1988-2018 sont présentées sur le Tableau 1 (Source ANACIM).

Tableau 1 : Données météorologique (température et pluviométrie) de la station de Thiès durant le période 1988-2018

Année	Cumul Pluviométrique (mm) moy annuelle	Température minimale (°C) moy annuelle	Température maximale (°C) moy annuelle
Période 1988-2018	449,79	20,34	33,29

La pluviométrie de la région de Thiès reste variable (Figure 5), la moyenne annuelle durant le période 1988-2018 est de 449,79 mm (Tableau 1). La comparaison des données pluviométriques de l'hivernage 2019 avec celles des 30 dernières années montre que l'hivernage 2019 a été un hivernage caractéristique pour la région de Thiès.

Les températures au Sénégal sont relativement élevées du fait de la position latitudinale tropical du pays. L'analyse de l'évolution des températures maximales moyennes de la station de Thiès (Figure 7) de 1988 à 2018 conforte cette dynamique. Les années les plus chaudes sont respectivement 1997 (35,5 °C), 2017 (34,31 °C) et 2009 (34,23 °C). Ces fortes températures et leurs fluctuations intra et interannuelles viennent exacerber le déficit hydrique et le stress cultural que connaît déjà la zone. Cette exacerbation est due au fait que les températures augmentent l'évapotranspiration.

En 2019, la saison des pluies s'est installée dans la zone à partir 24 juillet et s'est terminée le 16 octobre (Figure 6). La quantité totale de pluie reçue dans le site pour cette année 2019 est 441,6 mm (donnée de la 1^{er} pluie n'est pas enregistrée : faute de pluviomètre).

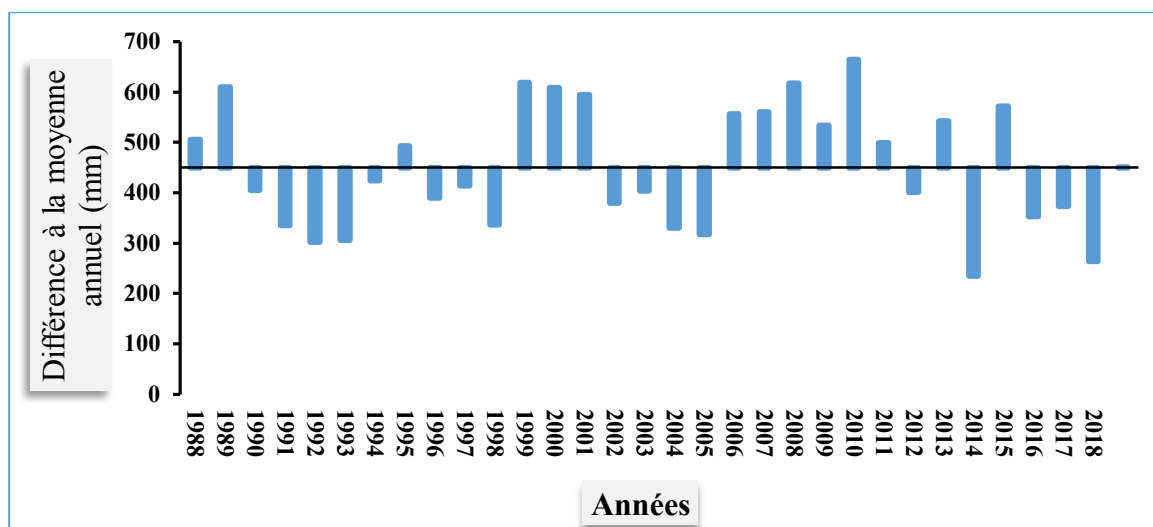


Figure 5 : Evolution interannuelle des précipitations dans la région de Thiès de 1988 à 2018

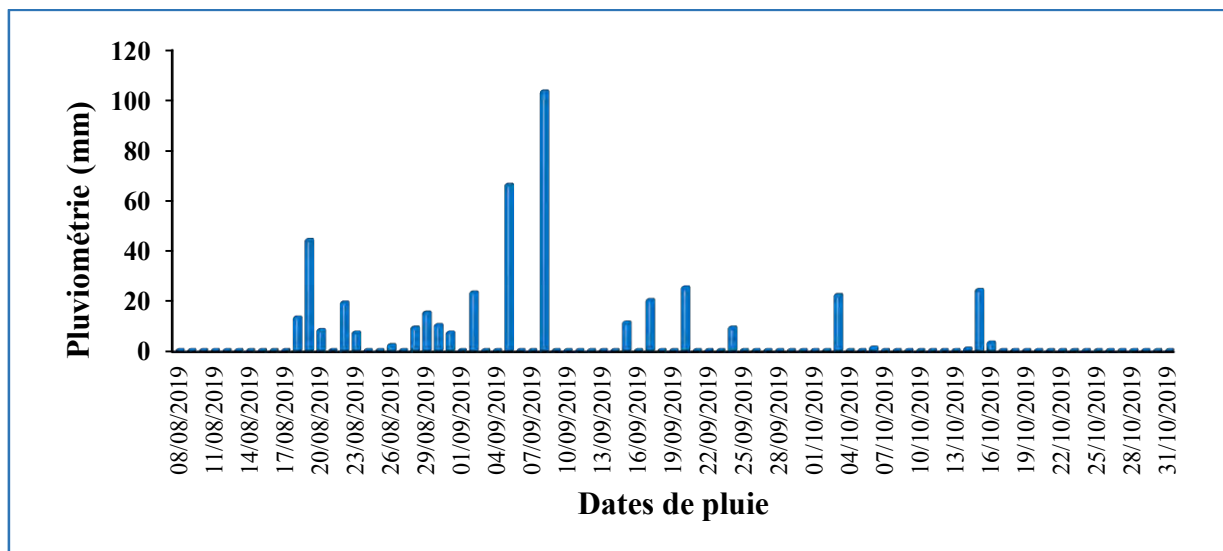


Figure 6 : Evolution des précipitations dans la zone d'étude en 2019

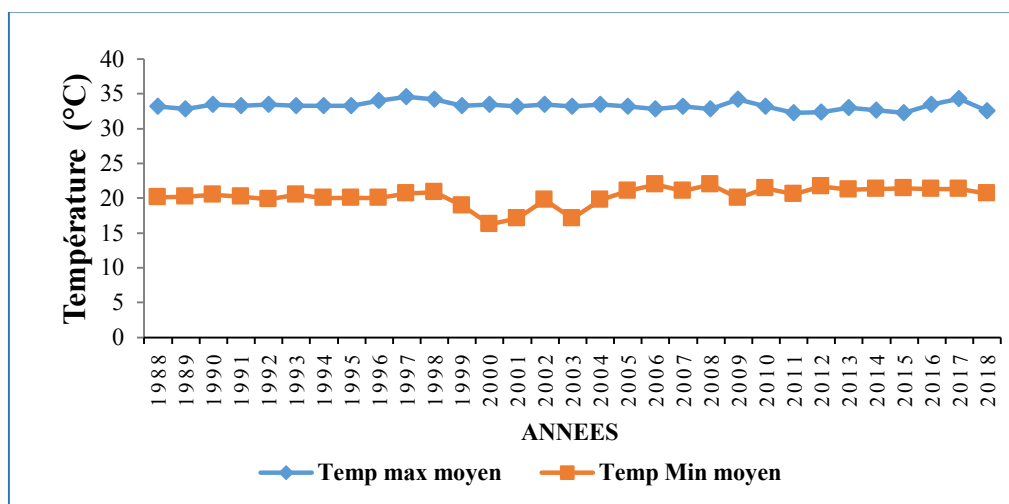


Figure 7 : Evolution interannuelle de la température maximale et minimal annuel dans la région de Thiès de 1988 à 2018

✓ Types de sols et végétation

Au niveau des sols, la formation la plus répandue est constituée des « sols Dior » qui sont des sols ferrugineux tropicaux lessivés à texture sableuse très propices aux cultures de l'arachide et du petit mil (Bonfils et Faure, 1956; Charreau, 1961; Charreau et Nicou, 1971). La végétation du terroir de Thilla Ounté est de type savane arborée plus ou moins dense caractéristique du climat sud-soudanien. Elle se présente sous forme de parcs arborés. Ces parcs sont dominés essentiellement par le *Faidherbia albida* (Kad en wolof).

La composition floristique des parcs est souvent diversifiée et les espèces couramment rencontrées sont entre autres *Balanites aegyptiaca*, *Neocarya macrophylla*, *Tamarindus indica*, *Acacia nilotica*, *Acacia ataxacamtha* et *Combretum aculeatum*.

✓ Activités socio-économiques

L'agriculture pluviale constitue ainsi la principale activité socio-économique des populations constituées à majorité des wolofs. Les cultures dominantes sont le mil, l'arachide et le niébé. L'élevage et le commerce sont aussi pratiqués par la population pour diversifier leurs sources de revenus.

Le dispositif d'étude

2.2.1. Choix des parcelles et des *Faidherbia albida* cibles

Deux parcelles composent notre dispositif. Elles présentent les caractéristiques suivantes : ce sont des champs de brousse avec un sol Dior où le mil (variété Souna III) est cultivé et dans lesquels l'espèce *Faidherbia albida* est présente. Dans ces parcelles, il n'y a pas d'apport de fumure organique ni d'engrais chimiques.

La 1^{ère} parcelle nommée P1 a une superficie de 3,39 ha (mesure prise par un GPS) et contient 44 arbres avec une certaine diversité (sept espèces différentes : *Faidherbia albida*, *Balanites aegyptiaca*, *Neocarya macrophylla*, *Tamarindus indica*, *Acacia nilotica*, *Acacia ataxacamtha* et *Combretum aculeatum*). Les individus de *Faidherbia albida* sont au nombre de 34 ce que représente 77% de la densité. Parmi ces 34 individus, 14 ont été choisis pour l'étude. Les six autres arbres cibles du dispositif sont localisés dans une parcelle nommée P2 située à l'ouest de P1 (environ 50 m) et dont la superficie est 1,072 ha. Dans cette parcelle nous avons 16 arbres dont 13 appartiennent à *Faidherbia albida*. Les caractéristiques et la gestion technique de chaque parcelle sont rapportées dans les tableaux 2 et 3 ci-dessous.

Tableau 2 : Caractéristiques des parcelles d'étude

N° Parcelle	Superficie (ha)	Type de sol	variété de mil cultivée	Nombre d'espèces présentes	Nombre d'arbres total / Parcelle		
					<i>Faidherbia albida</i>		Autres espèces
					Suivi	Non suivi	
P1	3,391	Dior	Souna III	7	14	20	10
P2	1,0724	Dior	Souna III	4	6	7	3
P1 & P2	4,4634	Dior	Souna III	11	20	27	13

Tableau 3 : Gestion techniques des parcelles étudiées

Dates des interventions lors de la gestion technique des parcelles					
N° Parcelle	Semis à sec	Levée	1 ^{er} Désherbage	Démariage	2 ^{ème} Désherbage
P1	Du 14 au 15/06/19	28/07/2019	Du 07 au 08/08/19	Du 09 au 11/08/19	Du 01 au 02/09/19
P2	Du 26 au 27/06/19	28/07/2019	Du 04 au 06/08/19	Du 09 au 14/08/19	Du 03 au 06/09/19

Vingt arbres de *Faidherbia albida* ont été sélectionnés (Figure 8), ce sont les arbres que nous appellerons arbres cibles. Chaque arbre a été géo-référencé. Ils sont répartis dans 2 parcelles de mil. Le choix des arbres a été fait en période hivernale en fin du mois de juillet à peu près 1 mois après le semis, en respectant les critères suivants:

- ❖ La topographie doit être homogène pour éviter l'effet de drainage dû à des élévations ou des dépressions du site. Ce critère n'a pas pu être respecté avec rigueur car le relief est très accidenté dans la zone.
- ❖ La distance entre l'arbre cible et l'arbre le plus proche (que nous appellerons arbre de référence) est variable et réaliste (10m minimum) par rapport aux situations du terrain.
- ❖ Pas d'autres arbres à proximité du *Faidherbia albida* ciblé (10m minimum).
- ❖ Enfin l'arbre ne doit pas être à côté de la limite des champs pour éviter l'effet de bordure.

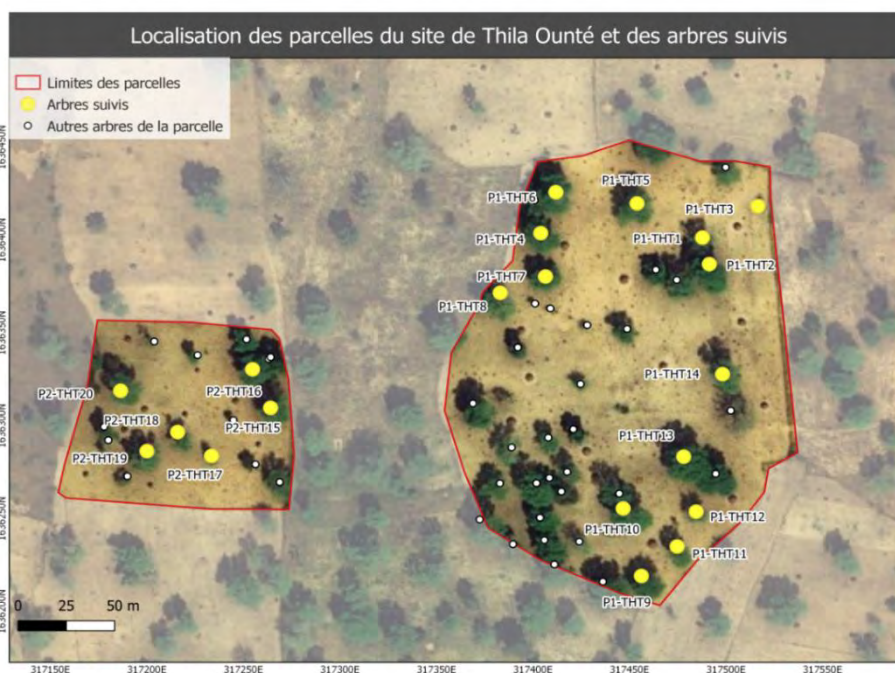


Figure 8 : Localisation des parcelles d'étude et des arbres suivis

2.2.2. Installations des placettes

Pour chaque arbre nous avons deux placettes :

- une placette sous le houppier (SH) placée à 50cm du tronc de l'arbre
- une placette hors houppier ou placette témoin (HH) située à mi-distance par rapport à l'arbre le plus proche (arbre de référence) suivant une direction donnée.

Dans la parcelle P1, la distance moyenne par rapport à l'arbre de référence est de 28,43m et dans la parcelle P2 la moyenne est de 26,47m.

Chaque placette a une surface de 16m² (4mx4m). Les deux placettes ne sont différentes que par un seul critère : la distance à l'arbre, l'une est sous le houppier et l'autre en dehors du houppier. La placette témoin doit obligatoirement se situer sur la même parcelle de culture que l'arbre cible avec le même itinéraire technique (Figure 8). Au total 40 placettes (20 arbres x 2 placettes) constituent le dispositif, soit 28 placettes pour la parcelle P1 et 12 placettes pour la parcelle P2. Pour délimiter les placettes, le mètre ruban (décamètre) a été utilisé en adoptant le théorème de Pythagore afin d'avoir un angle droit de chaque côté.

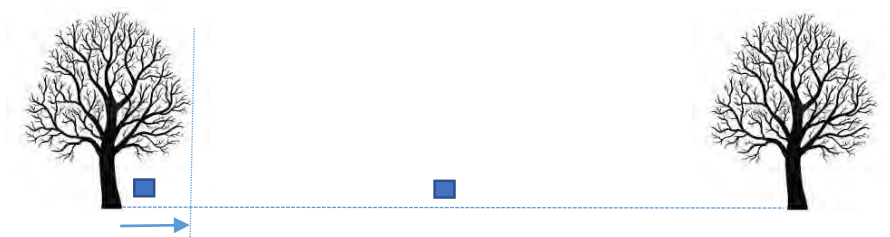


Figure 9 : Dispositif de mesure (placette sous couvert et hors couvert)

2.3. Mesures et observations

2.3.1. Mesures dendrométriques

Les mesures morphologiques prises sur les pieds de *Faidherbia albida* cibles de la zone étudiée comprennent (Annexes 1) :

- ❖ La circonférence à 1,30 m de hauteur mesurée à l'aide d'un décimètre. Il s'agit de faire passer le ruban du décimètre autour du tronc à cette hauteur et ensuite noter la valeur de la circonférence. Elle renseigne sur la dynamique des peuplements face aux conditions de croissance et aux opérations sylvicoles pratiquées (Rondeux, 1993).
- ❖ La hauteur totale mesurée à partir de la base du tronc jusqu'au sommet avec un télémètre. La mesure de la hauteur permet de caractériser les étapes de croissance des arbres et de différencier les strates.
- ❖ Le rayon du houppier mesuré à partir de sa projection au sol avec un mètre ruban suivant les quatre directions (Est, Ouest, Nord et Sud).

Tableau 4 : Caractéristiques dendrométriques des parcelles d'études

N° Parcelle	Circonférence à 1,30 (m)		Rayon du houppier (m)		Hauteur (m)	
	Moyenne	Ecart-Type	Moyenne	Ecart-Type	Moyenne	Ecart-Type
P1	2,779	0,661	8,477	1,768	14,2	2,052
P2	2,92	0,991	6,96	1,517	12,85	1,854

2.3.2. Cartographie des arbres cibles

Après avoir pris les coordonnées de chaque arbre cible y compris les autres espèces présentes dans la parcelle à l'aide d'un GPS, une cartographie des arbres cibles a été faite afin d'avoir une idée de la densité mais aussi de caractériser l'influence que pourraient avoir les autres espèces non cibles. La distance qui sépare chaque arbre cible à l'ensemble des arbres qui sont autour a été mesurée dans toutes les directions (Annexes 1).



Figure 10 : Mesure de la distance entre les arbres

2.3.3. Densité apparente

Les échantillons de densité ont été prélevés du 25 juillet au 04 août 2019 à l'aide d'un petit cylindre en métal de 5cm de hauteur et 5 cm de diamètre. Les prélèvements étaient faits au niveau des quatre coins de la placette et à trois horizons différents (0-10 cm, 10-20 cm et 20-30 cm) ce qui fait 12 (4 x 3) prélèvements par placette et 480 (12 x 40) échantillons pour l'ensemble des 40 placettes de notre dispositif. Contrairement à l'analyse de sol, il n'y pas de mélange de sol des quatre coins.

Le principe consiste à prélever des échantillons de sol correspondant au volume strict du cylindre qui est rempli par enfoncement vertical dans le sol. La manipulation est faite avec soin, de sorte à garder intacte la structure naturelle de l'échantillon de sol pendant le prélèvement. Les échantillons ont été gardés dans des sachets numérotés pour éviter les erreurs.

Cette opération, consistant à distinguer soigneusement (à partir d'un volume total d'un échantillon de sol) les volumes des particules solides et des porosités occupées par de l'air et de l'eau, nous a permis d'obtenir des valeurs de densités apparentes calculées selon la formule:

$$DA = \text{Poids sec de l'échantillon} / \text{volume cylindre}$$

Pour avoir la masse sèche, on a fait sortir les échantillons des sachets pour les mettre dans des pots en aluminium pour les sécher à l'étuve pendant 72 heures à 105 °C.



Figure 11 : Prélèvement de pour des mesures de densité apparente

2.3.4. Mesure de développement du mil

Des mesures de développement du mil ont été effectuées sur l'ensemble des placettes. Les observations ont été faites une fois par semaine et pendant cinq semaines ce qui correspond à 5 stades de développement dans une période comprise entre le 27 août (30 Jour Après la Levée) jusqu'au 25 septembre 2019 (58 JAL).

Le principe a été de choisir dans chaque placette 8 poquets repartis dans deux lignes de semis (4 poquets / ligne). Sur chaque poquet, on choisit 2 brins-maitres (les 2 pieds les plus développés) ce qui fait 16 pieds de mil à suivre dans une placette. Sur chaque pied, le nombre de feuilles adultes a été compté c'est-à-dire les feuilles qui présentent une ligule ainsi que le nombre de talles à chaque stade de développement.

2.3.5. Potentiel hydrique foliaire du mil

Des mesures de potentiel hydrique ont été effectuées à l'aide d'une presse à membrane pour connaître l'état hydrique du mil et son comportement en situation de stress. Pour les deux premières mesures, la fréquence d'observation était de 3 mesures par jour: le potentiel de base c'est-à-dire l'équilibre en fin de nuit entre l'arbre et le sol mesuré avant le lever du soleil, le potentiel intermédiaire après le lever du soleil et le potentiel foliaire à midi au moment du maximum de transpiration. Quant à la dernière campagne de mesure, deux observations seulement ont été faites (potentiel de base et potentiel à midi). Le suivi se faisait sur la dernière feuille adulte de cinq brins-maitre différents répartis dans cinq poquets situés à l'extérieur de la placette.

Le principe est le suivant: une petite portion de la feuille a été coupée en mi-chemin jusqu'à la nervure principale, l'échantillon est déposé sur le papier filtre situé entre les deux cylindres et fermé de manière étanche (Figure 12). Ensuite la pression a été montée grâce au levier situé tout en bas jusqu'à voir une goutte de sève apparaître sur la zone découpée de la feuille et la valeur de pression en bar qui s'affiche sur le nanomètre est notée. Plus le potentiel hydrique est élevé et plus l'eau a tendance à quitter les cellules de la feuille. A l'inverse l'eau a tendance à être retenue dans les cellules ayant un faible potentiel hydrique.



Figure 12 : Mesure du potentiel hydrique foliaire (a) à l'aide d'une chambre à pression (b)

2.3.6. Humidité et Température du sol

Un suivi de l'humidité du sol a été réalisé sur l'ensemble des placettes du dispositif à l'aide de sondes TDR. Les paramètres évalués sont la teneur en eau et la température du sol. Les mesures se faisaient une fois par semaine au début, par la suite nous sommes passés à deux mesures par semaine car les pluies se faisaient rares et le sol devenait sec à une période cruciale du développement du mil. La mesure se faisait suivant la diagonale de la placette, à quatre points différents et espacés de 1 m. les fourchettes de la sonde TDR ont été enfoncé de manière verticale dans le sol (20 cm) et un appui sur le bouton « Read » de l'appareil a permis d'afficher la valeur de la teneur en eau et de la température.



Figure 13 : Mesure de la teneur en eau et de la température du sol (a) à l'aide d'une sonde TDR (b)

2.3.7. Mesure de l'indice de surface foliaire (LAI)

Des mesures de l'indice foliaire ont été effectuées sur l'ensemble des placettes au moment de la floraison à l'aide du LAI 2200. Sur chaque traitement, cinq mesures ont été effectuées (une mesure au-dessus du couvert et quatre en-dessous). Le principe est le suivant: après avoir allumé la console et vérifié que tous les paramètres sont réglés, un appui long sur le bouton « Log » a permis de faire la mesure en-dessus du couvert, attendre les deux bips pour faire les quatre mesures en-dessous du couvert. La valeur de LAI et l'heure d'acquisition qui s'affichent sur l'écran de la console ont été notés.



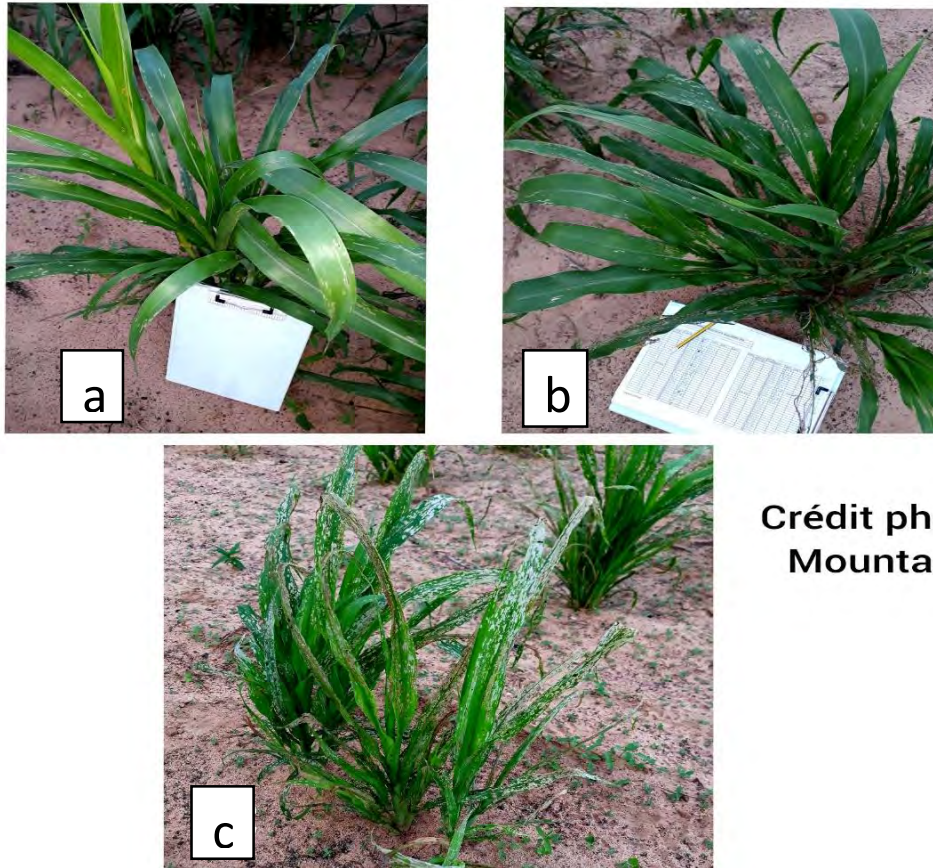
Figure 14 : Mesure de LAI Max (a) à l'aide du LAI 2200 (b)

2.3.8. Meure de floraison du mil

Durant le stade de floraison, un suivi de tous les deux jours a été fait pour évaluer le nombre de poquets ayant fleuri dans chaque placette. Dans les placettes qui étaient à 50% de floraison (c'est à dire la moitié des poquets ont au moins un pied qui a fleuri), le nombre de feuilles sur 10 pieds choisis au hasard a été aussi compté afin de connaître le nombre moyen de feuilles au stade 50% floraison.

2.3.9. Suivi des bioagresseurs du mil

Un suivi hebdomadaire a été effectué sur les placettes pour évaluer l'attaque des chenilles sur le mil pendant cinq semaines (du 30^e JAL au 58^e JAL). Lors de chaque observation, on a compté le nombre de poquets attaqués par les chenilles à différents degrés (Faible, Moyen et Fort). Le nombre de poquets parasités par *Striga hermontica* a été aussi évalué dans chaque traitement juste avant la récolte, et pendant la récolte, le degré d'attaque des bioagresseurs (mineuses, mildiou, charbon) sur les épis est aussi pris en compte.



**Crédit photo :
Mountaga**

Figure 15 : Poquets de mil attaqués par les chenilles à différents degrés : Faible (a), Moyen (b) et Fort (c)

2.3.10. Mesures à la récolte

A la récolte, les composantes du rendement ont été déterminées au niveau de chaque placette.

- ✓ Nombre de pieds, talles et épis

Sur 10 poquets choisis au hasard dans chaque placette, le nombre de pieds, de talles, nombre d'épis matures et d'épis immatures ont été comptés.

- ✓ Classification des épis selon leur degré de maturité et de niveau d'attaques

Les épis récoltés dans chaque placette ont été classés en trois catégories (A, B et C) en fonction de : (i) leur maturité, (ii) leur longueur et (iii) leur circonférence.

Dans la **catégorie A** : les épis sont sains et bien remplis avec une longueur moyenne de 50 cm et une circonférence moyenne environ 7 cm ;

La **catégorie B** regroupe les épis qui ont une longueur moyenne de 40 cm et la circonférence moyenne 4 cm et enfin ;