



# JOURNAL OF OASIS AGRICULTURE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

www.joasdjournal.org



p-ISSN: 2724 – 699X  
e-ISSN: 2724-7007

## Effet de la fertilisation minérale et des amendements organiques sur la culture du sorgho, *Sorghum bicoor* (L.) Moench (CE 180-33) en conditions de stress salin dans les périmètres aménagés de la vallée de Djiffa, région de Fatick, Sénégal

## Effect of mineral fertilization and organic amendments on sorghum cultivation, *Sorghum bicoor* (L.) Moench (CE 180-33) under saline stress conditions in developed areas of the Djiffa valley, Fatick region, Senegal

Mekila Mbaikoubou<sup>1</sup>, Ly Mamadou Ousseynou<sup>2</sup>, Diouf Mayécor<sup>3</sup>, Ines Toumi<sup>4</sup>, Bahouro Arka<sup>1</sup>, Mahamat Nour Zakaria<sup>1</sup> & Akpo Elie Leonard<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD), N'Djaména (Tchad).

<sup>2</sup>Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), (Sénégal).

<sup>3</sup>Centre de Recherche de Kolda (CRZ), (Sénégal).

<sup>4</sup>Laboratoire d'Aridoculture et Cultures Oasiennes, Institut des Régions Arides, Université de Gabès, Route de Djorf, km 22.5, Médenine 4119, Tunisie.

<sup>5</sup>Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal).

### Article info

Article history:

Received: 24 Mars 2025

Accepted: 11 Juin 2025

Mots clés : Effets amendements, traits fonctionnels, Sorgho, vallée aménagée, Sénégal.

### Résumé

Ce travail étudie l'effet de l'amendement et de la fertilisation sur les traits physiologiques et les rendements de la variété de sorgho CE 180 33 introduite dans les périmètres aménagés de la vallée de Djiffa au Sénégal. Le sorgho est cultivé dans un dispositif en blocs complets randomisés correspondants aux 18 parcelles élémentaires. Ces parcelles ont été amendées avec de l'engrais NPK 15 15 10 (E) à la dose de 150 Kg/ha et le biofertilisant (B), les coques d'arachide (C), le fumier (F), les ordures ménagères (O) tous à la dose de 500 Kg/ha avec un témoin absolu sans amendement (T). Les mesures ont porté sur les traits physiologiques (TRE, SFS, TMS, teneur en chlorophylle, rendement quantique, conductance stomatique) et le rendement en grains et en résidus pour chaque traitement. Les données ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) et s'il apparaît une différence significative, un test de comparaison des moyennes de Fisher au seuil de 5% est appliqué afin d'identifier ou non des groupes évidents. Les amendements à base d'engrais et de biofertilisant améliorent plus le statut hydrique des plants et favorisent le stockage de pigments chlorophylliens des plants. Les rendements en grains et en résidus de récolte ont aussi été significativement plus élevés pour les parcelles amendées avec d'engrais et de biofertilisant. A cela s'ajoute des feuilles plus développées leur conférant une teneur en matière sèche foliaire plus importante.

\*Auteur correspondant

[mekilam@yahoo.fr](mailto:mekilam@yahoo.fr)

### Article info

Article history:

Received: 24 March 2025

Accepted: 11 June 2025

Keywords: NPWEI, Irrigation, water saving investment, efficiency, Tunisia.



Copyright©2025 JOASD

\*Corresponding author

[mekilam@yahoo.fr](mailto:mekilam@yahoo.fr)

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

### Abstract

This study investigated the effect of amendment and fertilization on the physiological traits and yields of the sorghum variety CE 180 33 introduced into managed areas of the Djiffa Valley in Senegal. Sorghum was grown in a randomized complete block design corresponding to the 18 elementary plots. These plots were amended with NPK 15 15 10 fertilizer (E) at a rate of 150 kg/ha and biofertilizer (B), peanut hulls (C), manure (F), and household waste (O), all at a rate of 500 kg/ha, with an absolute control without amendment (T). Measurements included physiological traits (TRE, SFS, TMS, chlorophyll content, quantum yield, stomatal conductance) and grain and residue yield for each treatment. The data were subjected to an analysis of variance (ANOVA) and if a significant difference appears, a Fisher means comparison test at the 5% threshold is applied to identify or not obvious groups. Amendments based on fertilizer and biofertilizer improve the water status of the plants and promote the storage of chlorophyll pigments in the plants. Grain and crop residue yields were also significantly higher for plots amended with fertilizer and biofertilizer. In addition, more developed leaves give them a higher leaf dry matter content.

## 1. INTRODUCTION

La commune de Djilor dans la région de Fatick est marquée par une tendance à la dégradation des ressources naturelles. Elles sont soumises aux effets des changements climatiques. Cette dégradation se manifeste par une salinisation des terres agricoles, une réduction de la couverture végétale, une diminution du pâturage (Sow et al., 2021).

La salinité affecte de grandes surfaces terrestres et limite la production et la productivité des agrosystèmes. Globalement, plus de 76 millions d'hectares de terres sont affectées par la salinisation dans le monde (Bajji et al., 1998 ; Beleldjoidi et Daoud, 2002).

Au Sénégal, la salinisation des sols touche pratiquement toutes les régions et en particulier les bassins des fleuves Casamance, Gambie, Sine Saloum et le Delta du fleuve Sénégal (Samb et al., 2020). Près d'un million d'hectares seraient ainsi affectés par la salinisation et l'acidification selon Barreto (1985) et 1 700 000 ha d'après LADA (2009). Cette salinisation combinée à l'acidification suite aux sécheresses récurrentes (Le Borgne, 1988) a fortement affecté les agrosystèmes du Bassin du Sine Saloum lors des années 1970 et 1980 (Niang, 1985 ; Sadio, 1985 ; 1991). A ces facteurs s'ajoutent l'introduction de techniques culturales (mécanisation) permettant la pratique de l'agriculture extensive, l'exploitation anarchique du couvert ligneux et la remontée en surface des nappes phréatiques salées.

La conjugaison de ces facteurs a accentué la dégradation de l'agro-système qui, traditionnellement bien géré par les populations, était propice à la production agricole. L'avancée du front de salinité a aussi réduit les superficies arables, la diversité et la production végétale (Sarr, 1994 ; Jafari et al., 2003 ; Ly, 2009). Cette dégradation progressive des terres, combinée aux changements climatiques (Ngom et al., 2002) et à l'accroissement démographique continue d'accentuer le phénomène de salinisation des terres. Watson et al., (1996) ont signalé la nécessité de trouver des réponses adéquates pour atténuer leurs effets sur l'environnement et les populations et ainsi booster la production agricole et les revenus des populations.

C'est dans ce cadre que plusieurs études ont tenté d'expliquer les phénomènes de salinisation des terres et de proposer des solutions pour la récupération et la valorisation des terres

affectées par la salinisation dans la zone du Bassin arachidier (Daffé et Sadio, 1988 ; Sadio, 1991 ; Sarr, 1994) essentiellement peuplé de ruraux et à vocation agricole. Des travaux sur la restauration des sols salés (PRASS, 1994-2002 ; FNRAA Sols Salés, 2003-2005 ; Promasc, 2009, Ndong, 2012 ; Ly et al., 2012) ont révélé que la lutte mécanique (diguettes) et biologique (haies vives, bandes boisées, etc.) permettent leur réhabilitation pour des fins agronomiques. C'est dans ce cadre qu'une association de lutte mécanique (diguettes) et biologique a été initiée dans les zonées salées de la vallée de Djifa (Région de Fatick) pour l'amélioration de la production céréalière notamment le sorgho et la diversification des revenus des populations locales.

En effet, le sorgho est la cinquième grande culture céréalière mondiale après le riz, le maïs, le blé et l'orge. En Afrique, il arrive à la seconde place après le maïs en termes de production. Selon Fall et Lô (2009), le sorgho (*Sorghum bicolor*) est, après le mil, la deuxième céréale pluviale cultivée au Sénégal, avec une superficie totale estimée à plus de 230 000 ha pour une production nationale de 147 000 t.

La présente étude vise à mettre en exergue les impacts des amendements sur les traits photosynthétiques et les rendements de la variété CE 180-33 de *Sorghum bicolor* introduite dans les périmètres aménagés de la vallée de Djifa.

Les variétés améliorées proposées sont essentiellement la race *Caudatum* et la variété améliorée CE 180-33 (synonyme : 87-7) *Caudatum* de l'ISRA. Cette dernière est utilisée dans le cas de notre étude (ISRA ITA-CIRAD, 2005, Fall 2013).

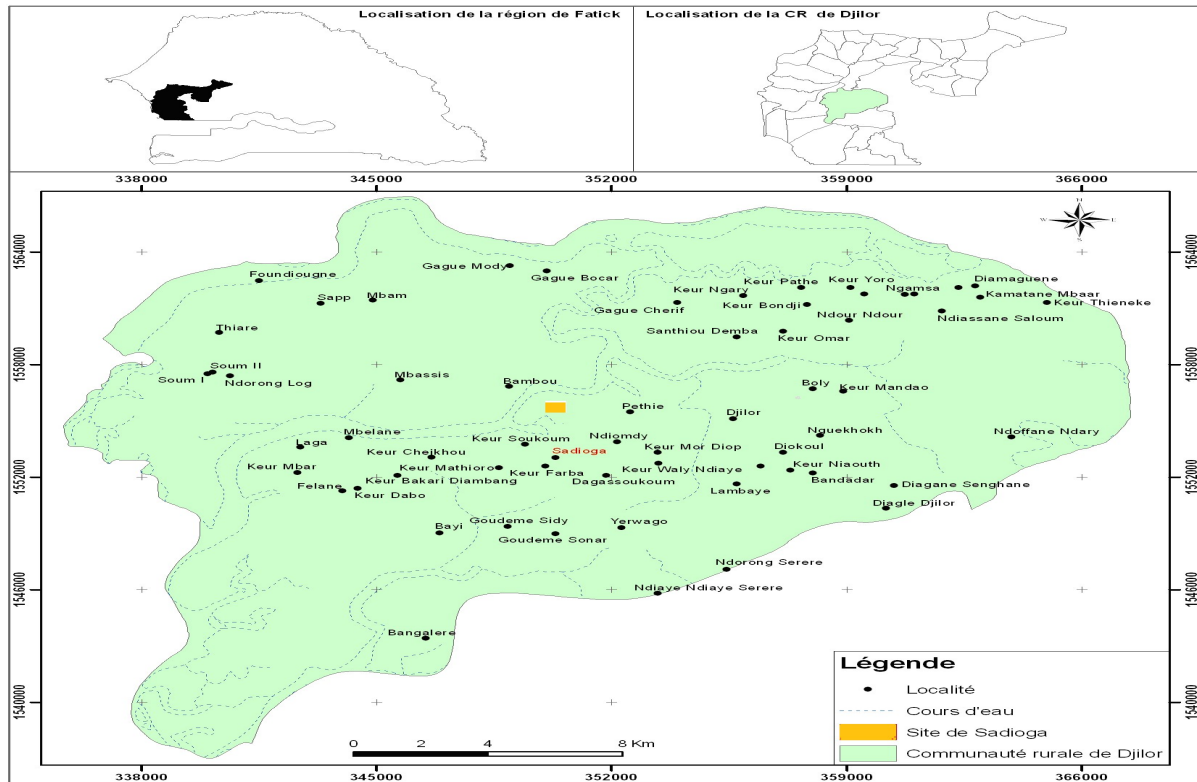
## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Site de l'étude

L'étude a été menée au niveau de l'essai installé dans une tanne arbustive de la vallée de Djifa du terroir villageois de Sadioga au Sénégal (Fig. 1) situé dans la communauté rurale de Djilor dans le département de Foundiougne, région de Fatick. En effet, Djilor, situé au centre ouest du Sénégal, entre 13°09 – 14°10 et 16°02 – 16°20W.

### 2.2. Situation du climat, du relief et des ressources en eaux

La zone subit l'influence d'un climat de type Nord-Soudanien marqué par une courte saison pluvieuse (3 à 4 mois) et une longue saison



**Fig. 1.** Localisation du site de Sadioga dans la communauté rurale de Djilor Saloum, Région de Fatick (Ndong A., 2011).

**Fig. 1.** Location of the Sadioga site in the rural community of Djilor Saloum, Fatick Region (Ndong A., 2011).

sèche (7 à 8 mois) (Sagna, 2007). La pluviométrie moyenne calculée à la station de Fatick sur la période allant de 1930 à 2017 est de 601,9 mm. La température moyenne, 28°C, est conditionnée par un régime thermique bimodal avec deux maxima en avril (39,4°C) et novembre (34,1°C) et deux minima en juillet (24,1°C) et janvier (16,8°C) (Gomis et al., 2023). Les amplitudes pluviométriques très contrastées se caractérisent par une moyenne annuelle de 588 mm pour la série de 2001 à 2012. Cette moyenne est supérieure à celles de la région de Kaolack (575 mm) (Ly et al., 2012). Le relief est plus ou moins accidenté avec des zones dépressionnaires. Il est constitué d'une série de bas-fonds localisés dans les zones de vallées, des mares et du bras de mer du Saloum. Les sols de bas-fonds qui représentent 6,55% des terres sont soit des *tannes* par endroit soit des sols de mangrove (Sadio, 1991) dont l'intrusion des eaux marines et la remontée de la nappe salée entrave leur valorisation. Les ressources de la communauté rurale sont constituées par les eaux de surface (mares, marigots, etc) et les aquifères (nappe phréatique, maestrichtien, etc) qui sont de profondeurs variables. Le réseau

hydrographique de la collectivité locale est relativement dense car on y dénombre au moins cent quinze (115) mares éparpillées sur l'ensemble du territoire communautaire (Anonyme, 2009).

### 2.3. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est la variété CE 180 33 de *Sorghum bicolor* (L.) Moench qui appartient à la famille des Poacées.

Cette variété a une tige réduite (2 m de hauteur) et produit des grains blanc mat et se caractérise par un cycle semi-épiaison de 65 jours et semi-maturité de 90 jours (Fall, 2013) avec un rendement de 2,8 à 5 t (ISRA ITA-CIRAD, 2005).

Du point de vue agronomique, cette variété se caractérise par une bonne vigueur à la levée et résistance à la verse. En plus de sa tolérance à la sécheresse, elle est aussi peu sensible au charbon allongé et assez tolérante à la moisissure des grains. Un de ses aspects culinaires qui pourrait faciliter son adoption en milieu Sérère est sa bonne aptitude pour la préparation de couscous.

## 2.4. Méthodologie

### 2.4.1. Dispositif expérimental

Des diguettes de 1,5 m de large et de 50 cm de hauteur sont mises en place en bordure des *tannes*. Au sein des *tannes enherbées*, des réseaux de diguettes de 70 cm de large et 25 cm de hauteur sont érigées pour délimiter les parcelles de 25 m x 25 m et faciliter le ressuyage du sel. Des sillons sont établis entre les diguettes pour faciliter l'écoulement des eaux entre les parcelles d'une part et d'évacuer le trop plein d'eau d'autre part.

Dans chaque parcelle de 25 m x 25 m, quatre diguettes perpendiculaires de 25 cm de hauteur sur 25 cm de largeur sont érigées afin de la subdiviser en 9 parcelles élémentaires de 8 m x 8 m (Fig. 2). La variété de sorgho *CE 180-33* est cultivée dans un dispositif en trois blocs complets randomisés correspondant aux 18 parcelles élémentaires (Fig. 2).

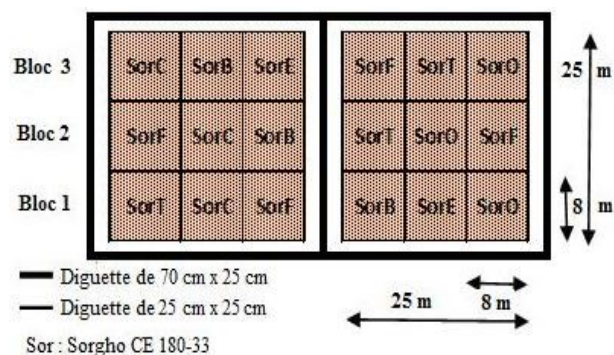


Fig. 2. Dispositif expérimental.  
Fig. 2. Experimental design.

Dans chaque parcelle élémentaire, les semis en poquets distants de 90 cm, sont disposés sur 9 lignes. Chaque ligne compte 11 poquets à raison de 3 plants par poquet après démarrage lors du premier labour.

Les 18 parcelles de 64 m<sup>2</sup> sont disposées en trois blocs de six parcelles correspondant aux cinq traitements dont l'engrais 15 15 10 (E) à la dose de 150 Kg/ha, le biofertilisant (B), les coques d'arachide (C), le fumier (F), les ordures ménagères (O) tous à la dose de 500 Kg/ha et le témoin sans amendement (T). Le biofertilisant est obtenu par le traitement de bouses de vache dans des biodigesteurs.

Afin d'éliminer l'effet bordure, les mesures des paramètres de croissance (Teneur Relative en Eau, Surface Foliaire Spécifique, Teneur en Matière Sèche) et physiologiques (teneur en chlorophylle, rendement quantique, conductance stomatique) ont porté sur trois

individus tirés au hasard sur les 35 centraux pour chaque traitement. Les rendements en graines et en résidus ont été évalués par la méthode des carrés de rendement dans les parcelles amendées et témoin.

### 2.4.2. Teneur Relative en Eau (TRE)

Sur chaque plant sélectionné, une feuille est coupée avant la levée du soleil puis gardée au frais dans un sac en plastique noir fermé et maintenu à l'obscurité. Une fois au laboratoire, un fragment est prélevé sur chaque feuille puis pesé afin d'obtenir le poids frais. La réhydratation des échantillons est faite dans des tubes en Polyvinylchlorure (PVC) contenant du coton imbibé d'eau distillée au fond. Les tubes sont ensuite scellés avec du parafilm et placés à l'obscurité à 25 °C pendant 24 heures.

Après réhydratation, les échantillons sont sortis et essuyés puis pesés immédiatement afin d'obtenir le poids à la turgescence. Les échantillons sont ensuite séchés à l'étuve (70°C) jusqu'à poids constant. La teneur relative en eau a été calculée à partir de la formule :

$$TRE (\%) = \left[ \frac{\text{Poids frais} - \text{Poids sec}}{\text{Poids turgescence} - \text{Poids sec}} \right] \times 100$$

### 2.4.3. Surface Foliaire Spécifique (SFS)

Pour évaluer la SFS, une feuille est prélevée sur trois individus tirés au hasard parmi les 35 individus centraux de chaque parcelle élémentaire. Les feuilles sont scannées séparément puis leur surface calculée à partir du logiciel Midebmp01. Les échantillons de feuilles sont séchés à l'étuve jusqu'à poids constant. La surface SFS est obtenue par le rapport entre la surface foliaire et le poids sec de la feuille.

$$SFS (m^2/kg) = \frac{\text{Surface de la feuille}}{\text{Poids sec de la feuille}}$$

### 2.4.4. Teneur en Matière Sèche (TMS)

Pour caractériser la TMS, des échantillons de feuilles fraîchement prélevées sur les individus sélectionnés sont pesés pour déterminer le poids frais. Ces échantillons sont ensuite mis dans des enveloppes et séchés à l'étuve jusqu'à poids constant. La teneur en matière sèche de la feuille (TMS) est obtenue en divisant son poids sec par son poids frais (mg/g) soit :

$$TMS (mg/g) = \frac{\text{Poids sec}}{\text{Poids frais}}$$

### 2.4.5. Teneur en chlorophylle

Des mesures ont été effectuées sur les feuilles des plants de sorgho à l'aide du Chlorophyll

Meter SPAD-502 Plus de Konica Minolta afin d'évaluer la teneur en chlorophylle. Cet appareil permet de réaliser des mesures instantanées de la teneur en chlorophylle sans endommager les feuilles de la plante. Après étalonnage de la pince photosensible, trois mesures sont effectuées à trois niveaux différents de la feuille sur chacun des trois plants tirés au hasard par traitement et dans chaque bloc.

#### 2.4.6. Fluorescence quantique

Les mesures s'effectuent sur le terrain à l'aide d'un fluorimètre portatif de marque Handy Plant Efficiency Analyser avec une résolution de 10 secondes et de manière non destructive à la suite d'une simulation des conditions d'obscurité par des clips. Les clips sont des pinces dont la partie se trouvant en contact avec la face supérieure de la feuille comporte une fenêtre de lecture pouvant être obstruée au moyen d'une plaque métallique coulissante. Pour simuler l'obscurité et ainsi interrompre la photosynthèse et vider la chaîne de transfert d'électrons, les clips sont positionnés sur la feuille pendant 30 mn avant d'effectuer les mesures.

Les données stockées sont ensuite transférées dans un ordinateur puis le dépouillement réalisé à l'aide d'un tableur Excel.

#### 2.4.7. La conductance stomatique

Le poromètre a été utilisé lors des mesures de la conductance stomatique des individus dans les différentes parcelles. Cet appareil détermine les pertes d'eau d'une feuille placée sur sa cuvette en mesurant le flux d'air sec nécessaire pour maintenir une humidité relative constante. Ces valeurs enregistrées automatiquement peuvent aussi être téléchargées dans un ordinateur puis dépouillées par un tableur Excel.

#### 2.4.8. Rendement en grain et en résidus de récolte

La récolte a été effectuée sur les trois blocs de parcelles de sorgho CE 180 33 amendées et témoin. Pour la récolte des échantillons, la méthode des carrés de rendement a été appliquée pour chaque parcelle élémentaire autour des trois individus tirés au hasard lors des suivis des paramètres physiologiques. Les carrés de rendement étaient de 1m<sup>2</sup>.

Après la récolte de la biomasse aérienne, les épis sont séparés des tiges et des feuilles. Le poids des échantillons de graine a été obtenu après avoir séparé les rafles des graines suivies d'un séchage à l'étuve jusqu'à poids constant. Le poids des résidus de récolte correspond aux poids des tiges, feuilles et rafles par traitement après séchage à l'étuve jusqu'à poids constant.

#### 2.4.9. Traitement de données

Les données des paramètres de croissance, des traits physiologiques et de rendement (grains et résidus) sont saisies sur le tableau Excel et soumises à une analyse de variance (ANOVA) pour déterminer s'il apparaît des différences significatives entre les traitements. S'il apparaît une différence, un test de comparaison des moyennes de Fisher au seuil de 5% est appliqué afin d'identifier ou non des groupes évidents.

### 3. RESULTATS

#### 3.1. Teneur relative en eau (TRE)

Les teneurs relatives en eau (Fig. 3) sont en valeur absolue plus élevées dans les parcelles traitées avec du biofertilisant (59,1 %) et avec de l'engrais 15-15-10 (55,9 %). Ces derniers sont significativement différents de la parcelle témoin d'après l'ANOVA et le test de comparaison des moyennes de Fisher appliqués au seuil de 5%.

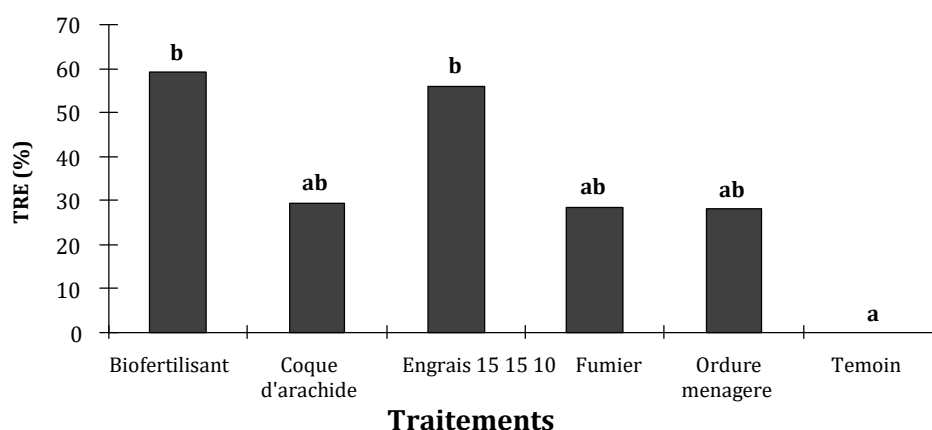


Fig. 3. Variation de la teneur relative en eau selon les traitements.

Fig. 3. Variation of relative water content according to treatments.

### 3.2. Surface spécifique foliaire (SSF) et teneur en matière sèche foliaire (TMSF)

L'ANOVA et le test de comparaison des moyennes de Fisher au seuil de 5% portés sur les données de la surface spécifique foliaire (SSF) et le teneur en matière sèche foliaire (TMSF) montrent une différence significative entre les traitements (Fig. 4).

Les valeurs moyennes respectives de SSF et TMSF sont de 23,7 m<sup>2</sup>/kg et 199,9 mg/g pour les parcelles de Biofertilisant et 14,2 m<sup>2</sup>/kg et 197,3 mg/g pour les parcelles amendées avec de l'engrais NPK. Ces valeurs de SSF et la TMSF sont relativement plus importantes dans ces parcelles que pour les autres traitements.

### 3.3. Teneur en chlorophylle et conductance stomatique

L'analyse de variance et le test de comparaison de Fisher au seuil de 5% portés sur les données de la teneur en

chlorophylle (Fig. 5) révèlent une différence significative entre les moyennes enregistrées sur les parcelles témoin et celles amendées avec de l'engrais NPK et du biofertilisant. Pour la conductance stomatique (Fig. 6), les moyennes des parcelles amendées par des ordures ménagères se discriminent de celles témoin.

### 3.4. Rendements en graines du sorgho CE 180-33

Les rendements du sorgho (CE 180 33) ont varié de plus 50 kg/ha pour les parcelles traitées à base du biofertilisant et 227,4 Kg/ha pour les parcelles ayant reçu l'engrais NPK 15-15-10. L'ANOVA et le test statistique de Fisher au seuil de 5% ont donc montré que le rendement en

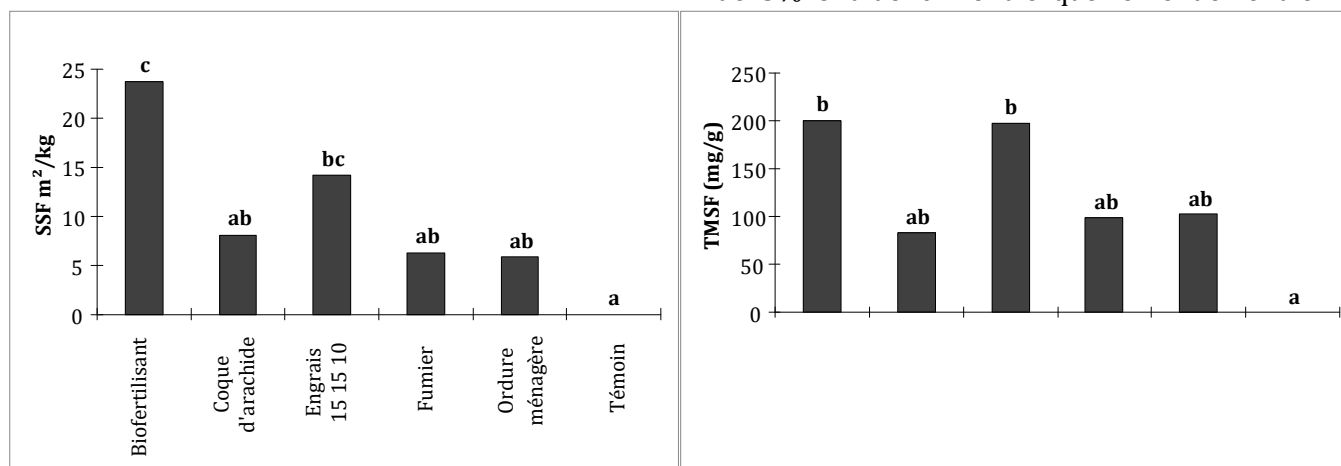


Fig. 4. Variation de la surface spécifique foliaire (A) et de la teneur relative en matière sèche des feuilles (B) selon les traitements.

Fig. 4. Variation of specific leaf surface area (A) and relative leaf dry matter content (B) according to treatments.

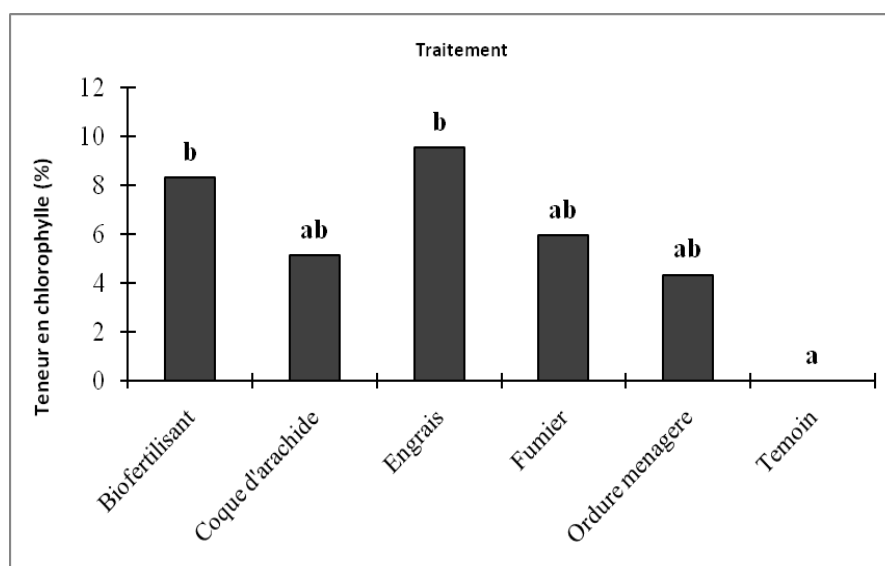
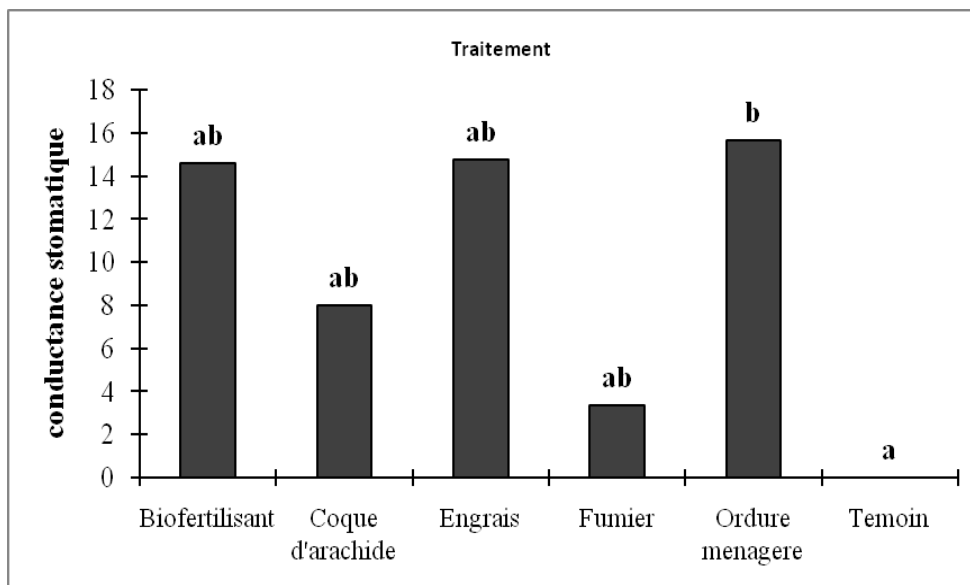
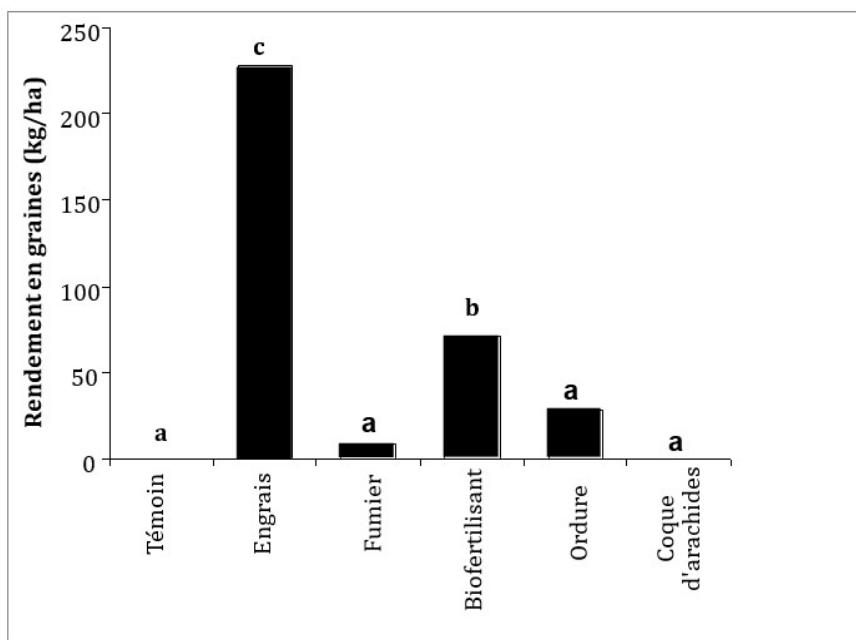


Fig. 5. Variation de la teneur en chlorophylle dans les feuilles selon les traitements.

Fig. 5. Variation of chlorophyll content in leaves according to treatments.



**Fig. 6.** Variation de la conductance stomatique selon les traitements.  
**Fig. 6.** Variation of stomatal conductance according to treatments.



**Fig.7.** Variation du rendement en graine de sorgho en fonction des amendements.  
**Fig. 7.** Variation in sorghum seed yield as a function of amendments.

graines de sorgho (*CE 180-33*) est significativement plus important sur les parcelles traitées avec l'engrais NPK et le biofertilisant que sur les parcelles témoin (Fig. 7).

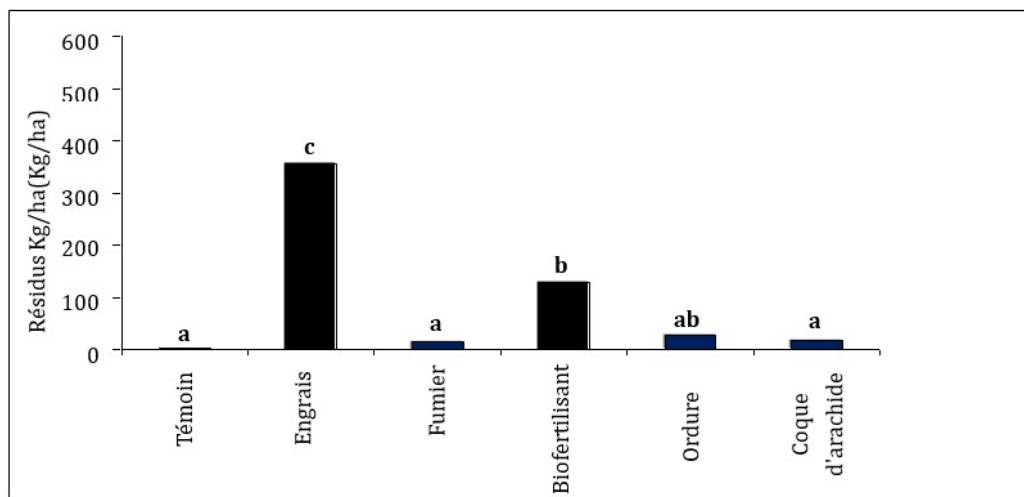
### 3.5. Résidus de récolte de la variété de Sorgho CE 180-33

L'analyse portée sur les données de résidus de récoltes de la variété de sorgho (*CE 180-33*) permet de discriminer les parcelles traitées avec

de l'engrais NPK 15-15-10 avec un rendement de 357 kg/ha des autres parcelles (Fig. 8). En outre, un effet traitement apparaît sur les parcelles amendées par le biofertilisant (128,4 kg/ha) comparées aux parcelles témoin. Les autres traitements ne dépassent guère 28kg/ha.

## 4. DISCUSSION

La TRE de même que le SSF et la TMSF sont de bons indicateurs de l'état hydrique de la plante (Garnier et al., 2004). Les teneurs relatives en



**Fig. 8.** Variation des résidus de sorgho selon les amendements.  
**Fig. 8.** Variation of sorghum residues according to amendments.

eau des plants des parcelles traitées avec du biofertilisant (59,1 %) et de l'engrais NPK (55,9 %) plus élevées en valeur absolue semblent être moins stressés.

En condition de stress hydrique, les processus photosynthétiques sont affectés provoquant ainsi une perturbation de nombreux processus physiologiques et métaboliques comme le soulignent Büssis et al. (1998, in Kasraoui, 2004). Elle s'accompagne d'une perte de turgescence suivie de la fermeture des stomates (Braham, 1997, in Kasraoui, 2004) permettant ainsi à la plante de réduire ses pertes d'eau par transpiration (Tardieu et Dreyer, 1997).

Certains auteurs soulignent que cette modification peut aussi s'accompagner d'une réduction de la surface spécifique foliaire (Lawlor, 2002 ; Farineau et Morot Gaudrey, 2006). Les plants soumis à un stress salin limitent ainsi leur perte d'eau en réduisant la transpiration suite à une fermeture des stomates ou à une diminution de la surface évaporante. Les plants témoins avec une surface foliaire et une teneur en matière sèche plus faibles semblent être plus stressés. En outre, les parcelles traitées avec le fumier et les ordures ménagères comportent les plants à SSF plus faible que celles traitées avec du biofertilisant.

A l'exception des plants des parcelles traitées avec du biofertilisant, tous les plants suivis des parcelles témoins et des quatre autres traitements sont à SSF et à TMS plus faibles. Cette réduction des traits foliaires notée en condition de stress salin pour cette variété de sorgho a été signalée par Diagne (2000) et Diouf (2003) chez *Acacia tortilis* soumis à un stress

hydrique en zone sahélienne. Ces faibles valeurs de SFS et de TMS indiqueraient un développement limité de surface photosynthétique suite à l'acquisition de ressources limitées dans les habitats à faible productivité (Reich, 1997 ; Aerts et al., 1993 ; Diagne, 2011) avec une longévité des organes importants et une capacité de stockage des nutriments dont l'azote dans les feuilles (Grime, 1977 ; Westoby, 1988). Lors d'un déficit hydrique, la réduction de la surface foliaire est associée à une diminution de l'expansion foliaire plus qu'à une sénescence accélérée des feuilles comme le révèlent Diagne (2000), Diouf (2003), Parry et al. (2005) Lebon et al. (2006) et Diagne (2011). Cependant, si le stress persiste, on assiste à une réduction de la vitesse de croissance foliaire suivi d'un arrêt de l'extension foliaire (Parida et Das, 2005). Ces processus qui affectent la photosynthèse, la synthèse des protéines et d'autres métabolismes énergétiques conduisent à la réduction de synthèse et du stockage de réserve foliaire par le plant modifiant ainsi sa teneur en matière sèche foliaire (TMS).

Les valeurs élevées de TMS dans les parcelles traitées avec du biofertilisant et de l'engrais indiqueraient une bonne stratégie de conservation des ressources comme le signale Grogga et al., 2018. Cette stratégie permet aux plantes de synthétiser et d'accumuler plus de réserves dans les tissus foliaires (Reich et al., 1997) et de minimiser les besoins nutritifs (Berendse et Aerts, 1987) en conditions de stress. Un tel comportement physiologique faciliterait le maintien de certains végétaux sur

les sols affectés par la salinité qui se caractérisent par une dégradation de leur structure (Anonyme, 2009) et une faible nitrification (Mengel et Kirkby, 1982). Les parcelles traitées avec de l'engrais ont une teneur en chlorophylle plus élevée comparée aux parcelles des témoins. En effet, l'engrais et le biofertilisant sont des matières finies directement utilisables par les plantes comparées aux autres traitements qui nécessitent une décomposition. La décomposition est très lente liée à la faible teneur en microorganismes ; ce qui fait que les sols salés sont pauvres en azote.

La salinité des sols provoque un déséquilibre ionique du fait qu'il y a une compétition entre les ions  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $Ca^{2+}$ . L'apport de ces amendements surtout l'engrais et le biofertilisant permet de ralentir ou supprimer cette compétition du fait que  $Na^+$  sera remplacé par  $K^+$ . ce dernier entre en jeu dans les phénomènes d'ajustement osmotiques lorsque la solution du sol devient très salée. L'ajustement osmotique permet à la plante de maintenir ses stomates ouverts, donc d'assurer ses activités photosynthétiques. Il en résulte un taux de chlorophylle plus important pour les parcelles traitées avec de l'engrais et du biofertilisant que dans les autres parcelles. Des études ont montré que chez la plupart des plantes, l'accroissement de la salinité s'accompagne d'une diminution des pigments chlorophylliens. L'augmentation des teneurs en chlorophylle totale est la conséquence de la réduction de la taille des cellules foliaires sous l'effet d'un stress hydrique qui engendre une plus grande concentration (Siakhène, 1984). Par contre, la chute des teneurs en chlorophylle est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance à l'entrée du  $CO_2$  atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (Bousba et al., 2009). La quantité de la chlorophylle des feuilles peut être influencée par beaucoup de facteurs tels que l'âge des feuilles, la position des feuilles, et les facteurs environnementaux tels que la lumière, la température et la disponibilité en eau (Hikosaka et al., 2006).

Pour limiter la transpiration tout en assurant l'absorption du  $CO_2$  nécessaire à la photosynthèse, l'économie de l'eau dans le végétal se traduit par une turgescence des cellules entraînant ainsi une dilution de la chlorophylle (Slayter, 1974) en condition de stress. Les résultats de Tahri et al., (1997)

indiquent que l'augmentation de la teneur en proline foliaire sous l'effet du stress est suivie par un abaissement dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (Chlorophylles a et b). De plus, Tahri et al., (1997) révèlent une certaine proportionnalité, mais inverse, entre les teneurs en proline accumulées et les teneurs en pigments chlorophylliens perdues. Ainsi la variété qui accumule plus de proline est aussi celle qui connaît la plus forte diminution de ses teneurs en pigments chlorophylliens et vice versa (Tahri et al., 1997). La teneur en chlorophylle constitue donc un bon indicateur du seuil de tolérance au stress hydrique comme le signalent Merabta et al., 2018 et Guettouche (1990).

Les valeurs de conductance stomatique plus élevée sur les parcelles traitées avec des ordures ménagères pourraient s'expliquer par un degré d'ouverture des stomates plus élevée sur ces parcelles que celles témoins. Ces faibles valeurs obtenues sur les parcelles témoins dont les plants sont plus stressés corroborent les résultats de Bousba et al., (2009) pour le blé qui répond au stress hydrique par une augmentation dans la résistance stomatique. La fermeture prolongée des stomates entraîne l'arrêt des processus photosynthétiques pouvant ainsi induire une réduction du rendement (Bousba et al., 2009). Du point de vue physiologique, la présence considérable de sel dans le sol affecte plusieurs activités métaboliques notamment la synthèse de protéines et d'autres acides nucléiques, l'accumulation de solutés organiques, ainsi que la balance hormonale (Levigneron et al., 1995 ; Bell, 1999). Ces auteurs révèlent que les fortes concentrations de sels dans le sol entraînent des lésions au niveau du plasmalemme, des changements de la structure et la perméabilité de la couche lipidique des cellules racinaires aux biomolécules et réduisent les flux respiratoire et photosynthétique. Ces modifications entravent le contrôle de l'ouverture et de la fermeture des stomates qui permettait à la plante de réduire les pertes en eau et ainsi, maintenir une teneur en eau des tissus élevés (Djekoun et Planchon, 1992 ; Djekoun et Ykhlef, 1996). Il s'ensuit une réduction des processus photosynthétiques et donc des rendements.

La conductance stomatique est un indicateur du taux de transpiration foliaire et donc de l'état hydrique de la plante. La transpiration foliaire est régulée par les stomates (Jarvis et Morison, 1981 ; Meinzer, 1993). En tant qu'indicateur du

niveau de transpiration, la conductance stomatique est directement liée aux échanges gazeux, d'où sa forte corrélation avec la photosynthèse. La fermeture des stomates entraîne une réduction de la conductance stomatique et de la photosynthèse qui s'accompagne d'une augmentation de la température foliaire. Selon Leigneron et al. (1995) et Bell (1999), les fortes concentrations de sels dans le sol réduisent les flux transpiratoire et photosynthétique.

Les rendements en grain des parcelles traitées avec de l'engrais NPK et du biofertilisant sont significativement différents de ceux des autres parcelles. L'apport du NPK et du biofertilisant semble améliorer l'alimentation hydrominérale des plants du sorgho *CE 180 33* dans ces parcelles. Cette modification du statut hydrominéral semblerait être à l'origine de l'accroissement des rendements en graines et en résidus de récolte dans ces parcelles amendées avec de l'engrais et du biofertilisant. Sur les autres parcelles surtout celles témoins, le rendement est très faible voir nul. Ce faible rendement pourrait résulter de l'effet du stress salin dans ces parcelles témoins comme le signale Tester et Davenport (2003). Ces auteurs indiquent que la salinisation des sols, fléau majeur, serait à l'origine de la baisse des rendements agricoles suite à une réduction de la croissance et le développement des plantes. Cette inhibition de la croissance des plantes peut être due soit à une toxicité ionique (surtout de  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ ) soit à un stress osmotique ou une perturbation nutritionnelle (Greenway et Munns, 1980 ; Levigneron et al., 1995). Tambussi et al., (2007) révèlent aussi qu'une diminution des teneurs en Chlorophylles perturbe le mécanisme photosynthétique des parties supérieures de la plante, feuilles et épis, altérant sévèrement le remplissage des grains et affectant ainsi le rendement.

## 5. CONCLUSION

L'engrais et le biofertilisant améliorent plus le statut hydrique des plants et favorisent le stockage de pigments chlorophylliens. Les processus photosynthétiques qui en découlent induisent une synthèse et un stockage de substance favorable à croissance foliaire donc résulte une SSF et une TMSF plus élevées. Cet état physiologique de ces parcelles traitées avec de l'engrais et du biofertilisant leur confèrent un rendement en graines et en résidus de récolte plus important que ceux des autres parcelles. Il s'avère opportun de poursuivre les

investigations en étudiant l'évolution de la salinité des différentes parcelles aménagées en rapport avec le type d'amendement et les traits fonctionnels de cette variété sur plusieurs saisons consécutives.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la coopération allemande DAAD pour le financement accordé pour la réalisation de l'essai qui a abouti à ce présent article scientifique.

## REFERENCES

- Aerts R. & Van der Peijl M., 1993 - A simple model to explain the dominance of low-productive perennials in nutrient-poor habitats. *Oikos*, 66: 144-152.
- Bajji, M., Kinet, J.M., Lutts, S., 1998: Salt stress effects on roots and leaves of *Atriplex halimus* L. and their corresponding callus cultures. *Plants Science*, 11(137): 131-142.
- Bell J., 1999. Diversity training long-term commitment for companies. *Business First*, 19, 34p.
- Beleldjoudi, Z., Daoud, Y. (2002), Conséquence de la salinité sur l'antagonisme  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  chez six cultivars de blé dur. III<sup>ème</sup> Journées scientifiques sur le blé. 11-12-13 Février G.B.B.V.D.S.N.V.- I.T.G.C., Univ. Mentouri, Constantine: 98-99.
- Berendse F., & Aerts R. 1987. Nitrogen-use efficiency: a biologically meaningful definition? *Functional Ecology*, 1: 293-296.
- Bousba, R. Ykhlef, N. and Djekoun, A. 2009. Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum* Desf). *World Journal of Agricultural Sciences* 5: 609 -616.
- Chapin F. S. 1980, The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11: 233-260.
- Craine J.M., Berin D.M., Reich P.B. & Tilman D.G. 1999. Measurement of leaf longevity of 14 species of grasses and forbs using a novel approach. *New Phytologist*, 142 : 475-481.
- Diagne A. L., 2000- Influence d'un déficit pluviométrique sur le fonctionnement hydrique foliaire d'*Acacia tortilis* en zone semi-aride (Ferlo-Nord, Sénégal), Thèse de doctorat de 3<sup>e</sup> cycle IES, UCAD, Dakar, 111p.
- Diagne A., 2011 - Etude de la dynamique et des traits fonctionnels de trois espèces ligneuses en milieu salé : *Acacia nilotica* subsp *adansonii* (Guill. et Perr.) Brenan, *Acacia seyal* Del. Et *Melaleuca acacioides* F. Muell. Msc, ENSA/Université de Thiès, 58p.

- Diatta C. et Diemé G., 2012. Statut hydrique, surface spécifique et biomasse foliaires d'*Acacia nilotica* var *adansonii* (Guil. Et Perr.) O. Ktze et *Acacia seyal* Del. En milieu salé à Ndoff, Région de Fatick (Sénégal), Licence en aménagement et gestion durable des écosystèmes forestiers et agroforestiers, Université de Ziguinchor, 30p.
- Diouf M. 2003. Caractéristiques fondamentales de la feuillaison d'une espèce ligneuse sahélienne : *Acacia tortilis* (Forsk) Hayne. Variations selon les microsites topographiques au Ferlo (Nord-Sénégal). Thèse de doctorat de 3<sup>e</sup> cycle, UCAD, FST, Dakar, 104p.
- Djekoun A. & planchon C. 1992. Stomatal conductance photosynthesis and acetylene reduction rate in Soybean genotypes. *Can. J.Plant sci.*72: 383 - 390 p.
- Djekoun A. & Ykhlef N. 1996. Déficit hydrique, effets stomatiques et non-stomatiques et activité photosynthétique chez quelques génotypes de blé Tétraploïdes. 3<sup>ème</sup> Réunion du réseau SEWANA, de blé dur IAV HASSAN II (Maroc). I Harrach : 90p.
- Fall A. A. et Lô M., 2009 - Etude de référence du programme sur la productivité agricole au senegal dans le cadre du projet WAAPP. Le cas des céréales : mil, sorgho, maïs et fonio, 138p.
- Farineau J. & Morot Gaudry J.F., 2006 - La photosynthèse. Processus physiques, moléculaires et physiologiques. INRA, Paris, 403p.
- Garnier E., Cortez J., Billes G., Navas M. L., Roumet C., Debussche M., Laurent G., Blanchard A., Aubry D., Bellmann A., Neill C. & Toussaint J. P., 2004 - Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession, *Ecology*, 85 (9) : 2630-2637.
- Greenway H., et Munns R., 1980. Plant response to saline substrates; II. Chloride, sodium and potassium uptake and translocations in young plants of hordeum vulgare during and after sodium chloride treatment. *Aust. J. Biol. Sci.*, 15: 39-57.
- Groga N., Diomande M., Beugre G. A. M., Ouattara Y., et Akaffou D. S. 2018. Étude comparative de la qualité de la symbiose (*Anabaena azollae*, *Azolla caroliniana*), du compost et du NPK sur la croissance végétative et le rendement de la tomate (*Lycopersicon esculentum* mill. Solanacée) à Daloa (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences* 129 : 13004 -13014. DOI : 10.4314/jab.v129i1.4
- Harlan, J.R. De Wet, S.M.J. (1972). A simplified classification of cultivated sorghum. *Crops science* 12: 172.176.
- Hikosaka K., Ishikawa K., Borjigidai A., Muller O. & Onoda Y. 2006. Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate. *J. Exp. Bot.* 57 : 291-302 p.
- ISRA-ITA-CIRAD, 2005 - Bilan de la recherche agricole et agro-alimentaire 1964-2004, 524p
- Jafari M., Chahouki M. A., Tavili A. & Azarnivand H., 2003 - Soil-vegetation relationships in Hoz-e-soltan Region of Qom Province, Iran. *Pak. J. of Nutrition*, 2 (6): 329-334.
- Lawlor D. W., 2002 - Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs. Metabolism and the role of ATP. *Annals of Botany*, 89: 871-885.
- Lebon E, Pellegrino A, Louarn, Lecoœur J., 2006 - Branch development controls leaf area dynamics in grapevine (*Vitis vinifera*) growing in drying soil. *Annals of Botany*, 98: 175-185.
- Levigneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P., Case-Delbart F., 1995. Les plantes face au stress salin. *Cah. Agric.* 4 : 263-273.
- Ly M. O, 2009. Diversité et production fourragère des sols sales de la vallée du Sine Saloum : cas des terroirs de Diouroup, Keur Alpha et Kossi au Sénégal. DEA, FST/UCAD, Dakar, 39p.
- Mengel K. & Kirkby A. E. 1982. "Nitrogen." In Principles of plant nutrition: International Potash Institute, K. Mengel, E. A. Kirkby (Eds). Worblaufen - Bern, 335-328.
- Merabta S., Zerafa C., et Benlaribi M., 2018. Y a-t-il une relation entre teneur en chlorophylle et accumulation de la proline chez les céréales à paille sous déficit hydrique? *European Scientific Journal* May 2018 edition Vol.14, No.15 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857-7431. Doi: 10.19044/esj.2018.v14n15p234.
- Ngom F. D., Malou R., Dacosta H., Mendy A., 2002.- Contrainte climatique des nappes d'eau souterraines en zone soudano-sahélienne : cas de la nappe phréatique du bassin de la Néma dans la région du Sine au centre ouest du Sénégal. *AJST*, 3 (1), 7p.
- Niang A. I., 1985 - Etude des reboisements sur les terres salées de Sine Saloum (Sénégal) : Bilan et perspectives de douze années de recherche. Mémoire de fin d'étude, CNEARC, ESAT, Montpellier ; 126 p.
- Parida A.K., Das A. B. 2005 Salt tolerance and salinity effects on plants : a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60 324-349.
- Parry M. A. J., Flexas J. & Medrano H., 2005 - Prospects for crop production under drought:

- research priorities and future directions. *Annals of Applied Biology* 147: 211-226.
- Reich, P.B., Walters, M.B. & Ellsworth, D.S., 1997 - From tropics to tundra: global convergence in plant functioning. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 94 : 13730-13734.
- Sadio S., 1985 - Recherche sur la tolérance aux sels des essences forestières. Rapport d'activités, ORS TOM/Dakar, 18p.
- Sadio S., 1991. Pédogénèse et Potentialités forestières des sols sulfates acides sales des tannes du Sine Saloum, Sénégal. Thèse de Doctorat, Université Nancy 1 France, 269p.
- Samb C.O., Wade D., Faye E. et Diaw M.M., 2020. Effet du stress salin sur la croissance de quatre provenances d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) en milieu semi-contrôlé, *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [Online], Regards / Terrain, Online since 05 October 2020, connection on 10 December 2024. URL.DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.28462>.
- Sarr A., 1994 - Evaluation des potentialités agroforestières des terres salées du Sine-Saloum. DEA en Sciences de l'Environnement, FST/UCAD, 79p.
- Siakhène N. 1984. Effet du stress hydrique Sur quelques espèces de luzerne Annuelle. Mémoire ing Agr. INA. El Harrach, 90 p.
- Szabolcs L., 1979. Review of research on salt-affected soils. *Natural Resources. Research XV, UNESCO*, Paris. 15 : 31-40 et 53-89.
- Tambussi, E.A., J. Bort and J.L. Arau s. 2007. Water use efficiency in C3 cereals Under Mediterranean conditions: a review of physiological aspects. *Ann. Appl. Biol.*, doi :10.1111/j.17447348.2007.00143. x.
- Tardieu F.& Dreyer E., 1997 - "Régulation des échanges gazeux par les plantes soumises à la sécheresse". In L'eau dans l'espace rural. Production végétale et qualité de l'eau. INRA-Editions, 41-59.
- Tester M, Davenport R. J., 2003. Na<sup>+</sup> transport and Na<sup>+</sup> tolerance in higher plants. *Annals of Botany*, (91) ; 503 -27.
- Thiam M.D., 1986. Géomorphologie, Evolution, Sédimentologie des terrains sales du Sine Saloum (Sénégal), Thèse de 3eme Cycle, Univ. Paris 1, 186p. www.sist.sn
- Violle C., Navas M. L.; Vile D., Kazakou E., Fortunel C., Hummel I. & Garnier E., 2007 - Let the concept of trait be functional, *Oikos* 116 (5): 882-892.
- Watson R.T., Zinyowera M.C., Moss R.H., 1996.- Technologies, Policies and Measures for Mitigating Climate Change (Techniques, politiques et mesures pour atténuer les changements climatiques). Comité intergouvernemental pour les changements climatiques. 87p.
- Westoby M., 1988. Comparing Australian ecosystems to those elsewhere. *Bioscience* 38 : 549-556.