

## Etude comparative des paramètres morphophysiological d'adaptation à la sécheresse de morphotypes d'igname (Waogo et Nyù) cultivés au Burkina Faso

### [ Comparative study of the morphophysiological parameters of adaptation to drought of yam morphotype (Waogo and Nyù) cultivated in Burkina Faso ]

Edmond Dondasse<sup>1</sup>, Adama Pascal Kihindo<sup>1</sup>, Djakaridja Tiama<sup>2</sup>, Badoua Badiel<sup>1</sup>, and Gérard Zombre<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département de Biologie et Physiologie végétales, Unité de formation et de recherche en sciences de la Vie et de la Terre, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

<sup>2</sup>Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Yam is a tuber cultivated mainly in West Africa. Its culture faces biological and non-biological constraints of climatic types especially. The increasingly high temperatures as well as the bad spatio-temporal distribution accentuate the aridity of the grounds which considerably disturb the development even the production of yam. The objective of this study was to compare the morphophysiological adaptation responses of yam morphotypes subjected to water stress and to determine the portion of the seedling and the water regime suitable for a cultivation of yam in semi-arid zones. even arid. To do this, two morphotypes of yam «waogo» (*Dioscorea alata*) and «nyù» (*D. cayenensis* - *D. rotundata* complex) were grown in pots in real conditions. The tubers of each morphotype were divided into three portions and then subjected to three water regimes. Environmental and morphophysiological parameters were noted during the study.

For all the parameters studied, the results show that the «nyù» is more tolerant of water deficit than the «waogo» with a larger root biomass and leaf area and lower transpiration. This study reveals that depending on the portion of the seed used and water regime, «nyù» and «waogo» have differentiated behaviors.

**KEYWORDS:** Yam; water regime; portion of the seed; morphotype; drought tolerant.

**RESUME:** L'igname est un tubercule cultivé majoritairement en Afrique de l'Ouest. Sa culture fait face à des contraintes biologiques et non biologiques de types climatiques surtout. Les températures de plus en plus élevées ainsi que la mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies accentuent l'aridité des sols qui perturbent considérablement le développement voire la production de l'igname. L'objectif de cette étude est de comparer les réponses morphophysiological d'adaptation de morphotypes d'igname soumis à une contrainte hydrique et de déterminer la portion du semenceau et le régime hydrique convenable pour une culture de l'igname en zone semi-aride voire aride. Pour ce faire, deux morphotypes d'igname que sont le « waogo » (*Dioscorea alata*) et le « nyù » (complexe *Dioscorea cayenensis* - *Dioscorea rotundata*) ont été cultivés dans des pots en conditions réelles. Les tubercules de chaque morphotype ont été divisés en trois portions puis soumis à trois régimes hydriques. Les paramètres environnementaux et morphophysiological ont été notés durant l'étude.

Pour l'ensemble des paramètres étudiés, les résultats montrent que le « nyù » se révèle plus résistant au déficit hydrique que le « waogo » avec une biomasse racinaire et surface foliaire plus importante et une transpiration plus faible. Cette étude révèle qu'en fonction de la portion du semenceau utilisée et du régime hydrique, le « nyù » et le « waogo » ont des comportements différents.

**MOTS-CLEFS:** Igname; régime hydrique; portion du semenceau; morphotype; tolérance à la sécheresse.

## 1 INTRODUCTION

L'igname constitue l'un des principaux tubercules cultivés en Afrique au Sud du Sahara. Parmi les espèces d'igname, seules *Dioscorea alata* et le complexe *D. cayenensis* - *D. rotundata* font l'objet d'une culture à grande échelle, surtout en Afrique, et présentent une importance économique réelle [11]. L'igname est connue pour sa grande contribution à la sécurité alimentaire [7], mais aussi pour son important rôle socioculturel [29]; [28], et économique. De la petite production familiale à la véritable culture de rente, la culture de l'igname est d'un apport très important chez les populations.

Le rendement de la culture de l'igname demeure particulièrement faible au Burkina Faso avec 6951,5 Kg ha<sup>-1</sup>, comparé à la moyenne sous régionale et mondiale (8455,6 Kg.ha<sup>-1</sup>) de la même année 2017 [14].

Au Burkina Faso, ces rendements fluctuent beaucoup en fonction de la forte variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie. Cette baisse des rendements agricoles en raison des mauvaises conditions pédoclimatiques conduit inéluctablement à l'insécurité alimentaire croissante, à la vulnérabilité des communautés agricoles, à la réduction des revenus des ménages et à une augmentation de la pauvreté [34]. Par conséquent, il est crucial de développer de nouvelles variétés adaptées aux nouvelles conditions environnementales pour nourrir 9,1 milliards de personnes en 2050 [37]; [31]. Au Burkina Faso, le « nyù », un morphotype du complexe *Dioscorea cayenensis* - *rotundata* [18]; [40] est cultivé uniquement dans la région du Nord [5]; [4]; [12] qui a un total annuel des précipitations inférieur 700mm [4]; [22] et une saison de pluie qui dure au maximum trois (03) mois. Le « nyù » tolérerait l'aridité climatique de cette zone du Burkina contrairement au « waogo » qui prospère très difficilement dans la région du Nord [36]. Cependant le « waogo », un morphotype de *Dioscorea alata*, serait exigeant en eau et est cultivé dans certaines régions du pays (Centre Ouest, Boucle du Mouhoun Haut bassin, Sud-Ouest, Cascade) [22] qui ont une pluviométrie nettement supérieure à 700mm.

Le « waogo » a un cycle de culture plus long que le « nyù » et fait souvent face à la fois à la sécheresse intermittente et à la sécheresse terminale. Par conséquent, les différences dans les besoins en eau existent certainement entre le « nyù » et le « waogo » principalement du fait de la différence du cycle. Cependant, il n'y a eu jusqu'à présent aucune estimation précise de ces différences de besoin en eau [7], de leur variation au cours des saisons et au sein de chaque espèce. Quel qu'en soit le morphotype le développement de la plante et sa productivité, selon [24], seraient considérablement influencés par certaines caractéristiques du fragment semence qui seraient fonction de l'état physiologique du tubercule ou des différentes parties du tubercule.

Pour élucider cette préoccupation, nous avons mené une étude qui vise à comparer, en fonction du régime hydrique, la réponse morphophysique du waogo et du nyù au Burkina Faso afin de renseigner les producteurs sur les fréquences optimales et rationnelles d'irrigation et sur les portions de semence qui permettent un bon rendement.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 MILIEU

L'essai a été conduit dans le jardin expérimental de l'Unité de Formation et de Recherche en Science de la Vie et de la Terre (UFR/SVT) de l'Université Joseph KI-ZERBO en condition naturelle d'éclairage, de température et d'hygrométrie de juin à décembre. Le jardin est situé à 319m d'altitude, 12°22'45,6" de latitude Nord et 001°29'52,3" de longitude Ouest. La pluviométrie annuelle de cette zone varie entre 600 et 900mm [35].

Durant notre étude, les températures et humidités relatives ont respectivement varié entre 21°C et 40°C et entre 91% et 38%. La température et l'humidité relative relevées ont varié en sens inverse avec l'installation de la saison des pluies. La composition de la terre utilisée est consignée dans le tableau ci-après:

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimique du substrat de culture fournie par le BUNASOL

Matière organique totale	Carbone total	Azote total	Phosphore total	Phosphore assimilable	Potassium total	C.E.C (T)	pH eau
2,286%	1,326%	0,176%	1042,85ppm	18,58ppm	2698,41ppm	8,48még/100g	6,43

C.E.C. (T): Capacité d'Echange Cationique

Source: Bureau National des Sols (BUNASOL)

## 2.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

L'étude a porté sur deux morphotypes d'igname: le « nyù » (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) et le « waogo » (*Dioscorea alata*) dont les caractéristiques sont les suivantes:

**Tableau 2. Caractéristiques agronomiques des morphotypes « waogo » et « nyù »**

Caractéristiques	« nyù »	« waogo »
Origine	Burkina faso	Asie
Port	Volubile	Volubile
Durée du cycle	6 à 8 mois	7 à 9 mois
Croissance	Indéterminé	Indéterminé
Couleur des feuilles	Vert foncé	Vert
Couleur de la tige	Violet	Vert
Couleur des tubercules	Brun jaunâtre	Noir
Résistance (+) et sensible (-) aux maladies (insectes, virus)	Mosaïque de l'igname (+) Anthracnose (+)	Mosaïque de l'igname (-) Anthracnose (-)

## 2.3 MÉTHODE DE CULTURE

En raison de la difficulté pour quantifier l'utilisation de l'eau des cultures au champ, les morphotypes ont été cultivés en pot afin d'améliorer la connaissance des besoins en eau de ces cultures.

L'essai a été réalisé selon un dispositif en blocs complets randomisés à trois (03) facteurs et à trois (03) répétitions. Le premier facteur est le morphotype, le deuxième facteur est la portion du semenceau utilisée et le troisième facteur est le régime hydrique (plantes arrosées tous les deux jours (J2), tous les trois jours (J3) et tous les quatre jours (J4)). Chaque bloc se compose de dix huit (18) pots et le même régime hydrique est appliqué aux plants du même bloc. Les plantations ont été réalisées à raison de deux semenceaux par pot. La quantité d'eau apportée, à chaque arrosage, a été de 2000ml qui correspond à la capacité au champ du substrat de culture. Chaque pot a contenu seize (16) kg de terre préalablement tamisée à l'aide d'un tamis à 2mm.

## 2.4 PARAMETRES OBSERVES ET TRAITEMENTS DE DONNEES

Au court de l'étude, la température et l'humidité relative de l'air ont été enregistrées pour déterminer l'impact des facteurs environnementaux sur les plantes. Seules les valeurs minimales et maximales journalières ont été retenues. Les mesures quotidiennes ont été faites à l'aide d'un thermohygromètre de marque HANNA HI 9564. Le nombre de feuilles, la longueur de la tige, la surface foliaire, la transpiration foliaire, la surface foliaire spécifique, le taux de matière sèche et la transpiration efficace ont été évalués. A la fin de l'essai, la longueur, la largeur et la surface de la feuille ont été mesurées à l'aide d'un planimètre mesureur laser portable de marque CI-202 / CID Biosciences. Les feuilles du même étage foliaire ont été utilisées pour les mesures. Les biomasses sèches, plantes et racines, de chaque plante et pour chaque traitement ont été mesurées après séchage des organes végétatifs (les racines, tiges et feuilles) à l'étuve à 105°C pendant 24heures. La mesure du poids s'est faite à l'aide d'une balance électronique de marque DENVER AC-1200D de précision 0,001, pour évaluer le poids sec de la partie racinaire et le poids sec de la plante.

Les moyennes et les erreurs standards ont été calculées à l'aide d'un tableur excel version 2013. Les données ont été analysées à l'aide du logiciel XLSTAT version 7.5.2. Les différentes moyennes ont été comparées au test de Tukey au seuil de 5% de probabilité.

## 3 RÉSULTATS

### 3.1 INFLUENCE DE LA PORTION DU SEMENCEAU SUR LE COMPORTEMENT DU « NYU » ET DU « WAOGO »

L'analyse de la variance, nous montre que la portion du semenceau n'a pas influencé la largeur ( $p=0,718$ ) et la longueur ( $p=0,653$ ) des feuilles chez le « nyù » et le taux de matière sèche ( $p=0,891$ ) chez le « waogo ». Par contre, il existe des différences significatives au niveau des paramètres comme la biomasse plante, racines, la surface foliaire, le nombre de feuilles, la

transpiration totale, la transpiration efficiente et la surface spécifique foliaire aussi bien chez le « nyù » que chez le « waogo » (Tableau 3).

**Tableau 3.** Influence de la portion du semenceau sur la croissance de l'igname. Moyenne  $\pm$  écart type. Les différentes lettres à côté des moyennes indiquent les différences significatives après le test de Tukey ( $p=0,05$ ). P: probabilité. V1: « nyù »; V2: « waogo »

Paramètres	Portion du semenceau						P	
	Apicale		Médiane		Basale		V1	V2
	V1	V2	V1	V2	V1	V2		
Biomasse plantes (g)	25,62 $\pm$ 0,98b	48,58 $\pm$ 0,50a	29,77 $\pm$ 0,54a	27,14 $\pm$ 0,57c	18,99 $\pm$ 0,48c	40,68 $\pm$ 0,16b	0,0001	0,0001
Biomasse racines (g)	14,69 $\pm$ 0,52a	13,44 $\pm$ 0,25a	12,17 $\pm$ 0,26b	4,99 $\pm$ 0,30c	3,15 $\pm$ 0,31c	12,44 $\pm$ 0,31b	0,0001	0,0001
Largeur feuilles (cm)	10,06 $\pm$ 0,16a	10,52 $\pm$ 0,05ab	9,25 $\pm$ 0,24a	9,79 $\pm$ 0,32b	10,80 $\pm$ 0,09a	13,19 $\pm$ 0,01a	0,718	0,04
Longueur feuilles (cm)	13,86 $\pm$ 0,31a	19,54 $\pm$ 0,39c	13,40 $\pm$ 0,18a	21,61 $\pm$ 0,01b	13,74 $\pm$ 0,27a	24,07 $\pm$ 0,34a	0,653	0,0001
Surface foliaire (cm <sup>2</sup> )	4637,91 $\pm$ 16,79b	3760,79 $\pm$ 38,38a	4750,08 $\pm$ 27,73a	1288,17 $\pm$ 21,82c	2707,53 $\pm$ 3,72c	3558,79 $\pm$ 25,88b	0,0001	0,0001
Nombre de feuilles	154,5 $\pm$ 4,95b	167,67 $\pm$ 10,02a	233,00 $\pm$ 4,36a	106,33 $\pm$ 4,93c	158,33 $\pm$ 4,93b	143,33 $\pm$ 2,08b	0,0001	0,0001
Transpiration totale (g)	2087,67 $\pm$ 22,50b	2335,67 $\pm$ 37,54a	2227,67 $\pm$ 81,50a	2413,33 $\pm$ 61,53a	2077,67 $\pm$ 9,24b	1991,33 $\pm$ 75,14b	0,017	0,0003
Transpiration efficiente (g.kg <sup>-1</sup> )	4,80 $\pm$ 0,00b	15,13 $\pm$ 0,76a	7,56 $\pm$ 0,54a	8,04 $\pm$ 0,74b	4,47 $\pm$ 0,33b	7,14 $\pm$ 0,30b	0,0005	0,0001
Surface spécifique foliaire (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )	351,27 $\pm$ 0,88c	408,98 $\pm$ 14,72b	397,49 $\pm$ 14,72b	445,82 $\pm$ 24,04a	443,05 $\pm$ 24,41a	267,63 $\pm$ 9,32c	0,0001	0,0001
Taux de matière sèche (%)	14,40 $\pm$ 0,88a	10,90 $\pm$ 0,33b	13,87 $\pm$ 0,60b	10,07 $\pm$ 0,61b	11,26 $\pm$ 0,51c	14,23 $\pm$ 0,29a	0,0001	0,891

### 3.2 INFLUENCE DU REGIME HYDRIQUE SUR LES PARAMETRES MORPHOLOGIQUES DU « NYU » ET DU « WAOGO »

Les différents régimes hydriques n'ont pas influencé les paramètres morphologiques comme la largeur des feuilles chez le « nyù » ( $p=0,3$ ) et le « waogo » ( $p=0,871$ ) et le taux de matière sèche chez le « waogo » ( $p=0,392$ ) alors qu'ils ont influencé la biomasse plante ( $p=0,0001$ ), la biomasse racine ( $p=0,001$ ), la longueur des feuilles ( $p=0,002$ ); la surface foliaire ( $p=0,0001$ ) le nombre de feuilles ( $p=0,001$ ), la transpiration totale ( $p=0,0001$ ), la transpiration efficiente ( $p=0,023$ ) chez le morphotype « waogo ». Les différents régimes hydriques ont également influencé significativement les paramètres morphologiques et physiologiques du morphotype « nyù » (tableau 4). Le « nyù », a une faible biomasse plantes mais un fort taux de matière sèche tandis que le « waogo » a une forte biomasse plante mais un faible taux de matière sèche. De plus, avec le régime J2, le « nyù » a une biomasse racinaire plus forte que celle du « waogo ». Avec un nombre de feuilles et une surface foliaire totale plus importants, le « nyù » a moins perdu de l'eau par la transpiration que le « waogo » qui a eu un nombre de feuille et une surface foliaire plus faibles (tableau 4). Par contre le « waogo » a une transpiration efficiente plus importante (tableau 4).

**Tableau 4.** Influence du régime hydrique sur la croissance de l'igname. Moyenne  $\pm$  écart type. Les différentes lettres à côté des moyennes indiquent les différences significatives après le test de Tukey ( $p=0,05$ ). J2: arrosage tous les deux jours; J3: arrosage tous les trois jours; J4: arrosage tous les quatre jours. P: probabilité. V1: « nyù »; V2: « waogo »

Paramètres	Régime hydrique						P	
	J2		J3		J4		V1	V2
	V1	V2	V1	V2	V1	V2		
Biomasse plantes (g)	25,62 $\pm$ 0,98b	48,58 $\pm$ 0,50a	34,65 $\pm$ 0,37a	30,98 $\pm$ 0,66b	29,00 $\pm$ 0,41b	31,67 $\pm$ 1,56b	0,0001	0,0001
Biomasse racines (g)	14,69 $\pm$ 0,52a	13,44 $\pm$ 0,25b	7,62 $\pm$ 0,60b	10,31 $\pm$ 0,24a	7,61 $\pm$ 0,22b	6,39 $\pm$ 0,05c	0,0001	0,0001
Largeur feuilles (cm)	10,06 $\pm$ 0,16a	10,52 $\pm$ 0,05a	10,60 $\pm$ 0,01a	9,87 $\pm$ 0,32a	10,60 $\pm$ 0,04a	10,43 $\pm$ 0,00a	0,3	0,871
Longueur feuilles (cm)	13,86 $\pm$ 0,31b	19,54 $\pm$ 0,39b	14,82 $\pm$ 0,41a	18,48 $\pm$ 0,34b	14,86 $\pm$ 0,29a	21,07 $\pm$ 0,08a	0,005	0,002
Surface foliaire (cm <sup>2</sup> )	4637,91 $\pm$ 16,79a	3760,79 $\pm$ 38,38a	3680,63 $\pm$ 40,10b	2023,20 $\pm$ 30,20b	3655,08 $\pm$ 34,63b	2537,86 $\pm$ 23,55c	0,0001	0,0001
Nombre de feuilles	154,50 $\pm$ 4,95c	167,67 $\pm$ 10,02a	266,00 $\pm$ 1,41a	106,67 $\pm$ 0,58b	172,25 $\pm$ 1,48b	94,00 $\pm$ 1,00c	0,0001	0,0001
Transpiration totale (g)	2087,67 $\pm$ 22,5a	2335,67 $\pm$ 37,54a	2071,67 $\pm$ 6,51a	2071,67 $\pm$ 35,47b	1445,80 $\pm$ 62,95b	1248,33 $\pm$ 33,55b	0,0001	0,0001
Transpiration efficiente (g.kg <sup>-1</sup> )	4,80 $\pm$ 0,00b	15,13 $\pm$ 0,76a	11,88 $\pm$ 0,26a	13,02 $\pm$ 0,75b	10,69 $\pm$ 1,44a	13,22 $\pm$ 0,69b	0,002	0,023
Surface spécifique foliaire (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )	351,27 $\pm$ 17,14b	408,98 $\pm$ 16,55a	452,16 $\pm$ 1,00a	383,72 $\pm$ 5,40a	447,42 $\pm$ 16,44a	386,86 $\pm$ 2,41b	0,0001	0,001
Taux de matière sèche (%)	14,40 $\pm$ 0,88a	10,90 $\pm$ 0,33a	12,15 $\pm$ 0,21b	10,40 $\pm$ 0,28a	12,75 $\pm$ 0,61b	10,62 $\pm$ 0,33a	0,0001	0,392

### 3.3 INFLUENCE DU MORPHOTYPE SUR LES PARAMETRES DE CROISSANCE ET LA TRANSPIRATION DU « NYU » ET DU « WAOGO »

L'analyse de la variance révèle que, quel que soit le morphotype, la largeur de la feuille est la même ( $p=0,704$ ). Le « waogo » a des feuilles qui sont plus longues que « nyù » ( $p=0,0001$ ). Cependant, la surface foliaire de « nyù » est plus grande que celle de « waogo » de même que le taux de matière sèche (tableau 5). En revanche, malgré sa faible surface foliaire, le « waogo » a plus transpiré ( $p=0,001$ ). Durant l'essai, la biomasse produite par « waogo » a été la plus importante ( $p=0,0001$ ).

**Tableau 5.** Influence du morphotype sur les paramètres de croissance et physiologique de l'igname. Moyenne  $\pm$  écart type. Les différentes lettres à côté des moyennes indiquent les différences significatives après le test de Tukey ( $p=0,05$ ). P: probabilité. V1: « nyù »; V2: « waogo »

Paramètres	Variétés		P
	V1	V2	
Biomasse plante (g)	25,62 $\pm$ 0,98b	48,58 $\pm$ 0,50a	0,0001
Biomasse racine (g)	14,69 $\pm$ 0,52a	13,44 $\pm$ 0,25b	0,006
Largeur feuilles (cm)	10,06 $\pm$ 0,16a	10,52 $\pm$ 0,05a	0,704
Longueur feuilles (cm)	13,86 $\pm$ 0,31b	19,54 $\pm$ 0,39a	0,0001
Surface foliaire (cm <sup>2</sup> )	4637,91 $\pm$ 16,79a	3760,79 $\pm$ 38,38b	0,0001
Nombre de feuilles	154,5 $\pm$ 4,95b	167,67 $\pm$ 10,02a	0,009
Transpiration totale (g)	2087,67 $\pm$ 22,50b	2335,67 $\pm$ 37,54a	0,001
Transpiration efficiente (g.kg <sup>-1</sup> )	4,80 $\pm$ 0,00b	15,13 $\pm$ 0,76b	0,0004
Surface spécifique foliaire (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )	351,27 $\pm$ 0,88a	408,98 $\pm$ 14,72b	0,0001
Taux de matière sèche (%)	14,40 $\pm$ 0,88a	10,90 $\pm$ 0,33b	0,0001

## 4 DISCUSSION

La portion du semenceau a influencé la biomasse aérienne. Les parties apicale et médiane ont donné une biomasse aérienne plus élevée que la partie basale chez le « nyù » tandis que chez le « waogo », les plantes issues des parties apicale et basale ont donné une biomasse importante. Chez le « nyù » qui est filiforme, la partie apicale généralement lignifiée renferme des grains d'amidon de petite taille qui augmentent rapidement et considérablement pour atteindre leur taille maximale au centre du tubercule [24]. A ce niveau, la taille des grains d'amidon diminue progressivement jusqu'à l'extrémité basale [24]. Cette distribution des grains d'amidon serait un critère de résistance à la sécheresse indépendamment de l'état hydrique du sol. Cela pourrait expliquer la levée rapide [24] suivie de la croissance et du développement rapide [6] entraînant par conséquent la forte biomasse plante produite au niveau des parties apicale et médiane qui a été significativement différente de celle produite par les plantes issues des semenceaux de la partie basale chez le « nyù ». Chez le « waogo », les différences liées à la biomasse plante seraient dues à la forme digitée du tubercule qui dépendrait de l'âge de la partie considérée et de la facilité d'accumulation des réserves en spirale [24]. La faible quantité de la biomasse plantes chez les plantes issues de la partie médiane du semenceau s'expliquerait par l'irrégularité de la taille des grains d'amidon. La faible taille des grains d'amidon de la partie médiane du « waogo » influence négativement la levée et donc la croissance et le développement des plantes provenant des semenceaux issus de cette partie.

Un système racinaire important améliorerait la nutrition et l'adaptation à la sécheresse des plantes dans les régions semi-arides et arides [25]; [32]. La biomasse racinaire produite est influencée par la portion du semenceau utilisée. Elle diminue de la partie apicale à la partie basale chez le « nyù » par contre chez le « waogo », la production de la biomasse racinaire ne suit pas ce gradient car les plantes provenant des semenceaux de sa partie médiane, ont une biomasse racinaire faible. En effet, cette différence serait due à une activité plus intense du méristème primaire racinaire et à la vitesse d'émergence des semenceaux issus de la partie apicale [8] du « waogo » et du « nyù » et à la taille des grains d'amidon des parties médiane (« nyù ») et basale (« waogo »). Cette importante biomasse racinaire permet aux plantes issues de la partie apicale d'explorer une plus grande superficie du sol à la recherche de l'eau qui est vitale pour la plante.

La largeur et la longueur de la feuille ne sont pas significativement influencées par la portion du semenceau utilisé chez le « nyù ». Par contre, elles ont été influencées significativement par la portion du semenceau utilisé chez le « waogo ». En effet, la variation de la largeur et la longueur de la feuille chez le « waogo » est due au fait qu'en fonction de la distribution des grains d'amidon dans les semenceaux [24], les feuilles des plantes issues des semenceaux provenant de la partie apicale augmente

de dimensions pour assurer une activité photosynthétique maximale. Ceci s'explique par la levée et le développement rapide des plantes issues de la partie apicale. Ce développement rapide aboutirait à une augmentation de la vitesse de croissance et de la surface transpirante des plantes.

La surface foliaire conditionne chez les plantes bon nombre d'activités comme la croissance, la transpiration ou la photosynthèse. La surface foliaire est influencée significativement par la portion du semenceau chez le « *nyù* » et le « *waogo* ». Chez le « *nyù* », les plants des semenceaux issus des parties apicale et médiane, plus riche en amidon [24], ont une surface foliaire nettement plus importante. En effet, la croissance et le développement rapide des plantes issues des semenceaux provenant de ces parties ont eu pour conséquence une surface foliaire bien développée. Cela est dû au fait que le nombre des méristèmes apicaux favoriserait un développement rapide des feuilles et par conséquent une augmentation de la capacité de photosynthèse des plantes. Par contre chez le « *waogo* », ce sont les semenceaux issus de la portion médiane du tubercule, pauvre en amidon, qui ont la plus faible surface foliaire et par conséquent une faible assimilation chlorophyllienne.

Le nombre de feuilles a été influencé significativement par la portion du semenceau chez le « *nyù* » et le « *waogo* ». En effet, les plantes issues des semenceaux provenant de la partie apicale du « *waogo* » et de la partie médiane du « *nyù* » ont eu une production foliaire significativement importante. Cela est dû à la richesse et à la taille des grains d'amidon des semenceaux qui ont stimulé la croissance et le développement des plantes et par conséquent ont stimulé une production importante de feuilles chez les plantes provenant des semenceaux de la partie médiane du « *nyù* » et de la partie apicale du « *waogo* ».

La transpiration totale mesurée au niveau des plantes issues des semenceaux des parties médianes est significativement supérieure à celle des parties apicale et basale chez le « *nyù* » et le « *waogo* ». Cette forte transpiration chez ces plantes provoquerait une perte importante d'eau qui dégraderait le bilan entre l'absorption d'eau au niveau du sol par les racines et les pertes d'eau par la transpiration foliaire [13]. Cette dégradation du bilan entraînerait un dessèchement progressif du sol. La forte transpiration des plantes issues de la portion médiane du « *nyù* » peut s'expliquer par le nombre élevé de feuilles et par une grande surface foliaire d'où une forte activité photosynthétique ce qui n'est pas le cas des plantes de la portion médiane du « *waogo* ». Selon [9], une forte transpiration est nécessaire au maintien de la température des feuilles sous des valeurs non létales. En effet, dans les zones tropicales sèches, un développement rapide de la surface foliaire et une croissance végétative accélérée pourraient conduire à un épuisement précoce du stock en eau du sol [2] exposant ainsi les plantes à un déficit hydrique. Pour cette raison, une forte croissance végétative, une grande surface foliaire et un faible taux de transpiration foliaire même quand l'eau est disponible dans le sol, pourrait être un des caractères importants pour l'adaptation des plantes des zones tropicales [18] à la sécheresse.

L'efficacité de la transpiration est un bon critère pour évaluer l'adaptation des végétaux à un déficit hydrique. Chez le « *waogo* », l'efficacité de la transpiration a significativement variée entre les plantes provenant des semenceaux issus de la partie apicale du tubercule et les plantes provenant des parties médiane et basale. Par contre chez le « *nyù* », ce sont les plantes issues de la partie médiane qui ont présenté une efficacité de transpiration significativement différente. Les plantes issues de la partie apicale du semenceau chez le « *waogo* » produisent plus de biomasse que les autres parties par rapport au volume d'eau utilisée. Cela pourrait s'expliquer par une utilisation efficace de l'eau par les plantes issues de la partie apicale du tubercule.

La surface foliaire spécifique est influencée fortement par la portion du semenceau chez le « *nyù* » et chez le « *waogo* ». En effet, les plantes issues des semenceaux provenant de la partie basale du tubercule chez le « *nyù* » et la partie médiane chez le « *waogo* » ont une surface spécifique foliaire faible par rapport aux plantes dont les semenceaux proviennent des autres parties. Chez le « *nyù* », cette situation serait la conséquence d'une limitation de la transpiration foliaire et d'une activité photosynthétique relativement faible qui serait liée à la fermeture des stomates.

La portion du semenceau utilisée influence significativement le taux de matière sèche chez le « *nyù* ». En effet, la croissance rapide de la partie apicale a entraîné une forte production de la biomasse. Le taux élevé de matière sèche de la partie apicale du « *nyù* » peut être lié à sa capacité à poursuivre ses activités physiologiques que sont la transpiration et la photosynthèse même en conditions de déficit hydrique. Ce qui serait une forme d'adaptation au déficit hydrique.

Le régime hydrique a influencé la biomasse foliaire et racinaire, le nombre de feuilles, la surface foliaire et la transpiration chez le « *nyù* » et le « *waogo* ». Les résultats obtenus indiquent que même quand les ressources en eau sont disponibles dans le sol, certains génotypes ont une utilisation économique de l'eau du sol [2]. Chez le « *waogo* », le régime hydrique J2 a favorisé une forte production de feuilles grâce à la disponibilité permanente d'eau pour assurer la croissance rapide. La réduction du nombre de feuilles pour les régimes hydriques J3 et J4 est due à une diminution de la ressource en eau pour la plante. En effet, la réduction de l'eau chez les plantes provoque une diminution de leurs contenus relatif en eau et une réduction de leur croissance qui aboutirait à une réduction de leur production [23]. Au fur et à mesure que le déficit hydrique devient intense, la dépression de la croissance foliaire devient importante. Cette réduction de la croissance est un mécanisme de régulation

permettant aux plantes de s'adapter aux restrictions hydriques [3]. Des résultats similaires ont été observés chez le niébé dont la production de feuilles est fonction de la disponibilité de l'eau dans le sol [20]. La disponibilité en eau permet une meilleure circulation des photoassimilats et la réduction de la température foliaire grâce à une transpiration optimale. En outre, [30] ont montré que lorsque les plantes sont soumises à un stress hydrique, elles développent des stratégies pour maintenir leur état hydrique. Ces stratégies consistent en la fermeture partielle des stomates [16] et en la réduction de la surface transpirante par la diminution de vitesse de croissance chez les plantes stressées [19]. Cependant, chez le « *nyù* » le régime hydrique J3 donne la meilleure production foliaire. En effet, le « *nyù* » développerait une stratégie qui lui permet de maintenir son état hydrique lorsque la disponibilité en eau est limitée. Ceci serait lié à la capacité du « *nyù* » à poursuivre l'assimilation chlorophyllienne, lorsque la quantité d'eau dans le sol diminue, suite à un ajustement osmotique du morphotype afin de prélever le peu d'eau disponible dans le sol et une réduction de la surface foliaire dans le but de réduire les pertes d'eau par la transpiration comme celui des plantes isohydriques. Nos résultats corroborent ceux de [33] et [21] qui ont observé une baisse du potentiel hydrique des feuilles du niébé, par ajustement osmotique, en condition de déficit hydrique dans le but de prélever le peu disponible dans le sol et poursuivre son activité physiologique. L'ajustement osmotique, selon [1], est un mécanisme indispensable dans la tolérance des plantes à la contrainte hydrique. Cet ajustement implique une accumulation d'osmolytes permettant de créer un afflux d'eau dans les cellules. Ce qui augmente la force de rétention des molécules d'eau [10] et permet la conservation de la turgescence des cellules indispensable à la croissance cellulaire.

Le régime J2 a donné un taux de matière sèche plus élevé aussi bien chez le « *nyù* » que chez le « *waogo* ». En revanche les régimes J3 et J4 ont donné un taux de matière sèche relativement plus élevé chez le « *nyù* » que chez le « *waogo* ». Ce qui supposerait une capacité des racines du « *nyù* » à investir les couches profondes du sol à la recherche de l'eau dans le but de poursuivre les activités photosynthétiques en situation de contrainte hydrique. Cependant, le faible contrôle de la transpiration chez le « *waogo* » dans le cas d'une bonne irrigation entraîne un dessèchement rapide du sol. Cette forte transpiration provoque une plus grande absorption de l'eau par les racines et une forte activité photosynthétique.

Les différences observées au niveau des paramètres de croissance du même morphotype ont été plus liées au régime hydrique. En situation de déficit hydrique (lorsqu'on arrose les plantes tous les 4 jours) le « *nyù* » a un net avantage sur le « *waogo* ». En effet, le taux de transpiration du « *nyù* », malgré sa plus grande surface foliaire, a été plus faible que celui de « *waogo* ». Le « *nyù* » a une biomasse racinaire plus élevée que celle du « *waogo* » alors que la biomasse aérienne du « *waogo* » est nettement supérieure à celle du « *nyù* ». Le « *nyù* » serait donc mieux résistant que le « *waogo* » en situation de déficit hydrique. Cela s'expliquerait d'une part par les valeurs de la transpiration efficiente plus faible chez le « *nyù* » que chez le « *waogo* », et d'autre part, par la meilleure capacité du « *nyù* » à augmenter sa croissance racinaire et à réduire la perte d'eau par transpiration en situation de contrainte hydrique. Cette capacité à tolérer la sécheresse du « *nyù* » serait liée probablement à une stratégie intrinsèque d'adaptation et à son cycle de reproduction plus court par rapport au « *waogo* ». Grâce aux capacités intrinsèques du « *nyù* », sous contrainte hydrique, il utilise peu d'eau du sol pour produire des photoassimilats qui seraient conduits vers les racines afin de favoriser la tubérisation et une maturation rapide des tubercules. Selon [16] la réponse physiologique des plantes, face aux contraintes environnementales, est liée aux potentialités génétiques de l'espèce qui induisent le déclenchement des réorientations métaboliques. Par ailleurs, cette dynamique réactionnelle qui aboutit à des transformations morphologiques et physiologiques, se traduisant par la réduction de la transpiration et la croissance de la partie racinaire correspond à une adaptation [38]. Ces modifications physiologiques permettraient à la variété de tolérer les contraintes environnementales jusqu'au retour des conditions climatiques favorables, afin d'assurer sa survie [20]. La forte biomasse aérienne du « *waogo* » serait donc due à sa croissance végétative rapide. Cette forte croissance végétative augmenterait l'utilisation de l'eau et par ricochet diminuerait rapidement les réserves en eau du sol. Ce qui l'exposerait à un déficit hydrique au cours de son développement [2]. Ceci aura pour conséquence la non disponibilité de l'eau nécessaire au métabolisme de maturation des tubercules.

Le « *nyù* » a développé plus de surface foliaire et réduit la perte d'eau par transpiration. Ce faible taux de transpiration et cette grande surface foliaire du « *nyù* » permettraient d'obtenir de hauts rendements potentiels en conditions de culture intensive et irriguée. Ce mécanisme expliquerait la bonne performance du « *nyù* » par rapport au « *waogo* » en conditions de déficit hydrique.

## **5 CONCLUSION**

Les effets de la portion du semenceau et du régime hydrique sur le comportement du « *nyù* » et du « *waogo* » ont permis de déterminer le morphotype qui se comporte morphologiquement mieux en situation de déficit hydrique. L'étude nous révèle que le régime hydrique a une influence significative sur les paramètres de croissance des deux morphotypes d'igname. Des deux morphotypes, le « *nyù* » est le plus apte à la culture dans les zones semi-arides voire arides avec des paramètres

morphologiques très satisfaisants. Par contre, le « *waogo* » qui donne plus de biomasse aérienne avec une forte transpiration s'adapte mieux à des conditions de bonne disponibilité d'eau et de faible demande évaporative. Cela veut dire que les mécanismes d'adaptation à la sécheresse du « *nyù* » et du « *waogo* » sont différents. Le « *nyù* » a une meilleure capacité de restreindre la transpiration sous forte demande évaporative et est mieux indiqué pour les environnements secs.

## REFERENCE

- [1] Bajji M., Kinet J.M., Iltis S., 2001. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water tolerance test in durum wheat. *Plant Growth Regul.* 00: 1-10.
- [2] Belko N., 2013. Phénotypage pour l'adaptation à la sécheresse: Variations génotypiques des caractères agromorphologiques et physiologiques et leurs contributions à la production en condition de sécheresse de fin-de-cycle chez le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Thèse Doc., Université de Ouagadougou. 121p.
- [3] Chaves M.M., 2002. How plants cope with water stress in the field? *Photosynthesis and growth.* *Ann. Bot.*, 89 (7), 907-916.
- [4] Cica G.U., 1995. La mosaïque de l'igname: aspects épidémiologiques au Burkina Faso et variabilité du virus. Thèse de Doctorat, Montpellier: USTL, 147 p. 124.
- [5] Cica G.U., Gnissa K., Jean-Bernard Q., Et Jean D., 1994. Distribution géographique du virus de la mosaïque de l'igname au Burkina Faso ed. *orstom. cocoyams.* 234p.
- [6] Cornet D., 2005. Systèmes de cultures associées à base d'igname et gestion des plantes adventices. *Faculté des sciences agronomiques de Gembloux.* 30p.
- [7] Cornet D., 2015. Influence des premiers stades de croissance sur la variabilité du rendement parcellaire de deux espèces d'igname (*Dioscorea* spp.) cultivées en Afrique de l'Ouest. Thèse Doct., L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech), 174p.
- [8] Cornet, D., Sierra, L., Tournebize, R. & Ney, B. (2014) Yams (*Dioscorea* spp.) plant size hierarchy and yield variability: Emergence time is critical. *European Journal of Agronomy.* [Online] 55100-107.
- [9] Cornic G., Badeck F-W., Ghashghaie J., Manuel N., 1999. Effect of temperature on net CO<sub>2</sub> uptake, stomatal conductance for CO<sub>2</sub> and quantum yield of photosystem II photochemistry of dehydrated pea leaves. In Sanchez-Dias M, Irigoyen JJ, Aguirreolea J, Pithan K (eds) *crop development for cool and wet regions of Europe.* European community. ISBN 92-828-6947-4.
- [10] Crowe J. H., Hoekstra F. A., Crowe L. M., 1992. Anhydrobiosis. *Annu. Rev. Physiol.* 54: 579-599.
- [11] Dansi A, Mignouna Hd, Zoundjihékpon J, Sangare A, Ahoussou N, Asiedu R. 2000. Identification of some Benin Republic's Guinea yam (*Dioscorea cayenensis*/ *Dioscorea rotundata* complex) cultivars using randomly amplified polymorphic DNA. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 47: 619-625.
- [12] Dumont R., Vernier P., Zoundjihékpon J., 2010. Origine et diversité des ignames *Dioscorea rotundata* Poir. *Cahiers Agricultures.* 19 (4): 255-261.
- [13] Durand J. L., 2007. Les effets du déficit hydrique sur la plante: aspect physiologique. *Fourrage* 190: 181-195.
- [14] FAOSTAT. 2019. <http://www.fao.org/faostat/fr/#compare> visité le 26/12/2019.
- [15] Halilou Oumarou, 2016. Réponses physiologiques de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) et du niébé (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) à la sécheresse. Thèse Doc., Université Abdou Moumouni de Niamey, 187p.
- [16] Hamidou F., 2006. Paramètres physiologiques, biochimiques et agronomiques pertinents pour les programmes d'amélioration et d'adaptation du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) au déficit hydrique. Thèse de doctorat, Université Ouagadougou, 169 p.
- [17] Hammer G.L., 2006. Pathways to prosperity: breaking the yield barrier in sorghum. *Agricultural Science* 19, pp 16-22.
- [18] Hamon P., Hamon S., Toure B., 1986. Les ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata* de Côte D'ivoire. *AGPC: IBPGR/86/153.* p 63.
- [19] Harou A., Hamidou F., Bakasso Y., 2018. Performances morpho-physiologiques et agronomiques du niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walpers] en conditions du déficit hydrique. *Journal of Applied Biosciences* 128, pp 12874 -12882.
- [20] Kihindo A. P., Bazié R. H., Ouédraogo R. F., Somé P. P., Zombré G., et Tozo K., 2015. Effets de la date de semis et du régime hydrique sur la réponse agromorphologique de deux variétés de niébé (KN1 et K VX 61-1) au Burkina Faso. *IJAS ISSR journal* ISSN: 2028-9324 Vol. 12 No. 3, pp 564-573.
- [21] Kihindo P. A., 2016. Influence du régime hydrique et de la date de semis sur les réponses physiologiques, biochimiques et agromorphologiques de deux variétés de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) au Burkina Faso. Thèse Doct.; Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO. 182p.
- [22] MAHRH (Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques, Burkina Faso), 2010/2011. Résultats définitifs de la campagne agricole et de la situation alimentaire et nutritionnelle. Rapport de la campagne 2010/2011, février 2011.



- [23] Maréchaux I. et al., 2015. Drought tolerance as predicted by leaf water potential at turgor loss point varies strongly across species within an Amazonian forest. *Funct. Ecol.*, 29 (10), 1268-1277.
- [24] Miège J. (1957) Influence de quelques caractères des tubercules semences sur la levée et le rendement des ignames cultivées. In: *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée*, vol. 4, n°7-8. pp. 315-342.
- [25] Ober E.S., Clark C.J.A., LeBloa M., Smith C.H.G. 2005. Root growth, soil water extraction and drought tolerance in sugar beet. *Aspects of Applied Biology* 73: 213-220.
- [26] Okezie, C. E. A.; Okonkwo S. N. C. and Nwoke F. I. O., 1981. Growth pattern and growth analysis of the white Guinea yam raised from seed. In F. CAVENESS (ed.) *Tropical Root Crops Research Strategies for the 1980s. Proceedings First Triennial Symposim of International Society of Tropical Root Crops -Africa Branch*. Ibadan, Nigeria: 1981, p. 180-94.
- [27] Onwueme I. C., 1978a. Sett weight effects on time of tuber formation and on tuber yield characteristics in water yam (*Dioscorea alata* L.). *J. Agric. Sci.*, vol 91, p. 317-9.
- [28] O'Sullivan & Jane Nancy (2010) Yam nutrition nutrient disorders and soil fertility management. [Online]. Canberra, A.e.T., Australian Centre for International Agricultural Research.  
Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk &AN=437185> [Accessed: 6 January 2016].
- [29] O'Sullivan, IN. & Ernest, J. (2008) Yam nutrition and soil fertility management in the Pacific. 143 Canberra: ACIAR.
- [30] Passioura JB, Angus JF, 2010. Improving productivity of crops in water-limited environments. *Advances in agronomy*, 106, 37-75.
- [31] Reynolds M.P., Ortiz R., 2010. Adapting crops to climate change: a Abstract. In: Reynolds MP (Ed.) *Climate change and crop production*, CAB international, pp. 1-8.
- [32] Sarker A., Erskine W., Singh M., 2005. Variation in shoot and root characteristics and their association with drought tolerance in lentil landraces. *Genetic Resources & Crop Evolution* 52: 87-95.
- [33] Somé P.P., Hien E., Tozo K., Zombré G., et Dianou D, 2014. Effets de six composts sur les réponses physiologiques, biochimiques et agronomiques du niébé *Vigna unguiculata* L. Walp var. KVX 61.1 au déficit hydrique. *IJBSC*. 8 (1): 31-45.
- [34] Srivastava AK, Gaisera T, Paethb H, Ewertc F. 2012. The impact of climate change on Yam (*Dioscorea alata*) yield in the savanna zone of West Africa. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 153: 57-64.
- [35] Thiombiano A., Kampmann D., Atlas de biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tomme II: Burkina Faso, Ouagadougou et Frankfurt/Main, 2010.
- [36] Tiama D., 2016. Diversité génétique des ignames *dioscorea* sp du Burkina Faso: yùà du Passoré. Thèse Doc., Université Ouaga I Pr. Joseph KI-ZERBO. 176p.
- [37] Vartanian N. L. G., 1984. La notion d'adaptation à la sécheresse. *Bull. Soc. Bot. Fr.* vol131, pp 7-15.
- [38] Van Duivenbooden N., Abdoussalam S., Mohamed A.B., 2002. Impact of climate change on agricultural production in the Sahel. Part 2. Case study for groundnut and cowpea in Niger. *Climate Change* 54: 349-368.
- [39] Wright, G., and Nageswara Rao, R. (1994). Groundnut water relations. In "The Groundnut Crop: a scientific basis for improvement" (J. Smartt, ed.), Springer, Chapman & Hall, London, pp. 281-335.
- [40] Zoundjihékpon J., 1993. Biologie de la reproduction et génétique des ignames cultivées de l'Afrique de l'Ouest, *Dioscorea cayenensis-rotundata*. Thèse n° 194. Vol. Université Nationale de Côte d'Ivoire, Faculté des Sciences et Techniques. Abidjan, Côte d'Ivoire. 306 p.