TABLE DES MATIERES

Pages

DEDICACE v

REMERCIEMENTS vi

SIGLES ET ABREVIATIONS viii

LISTE DES TABLEAUX ix

LISTE DES FIGURES x

LISTE DES CARTES ET PHOTOGRAPHIES xi

LISTE DES ANNEXES xi

RESUME xii

ABSTRACT xiii

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE 4

1.1. Généralités sur la roselle (*H. sabdariffa* L.) 4

1.1.1. Origine et répartition géographique 4

1.1.2. Botanique 4

1.1.3. Description de la plante 5

1.1.3.1. Appareil végétatif 5

1.1.3.2. Appareil reproducteur 5

1.1.4. Ecologie 6

1.1.5. Techniques culturales 7

1.1.6. Maladies et ravageurs 7

1.1.6.1. Maladies et moyens de lutte 8

1.1.6.2. Insectes nuisibles et moyens de lutte 8

1.1.7. Composition et principales utilisations 9

1.1.7.1. Composition nutritionnelle 9

1.1.7.2. Principales utilisations 11

1.1.8. Production et commerce international 12
1.2. Généralités sur l'irrigation 14
1.2.1. Méthodes d'irrigation 14
1.2.1.1. Irrigation de surface 14
1.2.1.2. Irrigation par aspersion 15
1.2.1.3. Irrigation localisée (micro-irrigation) 15
1.2.1.3.1. Définition du « goutte-à-goutte » 15
1.2.1.3.2. Composition d'un système d'irrigation par goutte-à-goutte 16
1.2.2. Détermination des besoins en eau 17
1.2.2.1. Définitions 17
1.2.2.2. Estimation des besoins en eau des cultures 18
1.2.3. Intérêts et limites de l'irrigation 20
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES 21
2.1. Présentation de la zone d'étude 21
2.1.1. Cadre géographique 21
2.1.2. Caractéristiques humaines 23
2.1.3. Caractéristiques physiques et naturelles 23
2.2. Matériel d'étude 24
2.2.1. Matériel végétal 24
2.2.2. Dispositif d'irrigation goutte-à-goutte 24
2.3. Méthodes 25
2.3.1. Dispositifs expérimentaux 25
2.3.1.1. Production pluviale de *H. sabdariffa* 25
2.3.1.2. Production irriguée de la roselle 26
2.3.2. Calculs des besoins en eau de la roselle en production irriguée 26
2.3.3. Conduite des essais 29
2.3.3.1. Préparation des champs et entretiens des plantes 29

2.3.3.2. Irrigation des plantes 30
2.3.4. Mesures et observations 30
2.3.4.1. Mesures des paramètres de croissance 30
2.3.4.2. Récoltes 31
2.3.4.3. Calculs de rendements 31
2.3.4.4. Coefficients de conversion et productivité de l'eau 31
2.3.4.5. Coût de revient et rentabilité économique de la roselle 32
2.3.5. Traitements et analyse des données 32
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION 33
3.1. Production pluviale de *H. sabdariffa* 33
3.1.1. Effet de la production pluviale sur les paramètres de croissance de la roselle 33
3.1.2. Variations des rendements de la roselle selon les sites en production pluviale 36
3.1.3. Discussion et conclusion partielle 38
3.2. Production irriguée de *H. sabdariffa* 40
3.2.1. Effet des différentes quantités d'eau sur le développement de la roselle 40
3.2.2. Effet des quantités d'eau sur le rendement de *H. sabdariffa* 42
3.2.3. Discussion et conclusion partielle 44
3.3. Analyse comparée des deux types de production 47
3.3.1. Analyse comparée des paramètres de croissance des deux types de production ... 47
3.3.2. Analyse comparée des rendements des deux types de production 50
3.3.3. Discussion et conclusion partielle 52
3.4. Coefficients de conversion et productivité de l'eau sur le rendement en fruits frais et en calices secs de la roselle 53
3.4.1. Coefficients de conversion 53
3.4.2. Productivité de l'eau sur le rendement en fruits frais et en calices secs de la roselle 54
3.4.3. Discussion et conclusion partielle 55

3.5. Analyse économique de la production de la roselle dans nos conditions expérimentales 56

3.5.1. Coûts de production des deux systèmes de culture 56

3.5.1.1. Cas de la production pluviale 56

3.5.1.2. Cas de la production irriguée 57

3.5.2. Coût de revient des deux systèmes de production 58

3.5.3. Valeur de la production dans les deux cas 58

3.5.4. Rentabilité économique des deux systèmes de production 59

3.5.5. Discussion et conclusion partielle 59

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES 60

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 62

ANNEXES I

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à :

Ma mère ***SOME Agnès*** *pour les efforts et sacrifices consentis pour mon éducation ;*

Mon regretté père ***HIEN Casimir****. Tu aurais bien aimé être là pour voir le rêve de ta fille se réaliser. Mais Dieu en a décidé autrement. Papa où que tu sois, guides moi ! Que la terre te soit légère !*

A mon frère ***Bertrand Williams*** *et à ma sœur* ***Leila Patricia****, seul le travail libère.*

REMERCIEMENTS

L'aboutissement de ce mémoire est le fruit des conseils et soutiens de nombreuses personnes ressources et institutions que nous ne pourrons intégralement citer. Qu'il nous soit permis de témoigner nos sincères reconnaissances :

- au Dr Philippe ARNOLD, Secrétaire général du Centre de Recherche et de Formation Scientifique de la Fondation Dreyer, notre maître de stage pour nous avoir offert l'opportunité de ce stage. Nous le remercions également pour ses conseils avisés, l'encadrement reçu et la création de bonnes conditions de travail ;
- à M. Bèguè DAO, notre directeur de mémoire, qui au-delà de ses occupations et responsabilités au département agronomie de l'IDR, s'est montré disponible pour l'élaboration de ce mémoire. Ses critiques et suggestions nous ont été d'un très grand apport.
- au Dr Fernand SANKARA, notre co-directeur de mémoire, pour sa compréhension, ses judicieux conseils, ses critiques et l'encadrement optimal qu'il a su nous apporter tout au long du stage.
- à M. Woflgang PAPE, M. Salfo KABORE, M. Abdoulaye OUEDRAOGO, Mme Alimata MOLLE, Mme Mourkirou KONE, M. Lassina KONE et tout le personnel de la Fondation, pour n'avoir ménagé aucun effort quant au bon déroulement de ce stage ;
- au corps enseignant de l'Institut du Développement Rural (IDR), pour nous avoir donné une formation de qualité ;
- à M. Békouanan NABIE et aux ingénieurs Sambomé SOME, Théophile HIEN, Fernandez ADIKPETO et Facinet SYLLA pour leurs critiques et suggestions et pour ces agréables moments passés ensemble durant le stage ;
- à M. Seydou TRAORE et M. Issouf SANGARE pour leurs collaborations et conseils ;
- à M. Boukari SEBRE, Mlle Mireille KONATE et Mlle Tinette BOUBO pour leur présence à mes côtés ;
- à M. Alloïs BONKOUNGOU et Ab. Eric DAH pour leurs soutiens durant le stage ;
- à mes oncles M. Justin HIEN, M. Roger SOME et M. Ousmane OUEDRAOGO pour m'avoir accompagnée et soutenue tout le long de mes études ;
- aux camarades Adama SIRI, Chantale Fatoumata MINOUNGOU, Lucie F. KANDO, Irène NASSOURI et toute la 36ème promotion des Ingénieurs du Développement Rural pour ces bons moments passés ensemble ;

- à Mme Marie SOME, présidente du Groupement Terwan, Mme Aman SOME, présidente de l'association Toupouor Baon yen, et à toutes les femmes de ces dites organisations, pour leur confiance, leur sympathie et leur disponibilité ;
- à tous ceux qui ont œuvré pour la réalisation de ce mémoire.

Rapport-Gratuit.com

SIGLES ET ABREVIATIONS

AGRIFASO : Agriculture du Faso

ANOVA : Analysis de Variance

DPAHRH : Direction Provinciale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques

FAO : Food and Agricultural Organization (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture)

IDR : Institut du Développement Rural

INERA : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

JAS : Jour Après Semis

MAHRH : Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques

PIB : Produit Intérieur Brut

PME : Petites et Moyennes Entreprises

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitation

SDV : Société Delmas Vieljeux

SO.PRA.DEX : Sociétés des Produits Agricoles d'Exportation

UPB : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

USDA : United States Department of Agriculture

LISTE DES TABLEAUX

Pages

Tableau I : Valeurs minimales, moyennes et maximales des différentes caractéristiques des calices frais de *H. sabdariffa* 10

Tableau II : Principales caractéristiques des feuilles de *H. sabdariffa* 10

Tableau III : Composition des graines de *H. sabdariffa* 11

Tableau IV : Différentes utilisations alimentaires de *H. sabdariffa* 12

Tableau V : Type de sol et rayon d'épandage de l'eau 16

Tableau VI : Récapitulatif des informations de base pour les calculs 27

Tableau VII : Besoins en eau d'irrigation journaliers de la roselle 28

Tableau VIII : Dates de semis, d'entretiens et de récoltes sur les différentes parcelles 29

Tableau IX : Analyse de variance des paramètres de croissance pour les différents sites de production pluviale à 90 JAS 35

Tableau X : Effet des différentes dates de semis sur les paramètres de rendement de la roselle à 90 JAS 37

Tableau XI : Analyse de variance des paramètres de croissance pour les différentes quantités d'eau d'irrigation à 90 JAS 41

Tableau XII : Analyse de variance des paramètres de rendement pour les différentes quantités d'eau d'irrigation à 90 JAS 44

Tableau XIII : Comparaison des moyennes des paramètres de croissance pour les deux types de culture à 90 JAS 49

Tableau XIV : Comparaison des moyennes des paramètres de rendement pour les deux systèmes de culture à 90 JAS 51

Tableau XV : Coefficients de conversion 53

Tableau XVI : Poids en eau, en capsules et en graines des types de production 53

Tableau XVII : Productivité de l'eau sur les rendements en fruits frais (calices frais + capsules fraîches) et en calices secs de *H. sabdariffa* 54

Tableau XVIII : Coût des opérations culturales de la roselle pour 1 ha en culture pluviale.. 57

Tableau XIX : Coût des installations pour 1 ha d'irrigation goutte-à-goutte 57

Tableau XX : Valeur totale de la production de *H. sabdariffa* pour 1ha 58

Tableau XXI : Rentabilité économique de *H. sabdariffa* dans nos deux cas pour 1 ha 59

LISTE DES FIGURES

Pages

Figure 1 : Schéma d'un dispositif de type d'irrigation goutte-à-goutte (source FAO, 2008). 16

Figure 2 : Evapotranspiration (Source FAO, 2008) 17

Figure 3 : Pluviométrie de Dano au cours des 10 dernières années (Source : DPAHRH/Dano) 23

Figure 4 : Courbe de croissance en hauteur des plants de roselle sur les sites de production pluviale 33

Figure 5 : Evolution du diamètre du houppier de la roselle sur les sites de production pluviale 34

Figure 6 : Evolution du nombre de ramifications des différents sites de production pluviale en fonction du temps 36

Figure 7 : Evolution des diamètres au collet en fonction des quantités d'eau 40

Figure 8 : Evolution du nombre de feuilles en fonction des quantités d'eau 41

Figure 9 : Effet des quantités d'eau d'irrigation sur les rendements en fruits frais et en calices secs 42

Figure 10 : Rendements en fruits frais supplémentaires obtenus par augmentation des doses d'irrigation 43

Figure 11 : Evolution des hauteurs des plantes en fonction des types de production 47

Figure 12 : Evolution des diamètres au collet en fonction des types de production 48

Figure 13 : Evolution du nombre de feuilles en fonction des types de production 48

Figure 14 : Evolution du nombre de ramifications en fonction des types de production 50

LISTE DES CARTES ET PHOTOGRAPHIES

Pages

Photo 1 : Fleur de *H. sabdariffa* *13*

Photo 2 : Fruit de *H. sabdariffa* 13

Photo 3 : Feuille de *H. sabdariffa* *13*

Photo 4 : Vue d'un pied de roselle 13

Carte 1 : Situation géographique de la commune de Dano (source Yili, 2006) 22

Photo 5 : Dispositif de base pour l'irrigation 25

Photo 6 : Compteur volumétrique 25

Photo 7 : Grosse vanne 25

Photo 8 : Disposition des vannettes pour le contrôle de l'eau 30

Photo 9 : Vannettes 30

LISTE DES ANNEXES

Pages

Annexe 1 : Données météorologiques de la région du Sud-ouest ayant servi pour les calculs des besoins en eau II

Annexe 2 : Fiche de calcul IV

Annexe 3 : Schémas du dispositif expérimental V

Annexe 4 : ANOVA des paramètres de croissance à 45 JAS VI

RESUME

Suite à la conjoncture économique et à l'évolution des habitudes alimentaires, la consommation des boissons locales s'est largement augmentée. C'est ainsi qu'au Burkina Faso, la production de la roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) a pris de l'ampleur car elle est considérée comme une nouvelle source de revenu pour les populations rurales. En effet, c'est une plante vivace dont la culture s'est avérée rentable en raison des nombreuses utilisations de ses calices, ses graines et ses feuilles. Afin d'améliorer quantitativement et qualitativement cette production, la croissance, le développement et le rendement en fruits de la roselle ont été étudiés à travers deux essais dont l'un en culture pluviale et l'autre en irrigation goutte-à-goutte en saison sèche dans les conditions agro-écologiques du Sud-ouest du pays (Dano). Ainsi, le premier essai avait pour objectif la détermination de la date de semis adéquate à travers l'expérimentation de cinq dates de semis. Le second essai visait l'optimisation de l'efficacité d'utilisation de l'eau par la plante en testant quatre quantités d'eau. Les dispositifs expérimentaux utilisés sont des Blocs complètement randomisés avec trois répétitions chacun. Les résultats montrent que les semis précoces (juillet) offrent de meilleurs résultats contrairement à ceux tardifs (Août). C'est ainsi que le premier site (Bankandi) à être semé affiche un rendement en fruits frais de 8,108 t/ha qui est significativement différent du rendement de 4,181 t/ha obtenu par le dernier site (Bagane). Dans l'ordre décroissant de semis, les sites de Pontièba donnent 7,273 t/ha de fruits, Dano Pari (6,826 t/ha) et Dakolé (5,017 t/ha). En irrigation, les résultats indiquent que la quantité Q3 (100 % du besoin brut calculé) présente les plus forts rendements et productivité de l'eau bien qu'elle n'affiche pas les meilleurs développements de la plante comme Q4 (120 % du besoin brut). Q3 est alors suivi de Q2 (80 %). Cependant, nonobstant ses rendements supérieurs à ceux de Q1 (60 %), Q4 affiche une plus faible efficacité d'utilisation de l'eau comparativement à ce dernier. De manière générale, la culture irriguée présente une croissance, un développement et des rendements supérieurs à la culture pluviale. Toutefois, l'étude économique que nous avons réalisée révèle que la culture pluviale offre un plus grand intérêt financier, avec un taux de rentabilité de 258,15 % comparativement à la culture irriguée (175,97 %) à cause des coûts élevés du dispositif d'irrigation dans nos conditions expérimentales.

Mots clés : Burkina Faso, Culture pluviale, Irrigation, *Hibiscus sabdariffa*, Dates de semis, Quantités d'eau, Rendement.

ABSTRACT

Following the economic situation and changes in eating habits, consumption of local beverages has grown. Thus, in Burkina Faso, the production of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) has grown since then and it is regarded as a new source of income for rural people. Indeed, it is a hardy plant whose cultivation has proved profitable in the causes of the many uses of its calyx, its seeds and its leaves. To expand and improve the production, some parameters such as growth, development and fruits yield of roselle plant were evaluated through tests. These tests concern, firstly the rain fed and the second, drip-irrigation in dry season and agro-ecological conditions in the South-West of the country (Dano). One objective was to determine the proper planting time through experimentation with five sowing dates and the other one to optimize the efficiency of water use by the plant by testing four amounts of water. The experimental devices used are both BCR with three replicates each one. The results show that early sowing (July) offer better results contrary to those later (in August). Thus the first site which were planted (Bankandi's site) produced 8,108 t/ha of fresh fruits, which is significantly different from the last site (Bagane) which produced 4,181 t/ha. In decreasing order of seeding, the site of Pontièba gives 7,273 t/ha of fruits, Dano Pari's site (6,826 t/ha) and Dakole's site (5,017 t/ha). The results also indicate that the amount Q3 (100 % of the gross requirement calculated) has the highest yields and water productivity although it does not show the best developments of the plant as Q4 (120 % of the gross requirement). Q3 is followed by Q2 (80 %). In spite of, its higher yields than those of Q1 (60 %), Q4 shows a lower efficiency of water use compared to the latter. In general, the results show that irrigated agriculture has a more growth, development and higher yields than rain. However, the economic study that we conducted, shows that rain fed offers a greater financial interest, with a rate of 258.15 % compared to irrigated agriculture (175.97 %) due to high costs of the device irrigation under our experimental conditions.

.

Keywords : Burkina Faso, Rain fed, Drip-irrigation, *Hibiscus sabdariffa*, Amounts of water, Sowing dates, Yield.

INTRODUCTION GENERALE

Le Burkina Faso est un pays de l'Afrique de l'Ouest qui compte 14 017 262 habitants (dont 51.7 % de femmes) où 50 % de la population a moins de 16 ans (RGPH, 2006). La grande majorité de cette population burkinabè (environ 77.3 %) réside en milieu rural. Les taux de scolarisation et d'alphabétisation sont respectivement de 25 % et de 43 %. Selon le PNUD (2005), le Produit National Brut (PNB) par habitant est de 345 US $ ce qui classe le pays dans le groupe des Pays les Moins Avancés (PMA). Aussi, l'économie burkinabè est fortement dépendante du secteur primaire. Ce secteur qui emploie 86 % de la population, génère environ 40 % du PIB (25 % pour l'agriculture, 12 % pour l'élevage et 3 % pour la pêche) et 80 % des exportations totales du pays (MAHRH, 2007).
L'agriculture est donc la principale source de revenus pour les populations les plus pauvres de même qu'elle constitue le pilier de la sécurité alimentaire du pays. Les principales cultures sont les céréales (maïs, riz, sorgho, mil) et le coton (la principale culture de rente du pays) qui cohabitent dans un système de rotation culturale. C'est une agriculture de subsistance et quasi exclusivement extensive, pratiquée essentiellement dans des exploitations familiales (MAHRH, 2007).

Malgré sa forte contribution dans l'économie, la production agricole se fait dans un contexte assez difficile. En effet, elle est tributaire des aléas climatiques persistants (sécheresse, inondation) et des effets conjugués de la baisse de la fertilité des sols, du faible niveau technique et d'équipement des producteurs. Ces facteurs confinent le producteur dans une précarité tant du point de vue sécurité alimentaire que du point de vue revenu car les rendements moyens des cultures restent faibles et correspondent à la moitié voire au tiers des rendements potentiels des cultures (Vognan & Ouédraogo, 2003). De ce fait, 42.46 % de la population burkinabè n'arrivent toujours pas à couvrir leur besoin céréalier (Kiénou, 2004).

En vue d'atténuer ce problème d'insécurité alimentaire et d'accroître un tant soit peu le revenu des producteurs, diverses politiques d'amélioration de la production agricole ont été mises en œuvre. Il s'agit notamment de l'intensification de l'agriculture à travers l'utilisation des engrais minéraux, des produits phytosanitaires, de la mécanisation, de l'irrigation, de la lutte contre l'érosion, de la diversification des cultures et de l'utilisation de variétés à hauts rendements. Mais toutes ces politiques ont connu leur limite car l'agriculture demeure toujours pluviale avec seulement 24 000 ha environ de terres irriguées pour un potentiel

irrigable de 233 500 ha (Kiénou, 2004). Afin d'assurer cette sécurité alimentaire, la maîtrise de l'eau pour une production intensive d'une part et la diversification des cultures susceptibles de générer des revenus aux producteurs d'autre part, devient une nécessité.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude qui porte sur la culture de la roselle ou oseille de Guinée. C'est une plante connue de tous au Burkina Faso mais, par défaut de véritables perspectives agroalimentaires, demeurait jusque-là dans un étonnant désintéressement. C'est depuis peu que la roselle a connu un véritable bond en avant car, considérée dès lors comme une plante d'avenir. En effet, sa richesse nutritionnelle, ses multiples utilisations culinaires mais aussi ses débouchés industriels ont incité les chercheurs à s'intéresser à cette plante.

Cependant, la roselle n'a intéressé la recherche scientifique dans notre pays que dans les années 1990, à travers des études notamment sur la densité de culture, sur le délai d'étêtage et le comportement photopériodique et sur la sélection des cultivars (Kam, 1996 ; Méda, 1996 ; Yann, 1998 ; Sanou *et al.*, 2005). La culture pure de la roselle commence à prendre de l'ampleur comme une nouvelle source de revenu pour les producteurs. Selon Sanou *et al.* (2005), elle est économiquement plus rentable et moins polluante pour l'environnement que le coton. Dans un contexte de climat semi-aride et de protection de l'environnement, l'intensification et la diversification de la production ne sont possibles qu'avec la maîtrise de l'eau et/ou la période optimale de semis et la valorisation de la fertilisation organique.

Ainsi, la nécessité d'entreprendre des travaux de recherche pour optimiser les rendements aussi bien en culture pluviale qu'en culture de contre-saison s'impose pour promouvoir au mieux cette filière. D'où l'intérêt de la présente étude dont le principal objectif est d'évaluer le potentiel de production en calice de la roselle en culture pluviale et irriguée en vue de proposer des perspectives et appuis à la production.

De manière spécifique, il s'agira de :

- étudier l'effet des dates de semis sur le développement et le rendement de la roselle en culture pluviale ;
- analyser les besoins en eau de la plante sous condition irriguée ;
- déterminer la productivité de l'eau sur les plants de roselle ;

- apprécier et comparer la croissance, le développement et les rendements des plants de *Hibiscus sabdariffa*[1] en culture pluviale et irriguée sur les sites de production retenus ;
- déterminer et comparer la rentabilité économique des deux systèmes de culture.

Le présent document s'articule en trois chapitres dont le premier aborde la revue bibliographique sur la plante étudiée et sur l'irrigation. Le deuxième chapitre porte sur la méthode de travail adoptée afin d'aboutir aux résultats. Enfin, le troisième chapitre présente les résultats et les discussions.

[1] Dans la suite du travail le terme *H. sabdariffa* sera utilisé pour indiquer *Hibiscus sabdariffa*

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Généralités sur la roselle (*H. sabdariffa* L.)

1.1.1. Origine et répartition géographique

Originaire d'Inde, *H. sabdariffa* s'est répandu en Afrique notamment au Soudan d'abord où il aurait été domestiqué il y a environ 6000 ans. Puis, il atteint le nouveau monde au XVIIème siècle, emporté par les esclaves. Il est le fruit d'un hibiscus buissonnant de 2 à 3 m de haut, aux tiges pourpres (Fabrice & Valérie, 2004). La roselle est présente aujourd'hui dans toutes les régions tropicales. En Afrique tropicale, elle est connue en particulier dans les zones de savane d'Afrique Occidentale et Centrale.

1.1.2. Botanique

La roselle est une plante connue au Burkina Faso sous plusieurs appellations qu'il convient de rappeler :

- nom Français : Oseille de Guinée ou Roselle ;
- nom dioula : Dah ;
- nom mooré : Bito ;
- nom dagara : Brê.

Communément, le terme bissap (nom wolof) est utilisé pour désigner la boisson artisanale obtenue à partir des calices séchés (Sawadogo, 1998).

La proposition systématique actuelle de la roselle est la suivante :

- règne : Plantae ;
- division : Magnoliophyta ;
- classe : Magnoliopsida ;
- ordre : Malvales ;
- famille : Malvaceae ;
- genre : *Hibiscus.*

Le genre *Hibiscus* renferme environ 200 à 300 espèces principalement dans les régions tropicales et subtropicales (Yann, 1998) parmi lesquelles on distingue :

- une espèce sauvage (*Hibiscus asper* L.) ;
- une espèce ornementale (*Hibiscus rosa sinensis* L.) ;
- une espèce à fibre (*Hibiscus cannabinus* L.) ;
- et une espèce cultivée pour son feuillage et/ou ses fruits tel *H. sabdariffa* L. sur laquelle porte notre étude.

H. sabdariffa comprend deux principales races : *Edulis* et *Altissima.*

1.1.3. Description de la plante

1.1.3.1. Appareil végétatif

Le système racinaire : il est de type pivotant, assez ramifié, avec une profondeur pouvant atteindre 30 cm à 1 m ; ce qui lui confère une résistance aux poches de sécheresse prolongée (Somé, 2006).

La tige : la tige de la roselle est ligneuse et robuste à la base. La hauteur varie de 0,5 à 2 m selon les variétés et les modes de culture. Les caractéristiques de la tige principale telles que la couleur (vert, rouge clair ou vif, rouge pourpre à rouge vert), la pilosité, le nombre de ramifications ainsi que leur disposition (port du plant), changent d'une variété à une autre (Morton & Dawling, 1987).

Les feuilles : elles sont alternées sur la tige et présentent un très grand polymorphisme au sein d'un cultivar et sur une même plante en fonction du stade de développement (Sanou *et al.*, 2005). Elles sont soit simples ou entières, palmatilobées, palmatiséquées, etc. Elles sont de couleur verte ou vert-rouge et sont composées d'un pétiole à stipule caduque de couleur généralement identique à celle de la tige. Le limbe montre une grande diversité tant pour la forme que pour la couleur.

1.1.3.2. Appareil reproducteur

La fleur : elle prend naissance sur les rameaux à l'aisselle des feuilles et est supportée par un court pédoncule ; sa formule est de 5S + 5P + (nE) + (5C). Le calice, communément appelé fleur d'oseille, est constitué de 5 sépales de couleur, forme et taille variables selon la variété. Il est garni à la base d'une couronne de bractéoles formant un calicule pouvant comporter 9 à

11 pièces. A la fin de la floraison, le calice de la roselle possède la particularité de se développer et de devenir charnu. Il renferme le fruit quand la corolle disparait (Yann, 1998).

La fleur de la roselle est autogame mais des pollinisations croisées peuvent se produire avec un taux variant de 0.23 à 1 % (Young, 1955 cité par Millogo, 2005). Elle s'ouvre tard dans la matinée et se referme tôt dans l'après-midi.

Le fruit : c'est une capsule pubescente s'ouvrant à maturité. La forme (sphérique ou ovoïde) et la grosseur sont des caractéristiques variétales. Il peut contenir 25 à 35 graines de taille variable selon la variété.

Les graines : elles sont réniformes de couleur brun-foncée ou café et sont disposées en rangées sur les deux côtés de chaque valve. Des graines à faible pourcentage d'humidité (8 %) et conservées à des températures optimales gardent longtemps leur viabilité (5 ans et demi environ).

1.1.4. Ecologie

La roselle, plante des régions tropicales et subtropicales, est cultivée entre 20° de latitude Nord et 30° de latitude Sud. Cependant, elle a des besoins de températures situées entre 18 et 35 °C. La croissance de la plante s'arrête à 14 °C et elle meurt alors au bout de 15 jours. La production de fleurs et de calices diminue en dessous de 17 °C.

La roselle est une plante photosensible, de jours courts et qui fleurit mieux lorsque la longueur du jour est inférieure à 12 heures. Elle a besoin de 13 heures de lumière par jour pendant sa croissance végétative pour empêcher sa floraison prématurée. Par ailleurs, sa date de floraison est beaucoup influencée par la température ; la date de semis a donc une influence directe sur le rendement en fruit (Ian & Stuart, 2000). Le cycle varie entre 120 et 180 jours de végétation et est fonction de la variété et de la date de semis. Pourvue d'un système racinaire profond, la plante a besoin d'une profondeur de sol appropriée ; elle est relativement résistante à la sécheresse. C'est une culture qui se pratique sur des types de sols très variés, les meilleurs étant des limons friables retenant beaucoup d'eau (Ian & Stuart, 2000).

La roselle pousse bien dans les régions recevant 800-1600 mm de pluie par an et a besoin d'au moins 120 à 150 mm par mois pendant sa croissance végétative, ou 350 à 400 mm répartis sur une période de 3 à 4 mois. Les périodes sèches au cours des derniers mois de croissance favorisent une bonne production de calices, tandis qu'une précipitation ou une humidité trop

abondante sont susceptibles de faire baisser la qualité des calices. La roselle s'adapte bien en culture sous irrigation (Ian & Stuart, 2000) et aux conditions agro-écologiques du Burkina Faso (INERA, 2005). La culture est particulièrement intense dans le Houet, le Kénédougou et la Comoé.

1.1.5. Techniques culturales

Au Burkina Faso, il est conseillé de faire un labour profond suivi d'un émiettement avant le semis. Le rendement en calices varie en fonction des dates de semis et des conditions de culture (Millogo, 2005). Le semis s'effectue généralement en début de saison pluvieuse à la dose de 4 à 8 kg de semences à l'hectare. Les semences peuvent être traitées au préalable avec le Dithame M45 à la dose de 0,5 à 1 g pour 1 kg de semences (Sanou *et al.*, 2005). Il est conseillé de semer les graines par trois (03) ou quatre (04) à environ 2 cm de profondeur espacées de 40 cm entre les poquets et 80 cm entre les lignes. Dans de meilleures conditions d'humidité, une bonne semence germe au bout de 48 heures. Environ 2 semaines après semis, un démariage est nécessaire et s'effectue généralement à 3 plantes/poquet, ceci pour une bonne production de calices et graines. Le repiquage est une opération culturale complémentaire qui s'effectue dans des conditions d'humidité favorables. Selon le degré d'enherbement, 2 à 3 sarclages suffisent pour entretenir la culture. Quant au buttage, il est une opération pratiquée en vue de donner aux plants une plus grande résistance à la verse et à la casse. L'irrigation est conseillée dans les régions arides ou en saison sèche.

Selon Faye *et al.* (2001), le rendement de la roselle est plus réduit en association avec les céréales (mil et sorgho) qu'avec les légumineuses (arachide et niébé). Selon les variétés, la récolte intervient entre fin novembre et janvier, lorsque les fentes de déhiscences des fruits commencent à s'ouvrir. Une décapsulation le jour même de la récolte est nécessaire pour éviter les moisissures. La récolte est généralement effectuée à la main ou à l'aide d'un couteau ou d'une lame. Les calices et les graines sont séchés à 9 % d'humidité afin de permettre une meilleure conservation. Ainsi, les graines peuvent conserver leur faculté germinative pendant cinq ans et demi (Millogo, 2005).

1.1.6. Maladies et ravageurs

La roselle est sujette à de nombreuses maladies et attaques des ravageurs aussi bien au niveau du champ qu'au moment de la conservation des graines et calices.

1.1.6.1. Maladies et moyens de lutte

Bien que résistante à l'anthracnose et aux nématodes (Sanou *et al.*, 2005), l'oseille de Guinée présente cependant une sensibilité aux attaques d'origine fongique dont les principaux agents sont :

- *Fusarium oxisporium* qui est responsable des attaques racinaires entraînant une baisse de croissance et un flétrissement ;
- *Rhizoctonia solani,* agent très redoutable en conditions chaude et humide, qui est responsable des lésions sur tige conduisant à des flétrissements et pourritures du collet ;
- *Ascochyta hibiscus cannabini* qui est responsable des taches circulaires brunes et noirâtres sur les feuilles. Celles-ci se dessèchent progressivement et finissent par tomber (De Cambiaire, 1997) ;
- *Puccinia garckiana,* agent responsable de petites nécroses et taches rouge-brun caractéristiques (rouilles) ;
- *Phomas sp,* agent des brulures foliaires, est considéré comme l'agent le plus prépondérant pouvant détruire les jeunes plants (Sanou *et al.*, 2005) ;
- *Macrophomina phaseolina* et *Sclerotinia sp,* agents responsables des pourritures de collet et racines.

La protection de la culture passe par le traitement des semences avec le Dithame avant semis. Le Décis est utilisé pour les traitements en végétation contre les insectes nuisibles (Sanou *et al.*, 2005). Pour une culture biologique, il est indiqué de traiter avec un extrait du jus de feuilles de neem en cas d'attaques par les insectes.

1.1.6.2. Insectes nuisibles et moyens de lutte

L'inventaire de la faune entomophile nuisible à la culture de la roselle au Burkina Faso a été effectué par Sanou *et al.* (2005) à la vallée du Kou. Six principaux ordres d'insectes ont été identifiés, à savoir : les Orthoptères, les Hyménoptères, les Coléoptères, les Homoptères, les Hémiptères, les Bruchidées et les Lépidoptères.

Les Coléoptères (altises) et les Orthoptères s'attaquent surtout aux feuilles et aux boutons floraux qu'elles dévorent. Les Hémiptères s'attaquent aux capsules et consomment les graines qui sont en formation. Ils constituent le groupe le plus nuisible pour la production de semences. Les bruches (Bruchidae) s'attaquent aux semences en conservation et provoquent

des dégâts importants. Les insectes nuisibles à la culture de roselle sont les mêmes que ceux du coton et selon l'INERA (2005), l'application du Décis à la dose de 1 l/ha à des intervalles de 10 à 14 jours est nécessaire pour protéger la culture. Cependant, les traitements en végétation s'avèrent délicats, car les feuilles et les calices sont destinés à l'alimentation humaine.

1.1.7. Composition et principales utilisations

1.1.7.1. Composition nutritionnelle

Les calices de la roselle, principales parties comestibles, ont une composition variable selon Cissé *et al.* (2008), (tableau I). Excepté pour leur teneur en eau et en lipide, les écarts entre les valeurs minimales et maximales des différents éléments considérés sont importants. Cette variabilité peut être due à plusieurs facteurs dont les conditions de culture, la nature du sol, la pluviométrie et le pays d'origine des calices. La variété est un élément majeur des différences de composition observées.

Tableau I : Valeurs minimales, moyennes et maximales des différentes caractéristiques des calices frais de *H. sabdariffa*

Type de données	Humidité	Protéines	Lipides	Fibres	Cendres	glucides	Acide malique	Calcium	Fer	Phosphore	Acide ascorbique	Anthocyanes
	g/100g							mg/100g				
Minimales	84,5	0,9	0,1	2,5	4,5	3,3	0,12	1,3	2,9	40	6,7	150
Moyennes	86,3	6,6	2,3	8,8	5,6	8,1	1,3	94	17,2	191,1	72	350
Maximales	89,5	17,9	3,9	12	6,8	12,3	2,7	213	37,8	312,6	141,1	1500

Source Cissé et al., 2008

Tableau II : Principales caractéristiques des feuilles de *H. sabdariffa*

Type de données	Eau	Protéines	Lipides	Glucide	Fibres	Cendres	Acide malique	Calcium	Fer	Phosphore	Carotène	Thiamine	Riboflavine	Acide ascorbique
	g/100g							mg/100g						
Philippines	86,2	1,7	1,1	10,0	_	1,0	1,3	180	40	5,4	_	_	_	_
Guatemala	89,2	1,1	2,6	_	12	6,9	_	1,3	273,2	9	0,03	0,1	0,3	6,7

Source Cissé et al., 2008

La variabilité observée au niveau des calices de la roselle se retrouve également pour la composition des feuilles (Cissé *et al.,*). Ses feuilles constituent une bonne source de nutriments.

Quant aux graines, elles présentent des concentrations très importantes en protéines (26 %), lipides (20 %) et sucres totaux (40 %). Les glucides sont constitués de saccharose, de glucose et d'amidon à des teneurs respectives de 17,6 ; 4,0 et 16,1 g/100g de graines entières fraîches (Tableau III). Ce sont donc de bonnes sources de protéines et de lipides.

Tableau III : Composition des graines de *H. sabdariffa*

Type de données	Humidité	Protéines	Lipides	Fibres	Cendres	glucides
	g/100g					
Minimales	5,6	19,6	16	1,2	4,8	4,8
Moyennes	9,3	26,2	20,2	9,0	5,9	40,4
Maximales	12,9	31	23,3	16,8	7	51,7

Source Cissé et al., 2008

1.1.7.2. Principales utilisations

Presque toutes les parties de la roselle (calices, feuilles et graines) sont utilisées soit dans l'alimentation, soit dans la médecine traditionnelle, soit dans l'industrie. Cependant, du fait de leur concentration élevée en acides, en pectines, en vitamine C et surtout en anthocyanine, les calices constituent la partie de la plante la plus utilisée.

Le tableau IV résume les principales utilisations de l'oseille de Guinée.

Tableau IV : Différentes utilisations alimentaires de *H. sabdariffa*

Parties de la plante	Différentes utilisations			
	Alimentation	Médecine		Industrie
		Interne	externe	
Calices	Fabrication de glaces, Fabrication de gelée confitures, Préparation de boissons (bissap) et infusions, Ingrédients dans la cuisine (sauces), Vin, Vinaigre.	Antiseptique urinaire, Emploi diurétique, lutte contre Bronchite, Stomatique et/ou angine.	Traitement de furoncles, abcès, dermatoses, prurigineuses et hémorroïdes.	Colorant
Feuilles	Sauces aigres, Légumes feuilles.			
Graines	Transformation en condiments (Soumbala), Production de farine, Production d'huile.			

1.1.8. Production et commerce international

Les fluctuations des prix à l'exportation des cultures de rente telles que le coton ont conduit de nombreux agriculteurs d'Afrique Occidentale à diversifier leur production, par exemple en cultivant de la roselle pour le marché intérieur et extérieur. Le Soudan est le principal producteur de cette plante en Afrique tropicale, la superficie annuelle fluctuant entre 11 000 ha et 57 000 ha, en fonction des précipitations et des prix. Le Sénégal, le Mali et le Tchad sont également des producteurs importants, mais la grande majorité de leur production sert à la consommation familiale ou est vendue sur les marchés locaux. Au Burkina Faso, bien qu'une importante partie de la production soit également destinée à la consommation familiale, des sociétés comme AGRIFASO, SO.PRA.DEX et SDV exportent la plus grande partie de la roselle burkinabè vers différentes destinations, principalement l'Allemagne. En effet, depuis 2001, plus de 560 t/an de calices secs ont acheminé vers ce pays.

Selon McClintock & El Tahir (2004), le commerce international des calices de roselle a connu une augmentation constante au cours des dernières décennies, et aujourd'hui ce sont 15 000

t/an qui sont déversées sur le marché international. Les prix fluctuent à cause de la forte variabilité de l'offre ; ils varient entre 1200 et 1700 US$/t. Les Etats-Unis, la France et l'Allemagne sont de gros importateurs. Cependant, les quantités importées sont loin de satisfaire la demande. A titre d'exemple, les seuls besoins des USA sont estimés à 30000 t/an.

Photo 1 : Fleur de *H. sabdariffa*

Photo 2 : Fruit de *H. sabdariffa*

Photo 3 : Feuille de *H. sabdariffa*

Photo 4 : Vue d'un pied de roselle

Photos : HIEN, 2012

1.2. Généralités sur l'irrigation

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production, et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides. Selon FAO (1998), l'irrigation joue un rôle considérable dans la production agricole et la sécurité alimentaire. En moyenne, on estime que les 18 % de terres irriguées contribuent pour 40 % à la production agricole mondiale.
Généralement on parle d'« arrosage » pour les petites surfaces (jardinage) réservant le terme d'« irrigation » pour les surfaces plus importantes (agriculture de plein champ, horticulture), mais il n'y a pas de norme en la matière.

1.2.1. Méthodes d'irrigation

On distingue quatre grandes classes de systèmes fondés sur la méthode de l'apport d'eau au sol.

1.2.1.1. Irrigation de surface

Avec cette méthode, l'eau ruisselle sur la surface du sol pour l'humidifier totalement ou en partie. Elle se subdivise en différentes techniques :

- l'irrigation par sillons : ce type d'aménagement comporte des sillons et des billons dont la forme, l'espacement et la longueur varient principalement en fonction des cultures envisagées et des types de sol.
- l'irrigation par planches : les planches ou calants sont des bandes de terre séparées par des diguettes qui guident l'eau déversée sur le champ. Elles sont rectangulaires ou sinueuses selon la forme du champ.
- l'irrigation par bassins : c'est la méthode d'irrigation de surface la plus répandue; elle est surtout utilisée pour le riz. Un bassin est une surface de terre nivelée entourée de diguettes de terre et qui ne nécessite pas d'écoulement dirigé et contrôlé (FAO, 2008).

Selon FAO (2008), la grande majorité des superficies irriguées dans le monde utilise ces techniques. Ces systèmes présentent cependant plusieurs inconvénients dont notamment leur plus faible efficacité sur le plan de l'arrosage par rapport aux systèmes d'irrigation par aspersion ou localisée.

1.2.1.2. Irrigation par aspersion

Une installation d'irrigation par aspersion est formée d'un réseau de conduites dans lesquelles circule de l'eau sous pression qui est livrée aux cultures au moyen de buses d'asperseur. Ce système simule la pluie, l'eau étant appliquée par pulvérisation aérienne. Cette technique est d'ailleurs également appelée «arrosage en pluie». De ce fait, la distribution de l'eau dans certains systèmes par aspersion est considérablement altérée par la vitesse et le régime du vent dans une région particulière.

1.2.1.3. Irrigation localisée (micro-irrigation)

L'irrigation localisée permet un apport direct d'eau au pied de la plante. L'eau est distribuée à basse pression par un réseau de conduites, selon un schéma prédéterminé et appliquée à faibles débits à chaque plante ou à proximité. On distingue trois grandes catégories d'irrigation localisée :

- l'irrigation par microdiffuseurs : l'eau est pulvérisée sur le sol près de chaque plante ;
- l'irrigation par barboteurs : un petit cours d'eau inonde des petits bassins ou le sol à côté de chaque plante ;
- l'irrigation goutte-à-goutte : des goutteurs apportent lentement l'eau à la surface du sol. C'est cette technique que nous avons appliquée dans notre étude.

1.2.1.3.1. Dé inition du « goutte-à-goutte »

L'irrigation goutte-à-goutte se définit principalement comme une technique au moyen de laquelle l'eau, avec ou sans les fertilisants, est mise directement à proximité des racines de chaque plante en quantités réduites, précises et fréquentes au moyen d'un distributeur appelé goutteur ayant de faibles débits. Il s'agit de la méthode d'irrigation la plus avancée, avec l'efficience d'application la plus élevée. L'eau est distribuée en continu au même endroit sous forme de gouttes et s'infiltre dans le sol en humectant la zone racinaire, verticalement par gravité et latéralement par effet de capillarité.

Dans les sols moyennement lourds de bonne structure, le mouvement latéral de l'eau sous la surface est plus important que dans les sols sableux. En outre, lorsque le débit du goutteur excède le taux d'absorption du sol et sa conductivité hydraulique, l'eau s'accumule en surface. Ceci conduit à une distribution de l'eau plus latérale que verticale. Les valeurs indicatives d'épandage latéral de l'eau sont présentées dans le tableau V.

Tableau V : Type de sol et rayon d'épandage de l'eau

Type de sol	Rayon moyen d'épandage de l'eau
Texture légère	30 cm
Texture moyenne	65 cm
Texture fine	120 cm

1.2.1.3.2. Composition d'un système d'irrigation par goutte-à-goutte

Un système intégral d'irrigation par goutte-à-goutte comprend un ouvrage de tête, des conduites principales et secondaires, des adducteurs et des conduites latérales équipées de goutteurs.

Les différents équipements d'irrigation sont : les conduites principales et les lignes de goutteurs, les adducteurs et les accessoires de raccordement, les filtres, le matériel d'injection pour l'irrigation fertilisante, les instruments de mesure, les systèmes d'exhaure et réservoir d'eau, les dispositifs de contrôle de l'écoulement, les dispositifs d'automatisation.

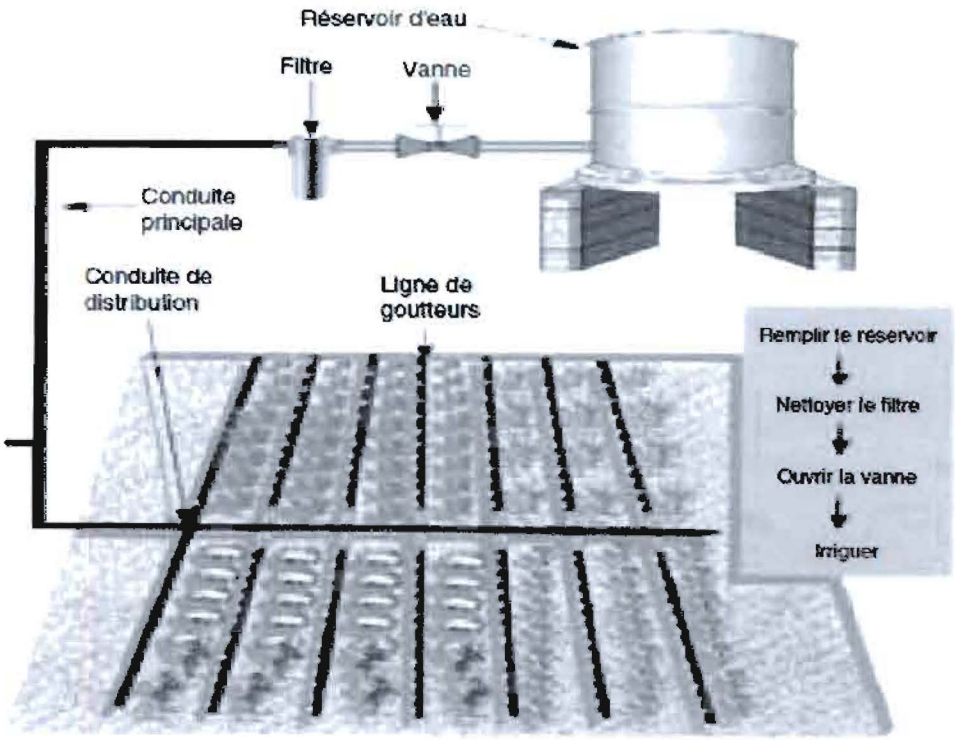


Figure 1 : Schéma d'un dispositif de type d'irrigation goutte-à-goutte (source FAO, 2008)

1.2.2. Détermination des besoins en eau

1.2.2.1. Définitions

Au niveau d'un champ, les besoins en eau d'une culture correspondent à la somme de l'eau transpirée par les plantes et de l'eau évaporée par le sol : on parle alors d'évapotranspiration. On l'évalue en hauteur d'eau par unité de temps (mm par jour, mm par mois, mm par année).

- Evaporation : l'eau s'échappe de la surface du sol et de la végétation humide par évaporation (E), phénomène par lequel l'eau liquide est convertie en vapeur d'eau et extraite de la surface évaporante.
- Transpiration : l'eau contenue dans les tissus végétaux se vaporise dans l'atmosphère par de petites ouvertures foliaires. La transpiration, comme l'évaporation directe, est conditionnée par l'énergie fournie, le gradient de pression de vapeur et le vent.
- Evapotranspiration : la combinaison de ces deux phénomènes distincts sus mentionnés avec des pertes d'eau provenant d'une part de l'évaporation à la surface du sol et d'autre part de la transpiration d'une plante, est appelée évapotranspiration (ET).

L'évaporation et la transpiration se produisent simultanément et sont difficiles à distinguer. Au début de son développement, la culture est principalement soumise à l'évaporation mais une fois qu'elle est pleinement développée et couvre complètement le sol, le phénomène de transpiration prédomine.

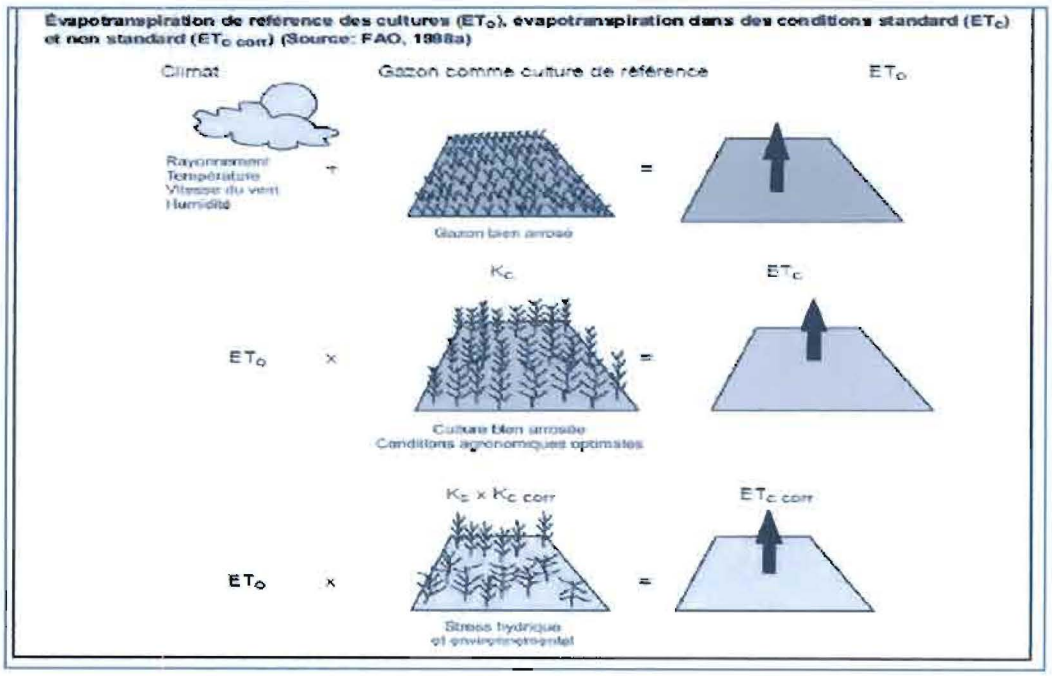


Figure 2 : Evapotranspiration (Source FAO, 2008)

1.2.2.2. Estimation des besoins en eau des cultures

Les besoins en eau des plantes dépendent de plusieurs facteurs intrinsèques ou extrinsèques à la culture :

- la RFU ou "Réserve en eau Facilement Utilisable" ;
- la nature des plantes cultivées (espèce, variété) et le stade de végétation ;
- la nature et l'état d'humidité du sol ;
- les données climatiques liées à la zone de culture (précipitations, insolation, vent,...).

L'évapotranspiration référentielle : l'évapotranspiration de référence (ETo) représente le taux d'évapotranspiration d'herbe haute de 8 à 15 cm, dans des conditions idéales, avec une couverture végétative couvrant entièrement le terrain. La méthode la plus pratique pour déterminer l'ETo est la méthode de Penman-Monteith. L'équation de Penman-Monteith s'établit comme suit (FAO, 1998):

$$ETo = \frac{0{,}408\,\Delta\,(Rn - G) + \gamma[900/(T\ + 273)]u2 \times (es - ea)}{\Delta + \gamma(1 + 0{,}34 \times u2)}$$

Où ETo = Evapotranspiration de référence (mm/jour)

Rn = Rayonnement net à la surface de la culture (MJ/m²/jour)

G = Densité du flux de chaleur dans le sol (MJ/m²/jour)

T = Température quotidienne de l'air à 2 m de hauteur (°C)

u2 = Vitesse du vent à 2 m du sol (m/s)

es = Pression de vapeur saturante (kPa) et ea = Pression de vapeur réelle (kPa)

Δ = Pente de la couche de pression de vapeur saturante à température T (kPa/°C)

γ = Constante psychométrique (kPa/°C)

Les principaux paramètres climatiques à prendre en compte dans le calcul de l'ETo sont : les températures minimale et maximale, l'humidité relative de l'air, le rayonnement solaire et la vitesse du vent. En intégrant ces paramètres, la feuille de calcul Excel et/ou les logiciels CROPWAT et EToCalculator peuvent nous permettre d'avoir les ETo mensuels de l'année considérée.

Le besoin en eau des cultures : aussi appelé évapotranspiration des cultures (ETc), il est calculé en multipliant l'ETo par un coefficient cultural (Kc) qui est propre à chaque culture ; la formule est la suivante :

$$ETc = ETo \times kc$$

Où

ETc = Evapotranspiration de la culture (mm/jour)

ETo = Evapotranspiration de référence de la culture (mm/jour)

Kc = Coefficient cultural

La pluie efficace (*Pe*) : c'est la quantité d'eau pluviale retenue dans la zone racinaire après ruissellement et doit être déduite des besoins totaux calculés en eau d'irrigation. Le calcul de la pluie fiable s'effectue par la méthode de l'USDA donnée comme suit :

$$Pe = \frac{\text{Pmens x (125 – 0,2 x Pmens)}}{125} \qquad \text{pour Pmens} \leq 250 \text{ mm}$$

$$Pe = 125 + 0{,}1 \ x \ Pmens \qquad pour\ les\ Pmens > 250\ mm$$

Le calcul de la pluie efficace selon la méthode de la FAO est donné comme suit :

$$Pe = 0{,}6 \ x \ Pmens - 10 \qquad \text{pour Pmens} \leq 75 \text{ mm}$$

$$Pe = 0{,}8 \ x \ Pmens - 25 \qquad \text{pour Pmens} > 75\ mm$$

Le besoin en eau d'irrigation net : il s'obtient à partir de l'équation du bilan au champ:

$$Bnet = ETc - Pe$$

L'efficience d'irrigation : elle diffère en fonction du mode d'irrigation appliqué et varie de 40 à 90 % du Bnet d'irrigation.

Calcul des besoins d'irrigation bruts : le calcul est fait selon la formule suivante

$$\text{Bbrut} = \frac{\text{Bnet}}{\text{E}}$$

Où :

Bbrut : Besoin brut d'irrigation ; Bnet : Besoin net d'irrigation et E : l'efficience d'irrigation.

L'intervalle d'irrigation (ou fréquence) : il s'agit du nombre de jours entre deux irrigations consécutives.

$$i = \frac{\text{Dose nette d'irrigation (d, ou Bbrut)}}{\text{ETc de pointe}}$$

Où d est la profondeur nette d'application de l'irrigation en mm et ETc est l'évapotranspiration journalière de la culture en mm/jour.

1.2.3. Intérêts et limites de l'irrigation

Dans le monde, 277 millions d'hectares sont irrigués (Van Laere, 2003) sur 1,4 milliard d'hectares de terres arables au total. Ils fournissent plus du tiers de la production alimentaire mondiale. L'irrigation est une assurance de revenu pour de nombreux agriculteurs, en particulier pour des cultures spéciales (fruits, légumes...).

Selon Van Laere (2003), une irrigation inadaptée ou mal conçue peut être source de propagation de pathogènes (pseudomonas, kystes d'amibes, larves et œufs de parasites dont les némathelminthes, les plathelminthes et les trichomonas) et de polluants (résidus de médicaments, de biocides...) dans les cultures ; c'est le cas avec l'utilisation d'eaux grises ou résiduaires, en particulier dans certains pays arides. En zone aride, le risque de salinisation est élevé. L'irrigation peut aussi affecter les écosystèmes, le paysage ou l'agriculture en amont ou en aval, à cause des volumes d'eau détournés des cours d'eau. On cite souvent l'exemple de la mer d'Aral (en Asie centrale) polluée et en partie vidée à cause de l'irrigation du coton en amont.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

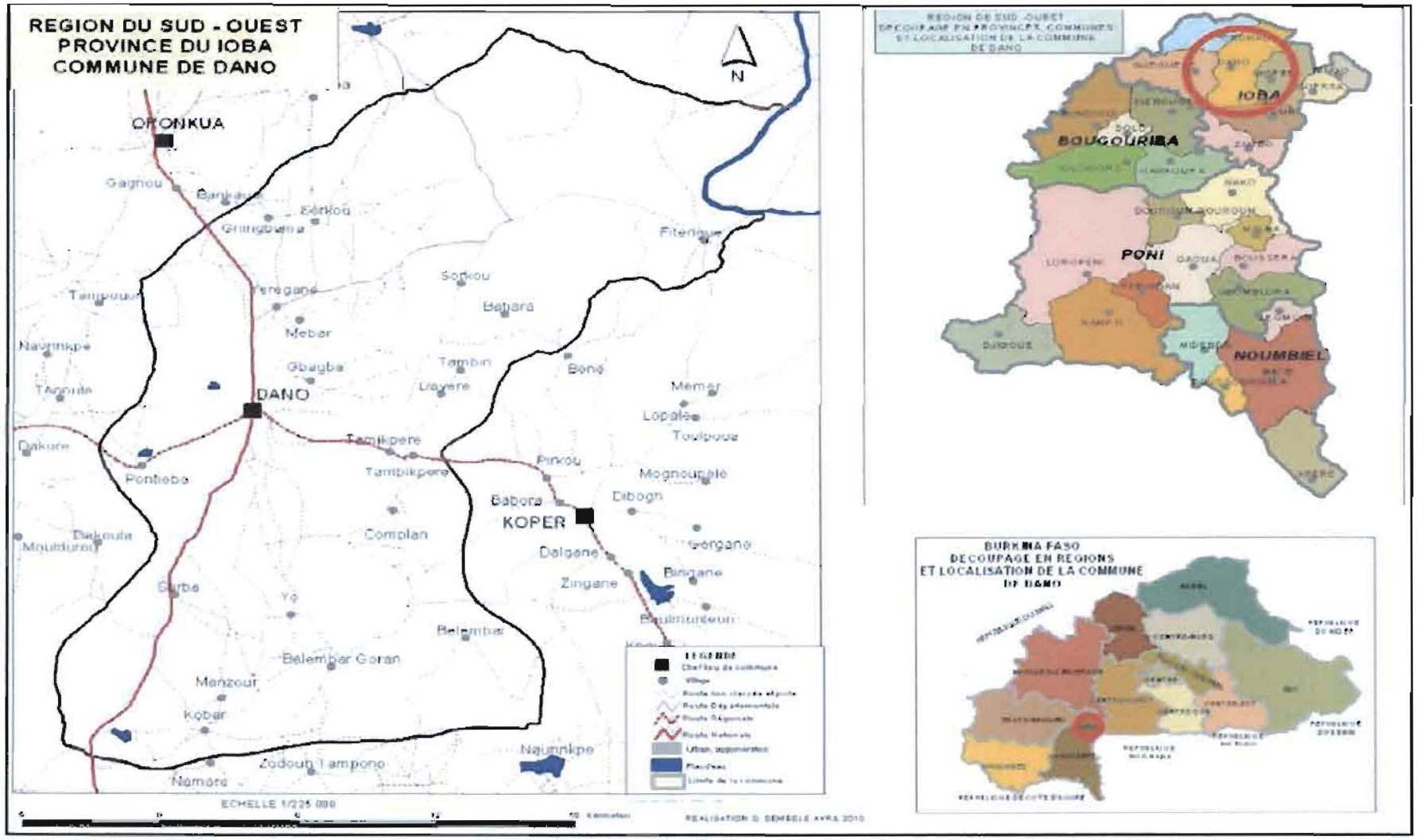
2.1.1. Cadre géographique

Les sites expérimentaux se situent dans la commune de Dano, dans la province du Ioba, région du Sud-ouest du Burkina Faso. Selon Yili (2006), cette province comprend huit (08) communes dont celle de Dano qui s'étend sur 669 km² et compte vingt-deux (22) villages administratifs outre la ville de Dano et ses sept (07) secteurs. Dano, chef-lieu de la province, est située à 117 km de Gaoua (chef-lieu de la région du Sud-ouest), 150 km de Bobo-Dioulasso et 280 km de Ouagadougou. La commune de Dano est limitée :

- à l'Est par la commune de Koper ;
- à l'Ouest par les communes de Guéguére et de Oronkua ;
- au Nord par les communes de Koti et de Fara ;
- et au Sud par la commune de Dissin.

La carte 1 présente la situation géographique de Dano.

Carte 1 : Situation géographique de la commune de Dano (source Yili, 2006)



2.1.2. Caractéristiques humaines

La population de la commune de Dano est estimée à 43 577 habitants selon le RGPH (2006). La proportion des hommes était environ de 47.63 % contre 52.31 % pour les femmes ; la densité moyenne étant de 49 habitants par km² (Yili, 2006). Le phénomène de la migration et les processus d'installation des populations ont fait de la commune de Dano une zone où vit une diversité de groupes ethniques. Dans cette diversité, les Dagaras restent majoritaires et sont considérés comme des autochtones. Aux côtés d'eux, les groupes ethniques les plus importants sont les Lobis, les Pougoulis, les Bwabas et les Mossis. L'ensemble des groupes ethniques en présence semble vivre en parfaite harmonie.

2.1.3. Caractéristiques physiques et naturelles

Le climat : la province du Ioba est située entre les isohyètes 700 et 1100 mm. Le climat est de type soudanien et est caractérisé par deux saisons, une saison sèche longue d'environ sept (07) mois (Octobre-Avril) et une saison pluvieuse courte (Mai-Septembre) avec des températures extrêmes de l'ordre de 21 °C en Décembre et de 38 °C en Mars-Avril. Les températures diurnes moyennes varient entre 24,9 °C et 30,2 °C (PNGT, 2000). Ces conditions climatiques font de Dano une zone où *H. sabdariffa* peut pousser et se développer aisément. La figure suivante présente la pluviométrie de Dano au cours des dix (10) dernières années.

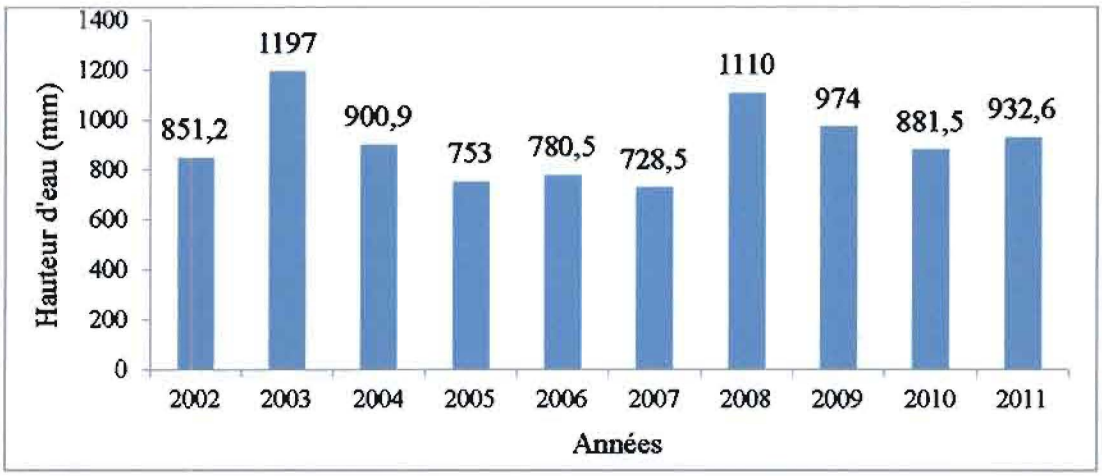


Figure 3 : Pluviométrie de Dano au cours des 10 dernières années (Source : DPAHRH/Dano)

Le relief : celui de la commune de Dano est constitué de chaînes de collines (Monts du Ioba) d'une altitude moyenne de 534 m avec des pentes, des plateaux de 300 m d'altitude environ et des plaines drainées par des cours d'eau (Yili, 2006).

Les sols : de manière générale, les sols de la commune de Dano sont de profondeurs variables (inférieure à 40 cm à plus de 100 m). Toutefois, on rencontre principalement trois (03) types de sol. Il s'agit des sols sableux en surface et sablo-argileux en profondeur occupant le quart des surfaces, des sols limono-sableux en surface et argileux en profondeur sur la moitié des surfaces, et des sols sableux en surface et argileux en profondeur occupant le reste des surfaces (Yili, 2006).

La végétation : selon Yili (2006), le couvert végétal de la commune connait dans son ensemble une dégradation plus ou moins avancée suivant les différents terroirs des villages. Dans les champs, on rencontre des espèces comme : *Parkia biglobosa, Vitellaria paradoxa, Lannea microcarpa, Feidherbia albida, Moringa oleifera, Adansonia digitata,* et *Ceiba pentandra.*

Le réseau hydrographique : la ville de Dano est traversée par un marigot, le « Gbataziè », qui draine les eaux de pluies dans le sens Sud – Nord. Les autres cours d'eau qui traversent la commune sont le Pô, un des affluents de la Bougouriba, et le Mohoun (Yili, 2006).

2.2. Matériel d'étude

2.2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est la R72/R19, une variété de *H. sabdariffa*. C'est une variété à fleur rouge vif, résistante aux maladies et aux insectes et qui accroît le rendement de la production. La culture de cette variété est pratiquée dans l'Ouest du Burkina Faso, notamment dans les provinces du Houet et du Kénédougou, avec des zones de fortes productions. Notre intérêt pour cette variété vient de son importance socio-économique et alimentaire pour les paysans et au plan national. Les semences proviennent de AGRIFASO (Bobo-Dioulasso) où elles ont été testées pour leur adaptabilité aux conditions agro-écologiques de la zone sud-soudanienne du Burkina.

2.2.2. Dispositif d'irrigation goutte-à-goutte

Les installations de base pour l'irrigation se composent de :

- deux polytanks reliés de 2 m^3 chacun installés à une hauteur de 6 m du sol ;

- huit plaques solaires reliées à une pompe assurent le pompage de l'eau d'un puits à grand diamètre de 25 m de profondeur (Photo 5) ;
- un compteur volumétrique (marque DN 24, débit maximum = 3,5 m^3/h), une grosse vanne et des vannettes pour les mesures et le contrôle des quantités d'eau utilisées quotidiennement sur chaque parcelle (photos 6 et 7) ;
- petites conduites d'amenée (conduites en PVC) et de distribution de l'eau sur les parcelles.

Photo 5 : Dispositif de base pour l'irrigation

Photo 6 : Compteur volumétrique

Photo 7 : Grosse vanne

Photos : HIEN, 2012

2.3. Méthodes

2.3.1. Dispositifs expérimentaux

2.3.1.1. Production pluviale de *H. sabdariffa*

Elle s'est déroulée du 19 Juillet au 28 Novembre 2011. Les essais ont été implantés dans cinq (05) secteurs de la commune de Dano (Bagane, Bankandi, Dakolé, Dano pari et Pontièba). Le dispositif expérimental est donc un BCR (Blocs Complètements Randomisés) constitué de trois (03) blocs renfermant chacun cinq (05) parcelles élémentaires de 12 m² chacune (4.6 m × 2.6 m), avec une densité de trente (30) poquets par parcelle élémentaire (voir annexe 3). Chaque site représente un traitement.

2.3.1.2. Production irriguée de la roselle

Elle s'est déroulée en saison sèche, du 16 décembre 2011 au 03 Avril 2012. Le dispositif utilisé est un BCR avec trois (03) blocs. Mais ici, chaque bloc est composé de 4 parcelles élémentaires correspondant chacune à une dose d'irrigation. Nous avons donc au total douze (12) parcelles élémentaires de 12 m^2 chacune (4.6 m × 2.6 m), avec une densité de trente (30) poquets par parcelle élémentaire. Le site de cette expérimentation se situe dans un domaine exploité par une association de femmes (association Toupouor Baon yen), avec l'appui technique et financier de la Fondation Dreyer.

2.3.2. Calculs des besoins en eau de la roselle en production irriguée

Nous avons d'abord calculé les besoins en eau de la roselle en utilisant le logiciel EToCalculator 3.1 et de déterminer ensuite les différentes quantités d'eau d'irrigation (60 %, 80 %, 100 % et 120 % du besoin brut) que nous voulons expérimenter. Cette étape a été faite avant la mise en place de l'essai.

Selon El-Boraie & Gaber (2009) en Egypte, les coefficients culturaux (kc) de *H. sabdariffa* sont : kc initial = 0.35, kc développement = 0.68, kc mi-croissance = 1.06 et kc fin = 0.53. Cependant pour des conditions climatiques différentes, il convient de réajuster les valeurs des kc mi et fin croissance. En effet, pour l'année 2010, la moyenne de l'humidité relative diurne minimum (HR_{min}) dans notre zone d'étude était de 34.66 %, ce qui est inférieur à 45 % comme en Egypte. Par ailleurs, la vitesse moyenne du vent à 2 m du sol en Egypte était égale à 2 m/s alors qu'elle était de 1,4959 m/s dans nos conditions expérimentales. Nous l'avons donc réajustée grâce à la formule ci-dessous avec $U_z = U_{10} = 2$ (voir données météorologiques dans l'annexe 1) :

$$u2 = uz \times \frac{4{,}87}{\ln(67{,}8 - 5{,}42)}$$

Où :

u2 = Vitesse du vent à 2 m au-dessus du sol (m/sec)

uz = Vitesse du vent mesurée à z m au-dessus du sol (m/sec)

z = Hauteur de mesurage au-dessus du sol (m)

La formule suivante a été utilisée pour réajuster les valeurs de kc à mi-croissance et en fin croissance :

$$kc\ (mi\ ou\ fin) = kc\ (mi\ ou\ fin\ du\ tableau) + \left(0{,}04(HRmin - 45)\right) \times (0{,}33h)^{0{,}3}$$

Où :

h = hauteur de la plante à un stade donné

La suite des calculs a été obtenue à l'aide des formules déjà décrites dans la deuxième partie du chapitre 1 (revue bibliographique). Les résultats sont présentés dans les tableaux VI et VII et en annexe 2 :

Tableau VI : Récapitulatif des informations de base pour les calculs

Culture : Roselle (*H. sabdariffa* L.)	Date de semis : 16/12/2011
Durée du cycle : 90 jours	
Estimation des durées des stades de développement	Dates
Stade initial : 20 jours	16 décembre au 5 janvier
Stade de développement : 30 jours	6 janvier au 5 février
Stade mi croissance : 30 jours	6 février au 5 mars
Stade fin croissance : 10 jours	6 mars au 15 mars
Coefficient cultural par stade obtenu après réajustement :	
Stade initial : 0,35	
Stade de développement : 0,68	
Stade mi croissance réajusté : 1,1	
Stade fin croissance réajusté : 0,58	

Dans la théorie, l'efficience d'utilisation du système d'irrigation goutte-à-goutte est comprise entre 80-90 %. Dans nos calculs, nous avons donc supposé cette efficience à 85 %.

Tableau VII : Besoins en eau d'irrigation journaliers de la roselle

Désignation	Mois	Quantités en mm/jr/ha	Quantités l/jr/12 m²
Q1 = 60 % B_{brut} total: 4097 l	Décembre	2.347	28
	Janvier	4.4117	53
	Février	4.07148	49
	Mars	3.22938	39
Q2 = 80 % B_{brut} total: 4756 l	Décembre	2.347	28
	Janvier	4.4117	53
	Février	5.42864	65
	Mars	4.30584	52
Q3 = 100 % B_{brut} total: 5415 l	Décembre	2.347	28
	Janvier	4.4117	53
	Février	6.7858	81
	Mars	5.3823	65
Q4 = 120 % B_{brut} total: 6103 l	Décembre	2.347	28
	Janvier	4.4117	53
	Février	8.14296	98
	Mars	6.45876	78

En somme, pour tout le cycle de la plante et pour l'ensemble des parcelles expérimentales irriguées, nous aurions eu besoin au total de :

$$3 \times (4097 + 4756 + 5415 + 6103) = 61113\ l = 61{,}113\ m^3$$

Cependant, la récolte n'a eu lieu que deux (02) semaines après la date prévue. La pluviométrie de notre secteur a été finalement de **7,2462 mm** au lieu de **6,1113 mm**. Par ailleurs, le calcul de l'intervalle d'irrigation nous donne un (01) jour, nous avons donc arrosé tous les jours.

2.3.3. Conduite des essais

2.3.3.1. Préparation des champs et entretiens des plantes

Les semis ont été effectués manuellement en mettant 4 à 5 graines par poquet avec des écartements de 0,40 m entre les poquets et 0,80 m entre les lignes. Pour la culture pluviale, il y a un intervalle de 10 jours entre les dates de semis de chaque bloc ou site (Tableau VIII). Dans tous les cas, vingt (20) jours après semis, nous avons procédé au premier sarclo-binage suivi du démariage à trois (03) plants par poquet. Une fumure d'entretien à la dose de 10 t/ha a été apportée aux plantes juste après le démariage. Deux autres sarclo-binages ont été nécessaires pour faire face aux fréquents craquellements du sol. Le tableau VIII nous donne les différentes dates de semis, d'entretiens et de récolte sur les différentes parcelles.

Tableau VIII : Dates de semis, d'entretiens et de récoltes sur les différentes parcelles

Sites de production	Dates de semis	Dates du 1er sarclo-binage et du démariage	Dates d'apport de la fumure d'entretien	Dates du 2e sarclo-binage	Dates du 3e sarclo-binage	Dates de récoltes
Bagane	28/08/2011	16/09/2011	17/09/2011	11/10/2011	05/11/2011	27/11/2011
Bankandi	19/07/2011	07/08/2011	08/08/2011	01/09/2011	26/09/2011	17/10/2011
Dakolé	18/08/2011	07/09/2011	08/09/2011	02/10/2011	27/10/2011	16/11/2011
Dano pari	08/08/2011	28/08/2011	29/08/2011	22/09/2011	17/10/2011	06/11/2011
Pontièba	29/07/2011	18/08/2011	19/08/2011	12/09/2011	07/10/2011	28/10/2011
Site irrigué (Q1, Q2, Q3 et Q4)	16/12/2011	05/01/2012	06/01/2012	31/01/2012	01/03/2012	03/04/2012

2.3.3.2. Irrigation des plantes

L'eau est apportée aux plantes par "goutte-à-goutte". Ainsi, nous avons pu contrôler les quantités d'eau apportées aux plantes grâce aux vannettes, et au compteur volumétrique. Nous avons appliqué la même quantité d'eau (Q3 = 100 %) à l'ensemble des parcelles jusqu'au 45e jour après semis. Ce n'est qu'à partir du 1er Février que nous avons commencé à différencier la quantité de l'eau d'irrigation.

Photo 8 : Disposition des vannettes pour le contrôle de l'eau

Photo 9 : Vannettes

Photos : HIEN, 2012

2.3.4. Mesures et observations

2.3.4.1. Mesures des paramètres de croissance

Les mesures ont été effectuées sur les plantes de la parcelle utile (annexe 3). Ainsi, la plante la plus haute des poquets échantillonnés est retenue (10 poquets/parcelle utile). Pour cela, nous avons utilisé une fiche de collecte de données. Ces mesures ont été réalisées 45 JAS et sont reprises toutes les 2 semaines jusqu'à la maturité des fruits. Elles ont concerné :

- la hauteur (cm) ;
- le nombre de feuilles/plante ;
- le diamètre au collet (mm) ;
- le diamètre du houppier (cm) ;
- le nombre de ramifications/plante ;
- le nombre de boutons floraux/plante.

2.3.4.2. Récoltes

La récolte est effectuée sur un échantillon de 10 plantes par parcelle en excluant les plantes de bordure. Les fruits sont immédiatement décapsulés. L'estimation des rendements est effectuée sur les échantillons frais prélevés, décapsulés puis séchés au soleil pendant 3 jours. Les paramètres mesurés sont :

- le poids moyen d'un fruit frais (calice + capsule) en g ;
- le poids total des fruits frais juste après la récolte en t/ha;
- le poids des calices frais juste après la décapsulation en t/ha ;
- le poids des calices secs après 3 jours de séchage en t/ha ;
- le poids des graines après séchage, battage et vannage des capsules (t/ha).

2.3.4.3. Calculs de rendements

Poids eau = Poids humide - Poids sec ;

Poids des capsules frais = Poids fruits frais - Poids calices frais

Pour obtenir le rendement des calices en t/ha, nous avons tenu compte de la densité de plantation, du nombre de fruits/plante et du poids moyen d'un fruit.

2.3.4.4. Coefficients de conversion et productivité de l'eau

Le coefficient de conversion est le rapport d'une part, du poids des calices frais décapsulés sur celui des fruits frais et d'autre part, du poids des calices secs sur le poids des calices frais décapsulés. Il est aussi le rapport du poids des calices secs sur celui des fruits frais. Soit P1 le poids moyen des fruits frais, P2 le poids moyen des calices frais et P3, celui des calices secs :

$$Cc\ (\%) = \left[\frac{P2}{P1}\ ou\ \frac{P3}{P2}\ ou\ \frac{P3}{P1}\right] \times 100$$

Les rapports P2/P1, P3/P2 sont calculés pour déterminer la corrélation entre les poids frais des fruits et des calices décapsulés d'une part et celle entre le poids frais et le poids sec des calices décapsulés d'autre part. Le rapport P3/P1 permet de déterminer la corrélation entre le poids secs des calices et le poids frais des fruits.

La productivité est le rapport entre unité de produit et unité de facteur de production. Dans le contexte de cette étude, l'expression productivité de l'eau est employée exclusivement pour désigner la quantité du produit (rendement en calices) par rapport au volume d'eau utilisé. Il s'agira de déterminer le rendement en calices par m^3 d'eau.

$$Productivité\ de\ l'eau\ \left({}^{kg}/_{m3}\right) = \frac{Rendement\ en\ calices\ (kg)}{Quantitée\ d'eau\ utilisée\ (m3)}$$

2.3.4.5. Coût de revient et rentabilité économique de la roselle

Le coût de revient correspond au coût complet d'un bien au stade final. Selon Antraigne (2008), ce coût permet de fixer le prix de vente des produits et de calculer la valeur des productions obtenues dans l'exploitation. Ce coût permet également d'appréhender l'approche de la rentabilité d'un produit pour calculer les conséquences de sa réalisation. Il est généralement désigné par coût de revient unitaire global (CRUG).

$$CRUG\ ({}^{FCFA}/_{kg}) = \frac{Coût\ total\ de\ production\ (FCFA)}{Produit\ brut\ (kg)}$$

La rentabilité économique est une mesure de la performance financière d'une entreprise dans l'utilisation de l'ensemble de son capital « employé ». Il existe plusieurs méthodes comptables de mesure de cette rentabilité. Nous choisissons d'utiliser celle du taux de rentabilité économique (TRE) qui est le rapport entre un revenu et le capital engagé pour obtenir ce revenu. Cette méthode est simple et est généralement utilisée par les PME.

$$TRE = \frac{Bénéfice\ brut}{Coût\ total\ de\ production}$$

2.3.5. Traitements et analyse des données

L'ensemble des données collectées a été traité grâce à deux logiciels. Le tableur Excel a servi pour la saisie des données, pour les différents calculs et pour l'élaboration des tableaux et figures. Le logiciel GenStat Discovery Edition 4 a servi à la réalisation des tests d'analyse de variance (ANOVA) de même que pour les tests de Student Newman et Keul au seuil de 5 %.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Production pluviale de *H. sabdariffa*

Tous les sites étudiés ayant bénéficié des mêmes traitements, l'objectif global de cette partie est la détermination de l'effet de différentes dates de semis sur le développement et le rendement en calices de *H. sabdariffa* dans notre zone d'étude. Rappelons que chaque site représente une date de semis. Ainsi, Bankandi est le site où les semis ont été effectués le plus tôt ; il est suivi du site de Pontièba, du site de Dano Pari, du site de Dakolé et enfin, du site de Bagane.

3.1.1. Effet de la production pluviale sur les paramètres de croissance de la roselle

Les variables concernées sont la hauteur (H) des plantes, leur diamètre au collet (DC), le nombre de feuilles (NF) et le diamètre du houppier (DH). Les données collectées ont permis de procéder à une analyse de variance à l'issue de chaque cycle de culture (90 jours), de comparer les sites de production et de présenter graphiquement les moyennes.

Les figures 4 et 5 illustrent les courbes de croissance, respectivement en hauteur et en Diamètre du houppier, des plants de *H. sabdariffa* sur les différents sites de production.

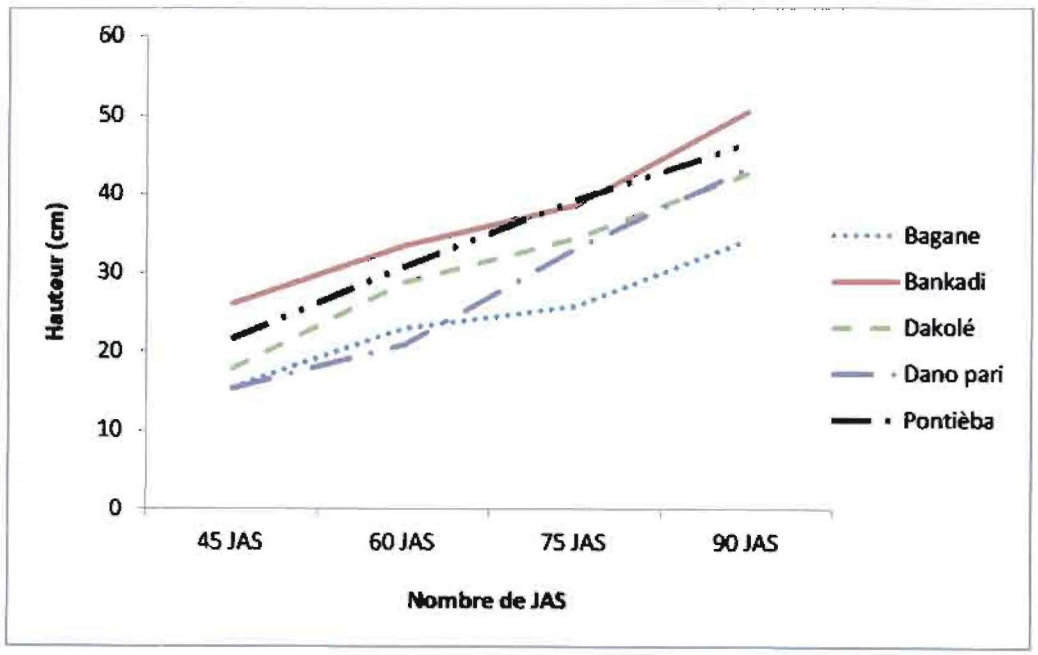


Figure 4 : Courbe de croissance en hauteur des plants de roselle sur les sites de production pluviale

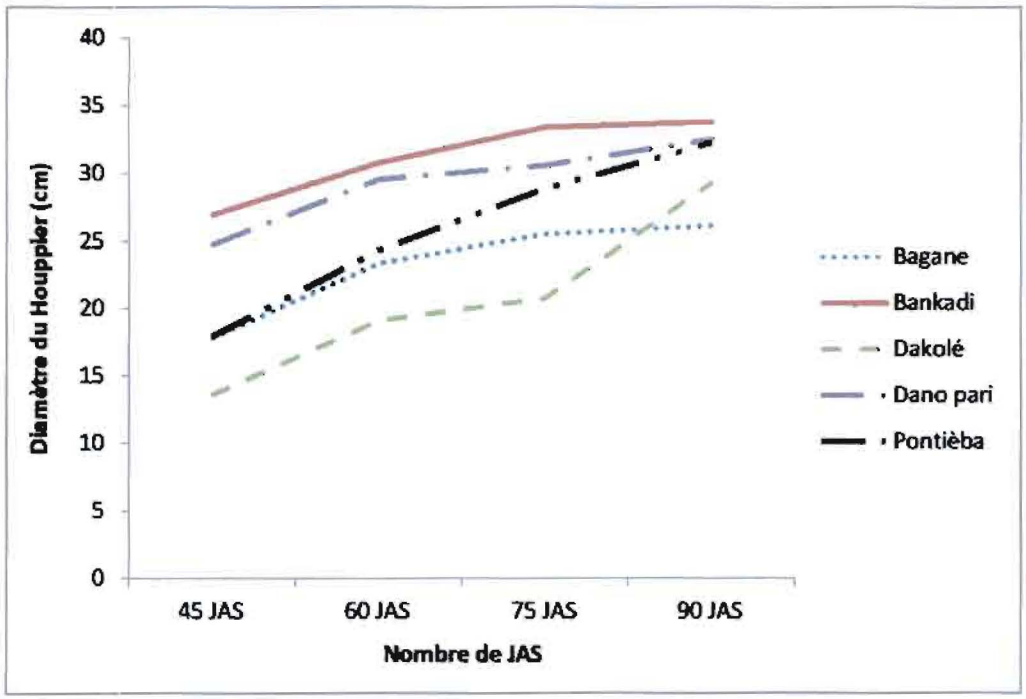


Figure 5 : Evolution du diamètre du houppier de la roselle sur les sites de production pluviale

Sur ces figures, nous constatons de manière générale que les courbes ont la même tendance : elles sont évolutives dans le temps. Entre 60 et 75 JAS, nous remarquons une légère stabilité dans la croissance en hauteur (figure 4) des plants qui néanmoins, recommencent à croître de plus belle à partir de 75 JAS. Pour la variable diamètre du houppier, nous observons également une évolution des courbes jusqu'à 75 JAS (figure 5). A partir de cette date, toutes les courbes semblent se stabiliser sauf pour le site de Dakolé où nous constatons un saut en avant comparativement aux autres.

Le tableau IX met en évidence l'effet des dates de semis sur les paramètres de croissance de la roselle. Il montre que pour les variables H, DC et NF, la première date de semis présente les résultats les plus élevés avec respectivement 4,12 cm, 0,833 mm et 7,97 feuilles de plus que le site de Pontièba et respectivement 15.14 %, 8.97 % et 63.68 % de plus que celui de Bagane. Excepté la variable DH qui suit l'ordre décroissant Bankandi, Dano Pari, Pontièba, Dakolé et enfin Bagane, les autres variables montrent que le site de Pontièba donne de meilleurs résultats par rapport à Dano Pari. Dans tous les cas, nous notons que Bankandi présente les meilleures évolutions et que Bagane affiche toujours les plus petits résultats.

Tableau IX : Analyse de variance des paramètres de croissance pour les différents sites de production pluviale à 90 JAS

Sites	Hauteur (cm)	Diamètre au collet (mm)	Nombre de feuilles	Diamètre du houppier (cm)
Bagane (5)	43,83[a*]	4,267[a]	29[b]	26,13[d]
Bankandi (1)	50,47[a]	7,85[a]	47,47[a]	33,8[a]
Dakolé (4)	44,07[a]	5,5[a]	36,67[b]	29,32[c]
Dano pari (3)	44,32[a]	5,55[a]	39,16[a]	32,5[ab]
Pontièba (2)	46,35[a]	7,017[a]	39,5[a]	32,27[ab]
% CV	9,8	32,5	12,8	8,3
F probabilité	0,06	0,278	0,05	0,036
Signification	NS	NS	S	S

*Les chiffres de la même colonne affectés de la même lettre alphabétique ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test de Student-Newman et Keuls). **NS** = Non Significatif ; **S** = Significatif. Les chiffres en face des sites suivent l'ordre de semis.

L'analyse de variance n'a pas montré de différence significative entre les sites pour les variables H et le DC des plantes. Toutefois, les valeurs les plus élevées au niveau des résultats sont observées sur le site de Bankandi avec une H de 50,47 cm et un DC de 7,85 mm ; ce qui signifie des augmentations de 15.14 % pour la hauteur et de 83.97 % pour le diamètre au collet par rapport au site de Bagane.

Quant au nombre de feuilles et au diamètre du houppier, l'analyse s'est avérée significativement différente. Le site de Bankandi présente les meilleurs résultats sans toutefois être significativement différent des sites de Dano pari et de Pontièba. Par contre, les sites de Dakolé et de Bagane montrent respectivement des dissemblances de 29.45 % et 63.68 % en moins pour le NF et, 15.27 % et 29.35 % en moins pour le DH.

3.1.2. Variations des rendements de la roselle selon les sites en production pluviale

La figure 6 nous montre que le site de Bankandi se démarque de manière très nette des autres sites par ses meilleurs résultats. Il est suivi par les sites de Dano Pari et de Pontièba. Cependant, celui de Dakolé se différencie des autres par la hausse de son NR à partir de 75 JAS alors que de manière générale, on observe une baisse de cette variable à compter de ladite date.

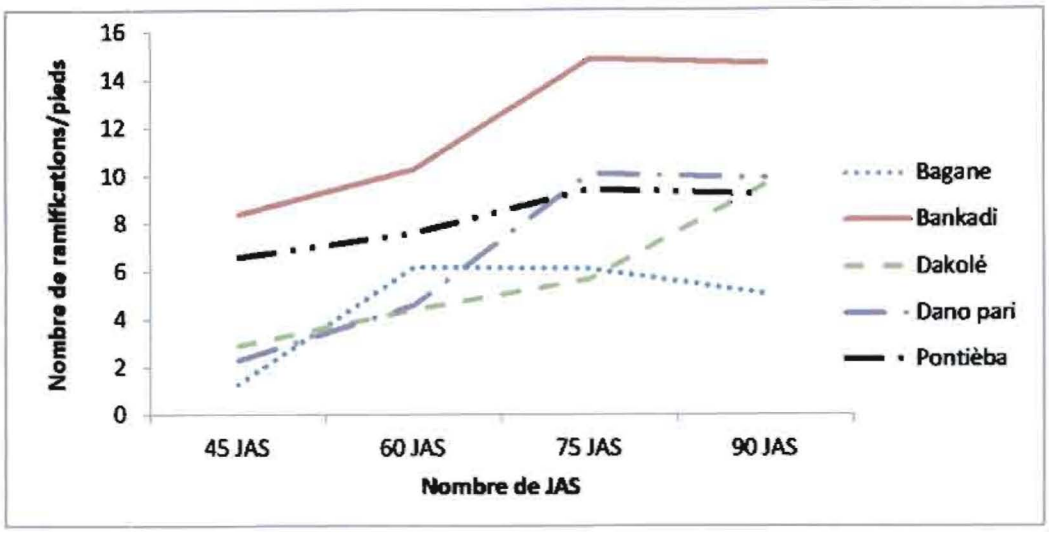


Figure 6 : Evolution du nombre de ramifications des différents sites de production pluviale en fonction du temps

A la maturité des fruits, les statistiques montrent une absence de disparité marquante entre les variables poids moyen d'un fruit et le nombre de fruits par ramification. Pour le nombre de ramifications par pieds, l'analyse de variance (Tableau X) met en évidence 3 groupes dont le 1er renferme uniquement les parcelles de Bankandi, le 2ème ceux de Pontièba, de Dano Pari et de Dakolé. Le 3ème groupe ne se compose que de la parcelle de Bagane semée exactement 40 jours après le 1er (Bankandi). Les statistiques montrent également qu'il existe une différence significative entre les rendements en fruits frais, en calices frais et en calices secs sur les divers sites étudiés. Nous notons en effet que les parcelles de Bankandi et de Pontièba donnent les meilleurs rendements avec respectivement 8,108 t/ha et 7,273 t/ha de fruits frais tandis que celles de Bagane ne fournissent qu'un rendement de 4,181 t/ha. En calices secs, le tableau X montre que le site de Bagane présente un résultat inférieur à plus de 118 % en moins que celui de Bankandi et 17.36 % en moins que le site de Dakolé qui pourtant affiche le deuxième plus petit rendement.

Nous observons surtout que le test de Student Newman et Keuls fait voir principalement deux grands groupes pour les variables rendements en fruits et calices. En effet, les sites de Bankandi, Pontièba et Dano Pari sont classés dans le même groupe tandis que les deux autres sites (Dakolé et Bagane) sont dans le second groupe. Le premier groupe renferme alors les sites ayant donné les meilleurs rendements et qui ont été semés le plus tôt (en Juillet) et le 2ème groupe renferme ceux ayant donné les plus faibles rendements ; ceux semés en Août.

Pour la variable poids moyen d'un fruit, c'est le site de Pontièba qui présente le plus grand poids, soit 0,886 g de plus que celui de Bagane et 0,825 g de plus que celui de Bankandi. Ce n'est donc pas le site de Bankandi qui donne le plus grand résultat. Il en est de même pour la variable nombre de fruits par ramification. En effet, bien qu'il présente de petits fruits, c'est le site de Bagane qui affiche le plus grand résultat avec 1,57 fruit/ramification. Après ce site, suit celui de Pontièba avec 9.79 % de fruits en moins. Le site de Bankandi affiche quant à lui 35.34 % de fruits par ramification en moins par rapport à celui de Bagane.

Tableau X : Effet des différentes dates de semis sur les paramètres de rendement de la roselle à 90 JAS

Sites	Poids moyen d'un fruit (g)	Nombre de fruits par ramification	Nombre de ramifications par pieds	Rendement en fruits frais (t/ha)	Rendement en calices frais (t/ha)	Rendement en calices secs (t/ha)
Bagane (5)	5,011[a*]	1,57[a]	5,67[c]	4,181[b]	2,374[b]	0,288[b]
Bankandi (1)	5,072[a]	1,16[a]	14,7[a]	8,108[a]	5,173[a]	0,628[a]
Dakolé (4)	5,333[a]	1,04[a]	9,65[b]	5,017[b]	2,783[b]	0,338[b]
Dano pari (3)	5,884[a]	1,25[a]	9,9[b]	6,826[a]	4,254[a]	0,516[a]
Pontièba (2)	5,897[a]	1,43[a]	9,2[b]	7,273[a]	4,587[a]	0,557[a]
% CV	20,6	33,4	17,6	16	20,4	25,7
F probabilité	0,081	0,247	0,002	0,045	0,032	0,028
Signification	NS	NS	HS	S	S	S

*Les chiffres de la même colonne affectés de la même lettre alphabétique ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test de Student-Newman et Keuls). **NS** = Non Significatif ; **HS** = Hautement Significatif ; **S** = Significatif. Les chiffres en face des sites suivent l'ordre de semis.

3.1.3. Discussion et conclusion partielle

La croissance d'une plante est proportionnelle aux facteurs de croissance (à l'assimilation nette), tandis que son développement dépend de la température et/ou de la photopériode. Des études menées par Ian & Stuart (2000) démontrent que le développement de la roselle de même que sa date de floraison sont influencés par la température et que le rendement est sous l'influence directe des dates de semis. Nous remarquons effectivement de manière générale que les sites semés le plus tôt présentent les meilleurs résultats tant pour les paramètres de croissances que pour les rendements.

En effet, les parcelles de Bankandi et de Pontièba donnent les plantes avec les plus grands H, DC, NF et DC contrairement aux plantes de Bagane qui affichent les plus faibles résultats pour ces mêmes paramètres. Nous remarquons néanmoins une forte réduction de la croissance en H de nos plantes pour tous les sites. Les hauteurs moyennes dans notre expérimentation varient entre 43,83 cm et 50,47 cm alors qu'elles peuvent atteindre 1,5 m pendant la période pluviale. En effet, des études similaires réalisées par Millogo (2005) sur la production pluviale de la roselle montrent que les H des plantes varient effectivement en fonction des dates de semis ; mais elles vont de 1,38 m à 1,74 m pour les semis de juillet et 0,96 m pour ceux d'Août. Bien que nos semis de Juillet présentent les plus grandes moyennes de H, ils affichent une réduction de plus 173 % par rapport aux semis de juillet de ce dernier. Nos semis d'Août montrent une réduction de plus de 119 % comparativement aux siennes. Ces résultats peuvent s'expliquer par le retard accusé par nos semis. Nos premiers semis étaient du 19 pour le mois de Juillet et du 08 pour le mois d'Août alors que leurs dates étaient le 1er Juillet et le 1er Août. Nos faibles résultats pourraient également s'expliquer par le déficit pluviométrique subit par nos semis tardifs, ces derniers n'ayant pas eu le temps d'achever leur croissance végétative. Il y a aussi la sensibilité de la plante à la photopériode. Par ailleurs, en plus d'un apport de fumure organique comme dans notre cas, ils ont pratiqué une fertilisation minérale.

En culture pluviale, Ian & Stuart (2000) font remarquer que la roselle tolère des conditions de sécheresse et nécessite une pluviométrie de 350 à 400 mm d'eau repartie sur une période de 3 à 4 mois. Dans notre expérimentation, c'est le site de Bankandi qui a reçu le plus d'eau avec une pluviométrie de 418 mm d'eau. Puis dans l'ordre décroissant le site de Pontièba (411,5 mm), de Dano Pari (346,5 mm), de Dakolé (234,5 mm) et enfin de Bagane (194,5 mm).

Selon Millogo (2005), le nombre de ramifications, le nombre de fruits par plante et les rendements varient en fonction des dates de semis. Ainsi, nous notons que les plantes semées

le plus tôt donnent les plus forts rendements en fruits et celles semées le plus tard, présentent les plus faibles résultats. En effet, le site de Bankandi donne un rendement de 628 kg/ha de calices secs et celui de Bagane affiche 288 kg/ha, environ 118 % de calices secs en moins. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Gholam & Moosavi (2012) sur l'effet de la date de semis sur le rendement de la roselle. Ces derniers affirment même que passée la date optimale de semis, on observe une perte en rendement de la roselle atteignant 0,07 t/ha/jour. Les mêmes auteurs affirment que le retard de semis diminuait de manière significative le poids moyen des calices et le nombre de calices par plante. Nos résultats donnent un rendement moyen de 465,4 kg/ha de calices secs ; ceci est presque doublement supérieur à celui trouvé par Cissé *et al.* (2008) au Sénégal. Ces derniers auteurs affirment que les rendements varient entre 250 et 1000 kg de calices secs/ha avec un rendement moyen d'environ 250 kg/ha. Cependant, ces rendements sont 3 à 6 fois plus faibles que ceux obtenus en Asie où les rendements sont en moyenne de 1500 t/ha de calices secs. Cette différence est probablement justifiée par la généralisation de l'utilisation d'engrais en Asie. Mais dans notre cas comme l'étude réalisée au Sénégal, aucun apport d'engrais minéral n'a été fait. Nous constatons alors qu'un simple apport d'engrais minéral à une dose optimale pourrait rapidement augmenter de manière significative la production. Toutefois, la production ne pourra plus être considérée comme "biologique". Nos résultats diffèrent également de ceux obtenus par Traoré (2003) qui trouve que le rendement en calices secs de la roselle au Burkina gravite autour de 480 kg/ha tandis que Sawadogo (1998) montre qu'en culture pluviale, les rendements en calices secs de la roselle peuvent atteindre 750 kg à l'hectare.

Par ailleurs, nous observons que bien que le site de Bankandi donne le plus grand nombre de ramifications par plante, il ne présente pas le plus grand nombre de fruits par ramification : ces deux variables n'évoluent pas alors dans le même sens. Ce résultat concorde avec celui de Sawadogo (1998) et Somé (2006) qui affirment que le nombre de fruits n'est pas forcement lié à celui des ramifications. Pourtant, Méda (1996) trouve que ce résultat est bien évident pour certains cultivars. FAO (2004) souligne des rendements de 15 à 25 t/ha de calices frais au Soudan, en milieu paysan. Cependant, ces rendements sont énormément influencés par les cultivars utilisés et les techniques culturales adoptées. En effet, la production de calices par plante varie de 1,5 kg/plante en Californie à 7,5 kg/plante au sud de la Floride. Des rendements de 16 à 19 t/ha sont obtenus à Hawaii (Morton & Dawling, 1987).

En somme, nous pouvons dire que le choix de la date de semis est un important facteur d'optimisation du potentiel de croissance et de rendement. Une mise en terre plus tôt,

habituellement dans le mois de Juillet donne les meilleurs résultats. A cet égard, tout retard de semis a des chances de s'accompagner d'une diminution significative de rendement de même que de la croissance en hauteur.

3.2. Production irriguée de *H. sabdariffa*

L'objectif général de cette deuxième partie se résume à l'appréciation des paramètres agronomiques de la roselle soumise à différentes quantités d'eau d'irrigation goutte-à-goutte. Signalons tout d'abord que Q1, Q2, Q3 et Q4 représentent chacune une quantité d'eau testée. Q3 équivaut à 100 % de la quantité d'eau calculée, elle représente ici le témoin. Quant à Q1, Q2 et Q4, elles correspondent respectivement à 60 %, 80 % et 120 % d'eau par rapport à Q3.

3.2.1. Effet des différentes quantités d'eau sur le développement de la roselle

Les figures 7 et 8 montrent respectivement le développement du diamètre au collet et du nombre de feuilles, des pieds de roselle soumis aux quantités d'eau testées. Nous observons que dans tous les cas, Q1 présente toujours les plus faibles résultats (14,47 cm) à 90 JAS. Nous notons aussi que pour l'une ou l'autre des variables, à 90 JAS, Q4 se révèle toujours la plus grande comparativement aux autres même si pour la variable DC, nous observons une superposition des courbes entre le 60ème et 75ème JAS.

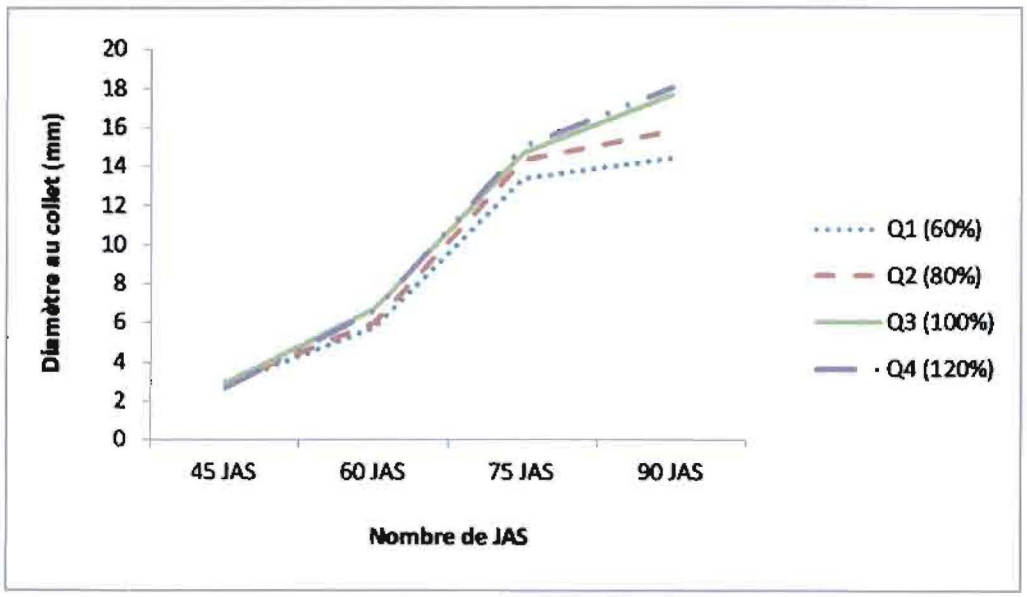


Figure 7 : Evolution des diamètres au collet en fonction des quantités d'eau

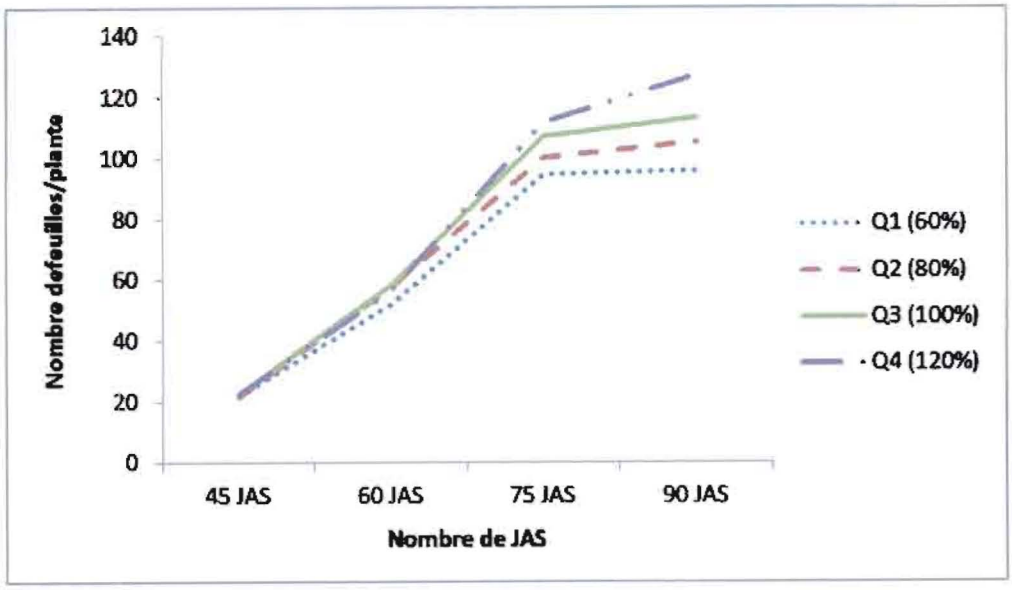


Figure 8 : Evolution du nombre de feuilles en fonction des quantités d'eau

L'analyse de variance résumée dans le tableau XI témoigne de nos propos. Elle indique également qu'il y a une différence significative entre les moyennes des différentes quantités d'eau pour les variables diamètre au collet, nombre de feuilles et diamètre du houppier.

Tableau XI : Analyse de variance des paramètres de croissance pour les différentes quantités d'eau d'irrigation à 90 JAS

Quantités d'eau	Hauteur (cm)	Diamètre au collet (mm)	Nombre de feuilles	Diamètre du houppier (cm)
Q1 (60 %)	69,85[a*]	14,47[c]	96[b]	64,09[c]
Q2 (80 %)	70,34[a]	15,87[b]	105,3[ab]	69,73[bc]
Q3 (100 %)	76,45[a]	17,71[a]	112,8[ab]	74,2[a]
Q4 (120 %)	74,05[a]	18,1[a]	127,2[a]	76,83[a]
% CV	10,7	5	12,5	5,1
F Probabilité	0,7	0,005	0,048	0,022
Signification	NS	HS	S	S

*Les chiffres de la même colonne affectés de la même lettre alphabétique ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test de Student-Newman et Keuls). NS = Non Significatif ; S = Significatif ; HS = Hautement Significatif.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

En effet, pour la variable hauteur, les quantités d'eau ne sont pas significativement différentes les unes des autres à 90 JAS selon le test de Newman et Keuls. Nous constatons toujours ici que c'est Q1 qui présente la plus faible H avec 6,6 cm en moins comparativement au témoin et 0,49 cm en moins par rapport à Q2 qui donne la plus faible H juste avant Q1. La variable DC quant à elle, présente des résultats avec une différence hautement significative entre les moyennes des quantités d'eau avec Q4 qui donne le plus grand DC, environ 0,39 mm de plus que le témoin et 25.08 % de plus que Q1. Toujours est-il qu'à 90 JAS, nous notons un ordre de classement Q1<Q2<Q3<Q4 pour toutes les variables sauf H qui présente l'ordre Q1<Q2<Q4<Q3.

3.2.2. Effet des quantités d'eau sur le rendement de *H. sabdariffa*

Pour ce qui est de l'effet des quantités d'eau sur le rendement en fruits frais et en calices secs, nous observons tout d'abord que les 2 types d'histogrammes de la figure ci-dessous suivent la même tendance. Les rendements les plus élevés en fruits frais correspondent aux plus hauts en calices secs. De cette même figure, il apparait que le traitement témoin donne le meilleur rendement d'où le pic observé sur la figure 9. Nous notons également que Q3 donne 7,29 t/ha de fruits frais de plus que Q1 qui présente le plus faible rendement et 14.8 % de fruits en plus par rapport à Q2 qui donne le 2eme plus grand nombre de fruits. En calices secs, Q1 donne 0,829 t/ha, ce qui équivaut à environ 70.08 % de calices en moins par rapport au témoin.

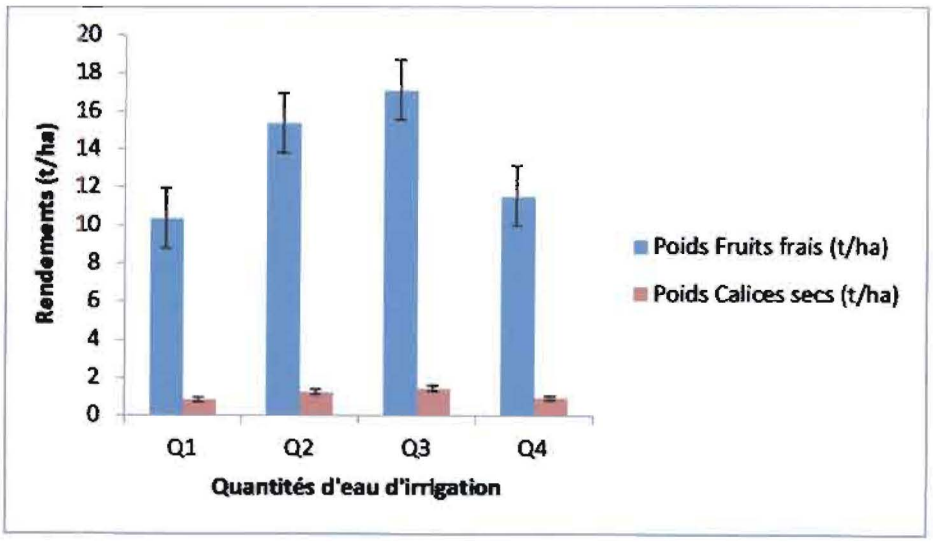


Figure 9 : Effet des quantités d'eau d'irrigation sur les rendements en fruits frais et en calices secs

Nous constatons aussi que le rendement en fruits frais évolue avec l'augmentation des quantités d'eau jusqu'à un seuil qui correspond à Q3. Au-dessus de 100 % de la quantité d'eau calculée, le rendement chute de manière remarquable d'où la baisse du rendement de Q4 illustré par la figure.

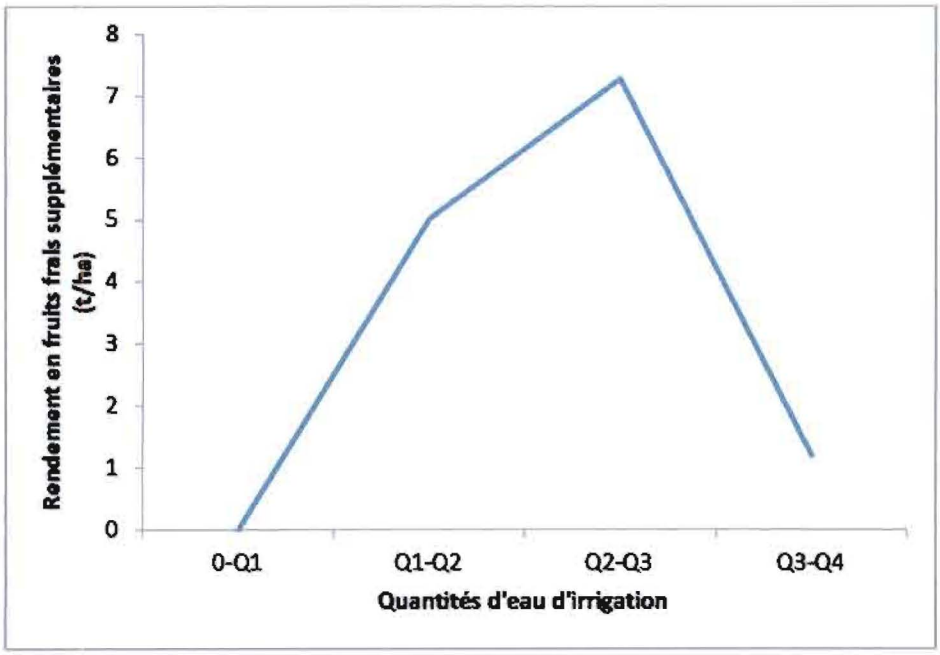


Figure 10 : Rendements en fruits frais supplémentaires obtenus par augmentation des doses d'irrigation

L'analyse des paramètres de rendement des moyennes des différentes quantités d'eau est synthétisée dans le tableau XII. Nous constatons qu'il y a une différence significative entre les quantités d'eau d'irrigation pour toutes les variables excepté pour le poids moyen d'un fruit.

Malgré le fait que l'analyse ne révèle pas de différence marquante pour la variable poids moyen d'un fruit, nous remarquons que c'est le traitement témoin qui présente le plus grand poids suivi dans l'ordre par Q4, Q2 et Q1. Cet ordre de classement change pour les variables rendement en fruits frais, rendement en calices frais et rendement en calices secs ; dans l'ordre décroissant, Q3 est alors suivie de Q2 puis Q4 et enfin Q1. Nous observons que bien qu'ayant bénéficié d'une quantité d'eau remarquablement supérieure à celle reçue par Q1 (3999,1667 m^3/ha), Q4 (6235,6665 m^3/ha) ne donne que 1,19 t de fruits frais de plus que Q1 soit seulement 11.54 % de fruits en plus.

Par ailleurs, nous observons que bien que Q3 présente 14.63 % de calices secs plus que Q2, l'analyse montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les rendements en fruits frais, calices frais et calices secs pour ces deux quantités d'eau.

Tableau XII : Analyse de variance des paramètres de rendement pour les différentes quantités d'eau d'irrigation à 90 JAS

Quantités d'eau	Poids moyen d'un fruit (g)	Nombre de fruits par ramification	Nombre de ramifications par pieds	Rendement Fruits frais (t/ha)	Rendement calice frais (t/ha)	Rendement calice secs (t/ha)
Q1 (60 %)	5,711[a*]	2,404[b]	8,01[b]	10,31[b]	6,3922[b]	0,829[b]
Q2 (80 %)	5,753[a]	3,183[a]	8,93[a]	15,33[a]	9,5[a]	1,23[a]
Q3 (100 %)	6,678[a]	3,184[a]	8,83[a]	17,6[a]	10,911[a]	1,41[a]
Q4 (120 %)	5,968[a]	2,554[b]	8,04[b]	11,5[b]	7,13[b]	0,9247[b]
% CV	16,9	7,8	3,9	12,3	12,2	12,3
F Probabilité	0,79	0,022	0,046	0,02	0,018	0,019
Signification	NS	S	S	S	S	S

*Les chiffres de la même colonne affectés de la même lettre alphabétique ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test de Student-Newman et Keuls). **NS** = Non Significatif ; **S** = Significatif.

Quant au NR, nous notons que c'est Q2 qui présente le plus grand résultat mais avec seulement 1.13 % de plus que le témoin et 11.48 % de plus que Q1 qui donne le plus faible NR.

3.2.3. Discussion et conclusion partielle

Nos résultats montrent qu'il y a une différence significative entre les quantités d'eau pour les variables diamètre au collet, nombre de feuilles et diamètre du houppier et que les valeurs de

ces variables sont proportionnelles aux quantités d'eau reçues. En effet, pour toutes ces variables, Q4 donne le meilleur résultat avec respectivement des moyennes de 18,1 mm, 127,2 feuilles et 76,83 cm. Cependant, pour la variable H, nous notons que bien qu'il n'y ait pas de différence significative, c'est plutôt Q3 qui donne le plus grand résultat. Ceci est en accord avec les résultats obtenus par El-Boraie & Gaber (2009) et Abdel-Rahman *et al.* (2009) qui ont étudié l'effet de 5 quantités d'eau (60 %, 80 %, 100 %, 120 % et 140 %) sur la croissance, le développement et les rendements de *H. sabdariffa* en vue d'optimiser l'utilisation de l'eau par cette plante en Egypte. Seulement, ces auteurs trouvent chacun une H moyenne de 178,3 cm pour Q3, ce qui équivaut à plus de 133 % du nôtre. Ceci pourrait s'expliquer par la période de production et le climat qui diffère d'une région à l'autre. Notre expérimentation s'est déroulée de Décembre à Mars, période durant laquelle l'irradiation solaire est moins importante comparativement à celle de la période de Mars à Octobre qui est celle de leur expérimentation. Il est effectivement démontré que plus l'assimilation nette (différence entre photosynthèse et respiration) est élevée, plus la plante croît (la plante étant sensible à la photopériode). Par ailleurs, nous n'avons apporté aucune fertilisation minérale dans notre expérimentation. Alors que pour l'expérimentation en Egypte, en plus de la même quantité de fumure organique apportée (10 t/ha), ces chercheurs ont appliqué 75 kg de N, 75 kg de K_2O et 62 kg de P_2O_5 par ha. Pourtant, des études ont démontré qu'un apport d'engrais minéral augmente considérablement la croissance et le développement de la roselle.

A l'opposé des variables DC, NF et DH, nous avons remarqué que la variable nombre de ramifications n'augmente pas forcement avec la quantité d'eau reçue. Elle semble atteindre son maximum à Q2, après quoi elle chute progressivement. Nous trouvons alors qu'il y a une corrélation négative entre le DC, le NF, le DH et le NR des plantes. Nous trouvons néanmoins que pour l'un ou l'autre des paramètres (croissance et/ou rendement) Q1 affiche toujours le plus petit résultat. Ce résultat est en conformité avec celui de El-Boraie & Gaber (2009) et Abdel-Rahman *et al.* (2009) sur la roselle, de même que celui de Abdel-Rahman (2005) sur le céleri et Abdel-Salam (1994) sur l'anis.

Le tableau XII montre qu'il y a une corrélation positive entre le nombre de fruits par ramification (Q1 = 2,404 ; Q2 = 3,183 ; Q3 = 3,184 et Q4 = 2,554) et les rendements en fruits frais, en calices frais et en calices secs. En effet, plus la quantité d'eau augmente de Q1 jusqu'à Q3, ces variables également croissent. Mais à partir de Q4, les rendements décroissent en suivant le même ordre (Q1<Q4<Q2<Q3). Ces résultats sont en harmonie avec ceux de Shalaby & Razin (2008), El-Boraie & Gaber (2009) et Abdel-Rahman (2009) sur la roselle.

Cependant, ils ne corroborent pas ceux trouvés par Abo-Dahab *et al.* (2008) pour la même plante. Bien que ces derniers trouvent qu'il existe bien une corrélation positive entre ces variables, ils notent que cette corrélation suit plutôt l'ordre Q1<Q5<Q4<Q3<Q2. Pour eux, au-delà de la quantité d'eau Q2 (Q3 pour notre étude), les rendements décroissent progressivement. Mais nous constatons que Q1 présente toujours le plus faible résultat.

En outre, nous trouvons des rendements en fruits frais de l'ordre de 187,73 g/plante et en fruits secs de 15,04 g/plante pour Q3 tandis que El-Boraie et Gaber (2009) et Abdel-Rahman *et al.* (2009) trouvent respectivement 418 g/plante et 136,6 g/plante pour la même quantité d'eau. Nos rendements sont donc inférieurs à ceux obtenus par ces auteurs d'environ 122.66 % pour le poids en fruits frais et 121,56 g/plante pour le poids en calices secs. Nos faibles rendements pourraient également s'expliquer par la différence des conditions expérimentales (absence d'une fertilisation minérale et conditions climatiques).

En effet, Somé (2006) affirme que les rendements en calices secs pourraient atteindre 12,5 t/ha avec un simple apport d'engrais à la dose de 30N-30P-60K. Aussi, Millogo (2005) soutient qu'au Burkina Faso, un apport de 100 kg de NPK (15-15-15) et 2 t/ha de fumier sont les fumures les plus indiquées pour la roselle. Ces apports font accroitre de manière très significative la production de la roselle.

Par ailleurs, nous signalons que l'appréciation du rendement par rapport à la croissance végétative de la plante fait apparaitre des dysfonctionnements. C'est ainsi qu'une même production de matière sèche ou d'augmentation de hauteur peuvent conduire à des rendements en calices variables. En effet, Q3 et Q4 affichent des H quasi identiques alors qu'elles donnent des rendements en fruits très différents. Dans le même sens, nous observons que l'évaluation du poids de chacune des composantes du rendement dans l'explication du rendement final indique que le nombre de ramifications et le nombre de feuilles sont peu explicatifs des rendements en fruits et en calices obtenus dans notre expérimentation. Aussi, nous notons que le nombre de fruits/ramification n'est pas proportionnel au nombre de ramifications/plante. Ces propos corroborent ceux de Somé (2006).

En somme, nous dirons que l'eau est un incontournable facteur de croissance et de rendement de *H. sabdariffa* mais que comme tout élément du même genre, passé un certain seuil (100 % ici), elle entraine progressivement la chute du rendement. Au-delà de 100 % de la quantité d'eau calculée, la roselle favorise une production foliaire massive (NF) plutôt que celle des calices. Les rendements augmentent suivant donc l'ordre de Q1<Q4<Q2<Q3.

3.3. Analyse comparée des deux types de production

L'objectif global de cette partie est la comparaison des paramètres agronomiques de *H. sabdariffa* soumise à deux systèmes de culture, pluvial et irrigué. Il s'agira de comparer d'abord leurs paramètres de croissance et de rendement afin d'évaluer leur impact sur la culture de la roselle. Dans cette partie, Pp représente la moyenne de l'ensemble de la production pluviale et Q1, Q2, Q3 et Q4 sont toujours les mêmes quantités d'eau d'irrigation précédemment étudiées.

3.3.1. Analyse comparée des paramètres de croissance des deux types de production

La hauteur, le diamètre au collet et le nombre de feuilles des plantes sont présentés sur les figures 11, 12 et 13. Ces figures nous permettent de comparer l'évolution dans le temps de ces différents types de production.

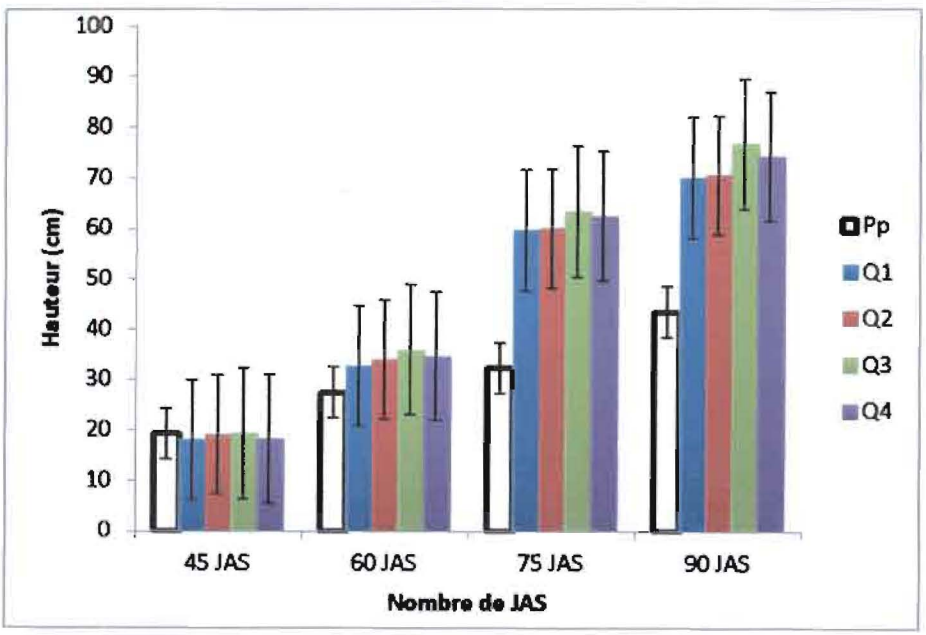


Figure 11 : Evolution des hauteurs des plantes en fonction des types de production

De ces histogrammes nous observons qu'à 45 JAS, même si l'analyse de variance ne révèle pas de différence significative (annexe 4), la moyenne des H de Pp (19,26 cm) était légèrement au-dessus de celle des autres niveaux d'eau bien qu'ayant seulement 16 mm de

plus que Q3 (19,1 cm) qui donne la 2nd plus grande hauteur. Cependant, au fil du temps, Pp présente de plus en plus les plus faibles résultats. En effet, nous voyons qu'à 90 JAS, Pp affiche une H, un DC et un NF nettement inférieurs à ceux des autres.

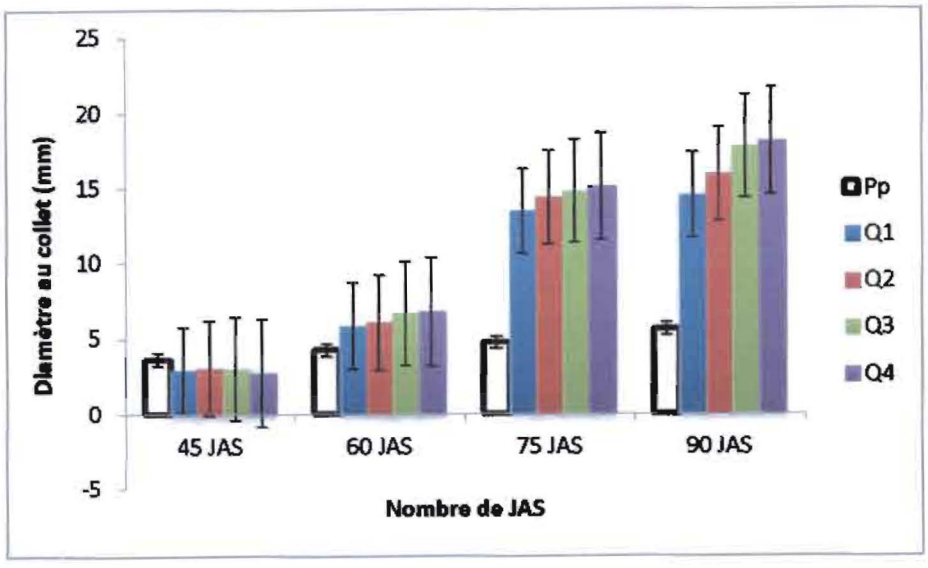


Figure 12 : Evolution des diamètres au collet en fonction des types de production

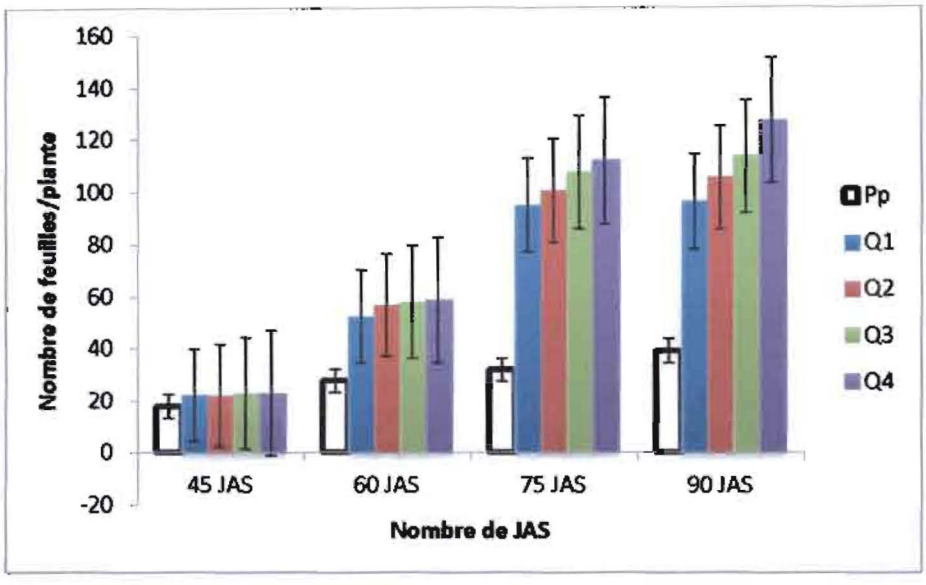


Figure 13 : Evolution du nombre de feuilles en fonction des types de production

Nous remarquons pour la variable DC que, à 45 JAS, Pp montre une moyenne de 3,6 mm soit 0,9 mm de plus que Q4. Cependant, après cette date, Pp commence à se différencier des autres par ses plus petits résultats. C'est ainsi qu'à partir de 60 JAS, Pp affiche un DC et un NF légèrement en dessous de la moitié des moyennes des cultures irriguées.

Contrairement aux variables H et DC, pour la variable NF, Pp a toujours présenté les plus petits résultats même à 45 JAS (17,75 feuilles).

L'analyse de variance proposée par le tableau XIII dénote une différence très hautement significative entre la production pluviale et celle irriguée pour les variables DC, NF et DH à 90 JAS. En effet, pour ces variables, Q4 qui présente la plus forte valeur montre une moyenne supérieure à plus 199.82 %, 231.52 % et 148.08 %, de plus que Pp respectivement pour les variables DC, NF et DH.

Tableau XIII : Comparaison des moyennes des paramètres de croissance pour les deux types de culture à 90 JAS

Type de production	Hauteur (cm)	Diamètre au collet (mm)	Nombre de feuilles	Diamètre du houppier (cm)
Pp	45,808[b*]	6,0368[d]	38,368[c]	30,804[d]
Q1 (60 %)	69,85[a]	14,47[c]	96,03[b]	64,09[c]
Q2 (80 %)	70,34[a]	15,84[b]	105,33[b]	69,73[bc]
Q3 (100 %)	76,56[a]	17,71[a]	112,78[ab]	74,2[a]
Q4 (120 %)	74,05[a]	18,1[a]	127,2[a]	76,83[a]
% CV	10	5,2	12,3	5,8
F Probabilité	0,004	<0,001	<0,001	<0,001
Signification	HS	THS	THS	THS

*Les chiffres de la même colonne affectés de la même lettre alphabétique ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test de Student-Newman et Keuls). **HS** = Hautement Significatif ; **THS** = Très Hautement Significatif.

Quant à la variable H, les statistiques montrent une différence hautement significative entre les systèmes de culture avec toujours la culture irriguée qui donne les meilleurs résultats. Seulement, dans ce cas, c'est Q3 qui présente la plus grande H avec 30,752 cm de plus que Pp.

Nous observons surtout une différence allant jusqu'à l'ordre de 24,042 cm entre Pp et Q2, qui montre pourtant la plus petite hauteur parmi les différentes quantités d'eau des cultures irriguées.

3.3.2. Analyse comparée des rendements des deux types de production

En ce qui concerne l'effet des types de production sur les paramètres de rendement de *H. sabdariffa,* il apparaît que bien qu'au début de la culture (45 JAS), le NR de la production pluviale était inférieur à ceux de toutes les cultures irriguées, il finit par donner le plus grand nombre de ramifications au fil du temps (figure 14). En effet, l'analyse du tableau XIV montre une importante différence entre les moyennes pour cette variable à 90 JAS. Ainsi Pp présente une moyenne supérieure à plus de 10 % comparativement à Q2 qui donne le plus grand NR parmi les cultures irriguées. Toujours pour cette variable, Pp donne également 1,814 ramification de plus que Q1 et 11.25 % de plus que le témoin.

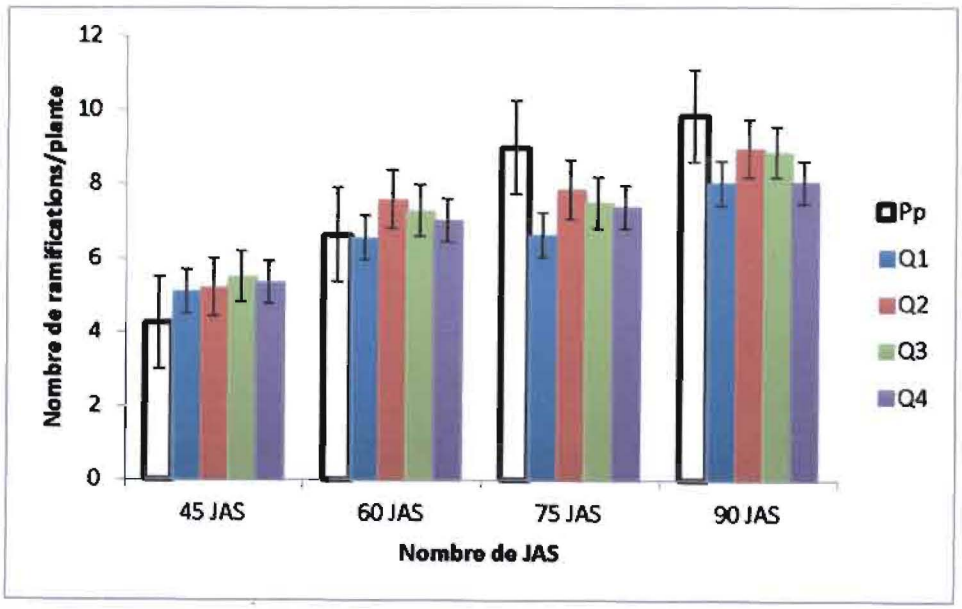


Figure 14 : Evolution du nombre de ramifications en fonction des types de production

L'analyse de variance révèle aussi que seule la variable poids moyen d'un fruit ne présente pas de différence significative entre les types de production. Cependant, la production pluviale donne toujours des résultats moins importants que les autres. Elle a effectivement 1,2396 g en moins que Q3 et 0,2726 g en moins que Q1. Pour les autres variables, notamment

les rendements en fruits frais, en calices frais et en calices secs, les statistiques montrent une très grande différence entre les moyennes des deux systèmes de culture. En effet, Pp présente un rendement en calices secs très inférieur à celui des autres. Elle affiche une moyenne inférieure à plus de 202 % en moins que Q3 qui offre le meilleur rendement en production irriguée. De plus, Pp présente jusqu'à 363,6 kg de calices secs de moins que Q1 qui pourtant donne le plus faible rendement parmi les cultures irriguées.

Tableau XIV : Comparaison des moyennes des paramètres de rendement pour les deux systèmes de culture à 90 JAS

Type de production	Poids moyen d'un fruit (g)	Nombre de fruits par ramification	Nombre de ramifications par pieds	Rendement fruits frais (t/ha)	Rendement calice frais (t/ha)	Rendement calice secs (t/ha)
Pp	5,4384[a*]	1,29[d]	9,824[a]	6,281[c]	3,8342[c]	0,4654[c]
Q1 (60 %)	5,711[a]	2,404[c]	8,01[b]	10,31[b]	6,3922[b]	0,829[b]
Q2 (80 %)	5,753[a]	3,183[a]	8,93[ab]	15,33[a]	9,5[a]	1,23[a]
Q3 (100 %)	6,678[a]	3,184[a]	8,83[ab]	17,6[a]	10,911[a]	1,41[a]
Q4 (120 %)	5,968[a]	2,554[bc]	8,04[b]	11,5[b]	7,13[b]	0,9247[b]
% CV	16	11,2	4,7	12,7	13,1	12,6
F Probabilité	0,368	0,001	0,01	0,001	0,001	<0,001
Signification	NS	THS	HS	THS	THS	THS

*Les chiffres de la même colonne affectés de la même lettre alphabétique ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test de Student-Newman et Keuls). **NS** = Non Significatif ; **THS** = Très Hautement Significatif ; **HS** = Hautement Significatif.

3.3.3. Discussion et conclusion partielle

Il ressort de nos essais que la culture pluviale présente une croissance et un développement très inférieurs à la culture irriguée. En effet, que ce soit pour la hauteur, le diamètre au collet, le nombre de feuilles et/ou le diamètre du houppier, la production pluviale affiche toujours des résultats moins importants que toutes les quantités d'eau expérimentées en culture irriguée. Il en est de même pour les paramètres de rendement à l'exclusion de la variable nombre de ramifications par plante.

Ces faibles résultats sont certainement liés au déficit hydrique subi par la culture pluviale. Nous constatons effectivement que Pp a reçu en moyenne 321 mm d'eau pluviale durant tout son cycle. Pourtant Ian & Stuart (2000) affirment que bien que la roselle tolère des conditions de sécheresse, elle a besoin d'environ 350 à 400 mm d'eau pour accomplir normalement son cycle. Par contre, en culture irriguée, nous avons enregistré une pluviométrie allant de 399,9 mm pour Q1 à 625,58 mm pour Q4 ; cette dernière est largement supérieure au double même de la quantité d'eau reçue par Pp. Nous pouvons également mettre en cause le retard accusé par nos semis pluviaux de manière générale. Nos premières mises en terre ont été réalisées le 19 Juillet 2011. Pourtant, Mir *et al.* (2011) et Futuless *et al.* (2010) travaillant sur l'effet des dates de semis sur le rendement et les composantes de rendement de la même plante respectivement en Iran et en Guinée, affirment que les meilleurs résultats sont obtenus avec des semis situés entre la mi-juin et la mi-juillet.

Il y a aussi la mauvaise répartition des précipitations dans le temps. Nos cultures irriguées étaient arrosées tous les jours tandis que celles pluviales ont été souvent victimes de quelques poches de sécheresse durant leur cycle, voire même au moment le plus crucial. En effet, nous avons observé des poches de 5, 7 et même 13 jours d'affilée entre les mois de Septembre et Octobre (annexe 1a) qui pourtant étaient la période de floraison-fructification de nos plantes : période durant laquelle la roselle consomme beaucoup d'eau. Ian & Stuart (2000) soutiennent même que la plante double sa consommation en eau durant cette période. Ces propos confirment ceux de Kane *et al.* (2005) qui rapportent que les besoins en eau de la roselle sont plus importants en pleine végétation.

En définitive, nous pouvons dire que l'espèce *H. sabdariffa* présente une importante variation dans sa morphologie au cours du temps et selon les conditions (systèmes) de culture. Nous retenons cependant que la roselle est une culture qui s'adapte bien sous irrigation ; elle y donne même de meilleurs résultats.

3.4. Coefficients de conversion et productivité de l'eau sur le rendement en fruits frais et en calices secs de la roselle

3.4.1. Coefficients de conversion

Après avoir déterminé les rendements en fruits frais, calices frais et calices secs, nous avons procédé à la détermination des ratios massiques de la roselle autant pour la production pluviale que pour celle irriguée. Les résultats sont présentés dans le tableau XV. Nous notons que pour tous les ratios, la production pluviale présente les résultats les plus élevés. Cependant il n'y a qu'une différence de 0.96 %, 0.81 % et 0.62 % en moins pour la production pluviale respectivement pour les rapports CF/FF, CS/CF et CS/FF.

Tableau XV : Coefficients de conversion

Type de production	Rapport CF/FF	Rapport CS/CF	Rapport CS/FF
Pluviale	61.04 %	12.14 %	7.41 %
Irriguée	62 %	12.95 %	8.03 %
Moyenne	**61.52 %**	**12.55 %**	**7.72 %**

FF = Fruits Frais (calices frais + capsules fraîches) ; **CF** = Calices frais ; **CS** = Calices secs.

Le tableau ci-dessous quant à lui nous montre les différents poids en eau, en capsules et en graines des types de production. Nous observons que ceux de la production pluviale sont aussi plus faibles que ceux de la production irriguée. Aussi, pour la production irriguée, nous constatons que les poids en eau, en capsules et en graines augmentent avec les rendements. En effet, les plus grands poids en eau et en graines sont donnés par Q3 (9,501 et 1,025 t/ha) mais aussi les plus grands poids en FF (17,6 t/ha), CF (10,911 t/ha) et en CS (1,41 t/ha) ; viennent enfin dans l'ordre décroissant Q2, Q4 et Q3.

Tableau XVI : Poids en eau, en capsules et en graines des types de production

Type de production	Poids eau	Poids capsules	Poids des graines
		en t/ha	
Pp	3,61	2,97	0,46
Q1 (60 %)	5,56	3,92	0,6
Q2 (80 %)	8,27	5,83	0,89
Q3 (100 %)	9,5	6,69	1,02
Q4 (120 %)	6,21	4,37	0,67

3.4.2. Productivité de l'eau sur le rendement en fruits frais et en calices secs de la roselle

La productivité de l'eau représente ici l'efficacité de la quantité d'eau utilisée par la plante quant à la production en fruits frais et par la suite, en calices secs. Il est montré dans le tableau XVII que la meilleure efficacité est donnée par Q3. Pour cette quantité, chaque m^3 d'eau utilisée par la plante apporte 3,43 kg/ha de fruits frais. Toujours pour cette quantité, nous constatons que pour chaque m^3 d'eau consommée, la plante donne 0,274 kg/ha de calices secs. Bien que ce soit Q1 qui donne le plus faible rendement en fruits frais, nous observons qu'elle utilise plus efficacement l'eau par rapport à Q4 qui présente la plus faible productivité. En effet, le tableau montre que malgré le fait que Q4 consomme 56.42 % plus d'eau que Q1, il ne donne que 95,7 kg de calices secs de plus que cette dernière. Par conséquent, pour Q4, chaque m^3 d'eau consommée ne donne que 0,1478 kg/ha de calices secs alors que pour Q1, chaque m^3 d'eau utilisée donne 0,207 kg/ha soit une différence de 59,2 g.

Tableau XVII : Productivité de l'eau sur les rendements en fruits frais (calices frais + capsules fraîches) et en calices secs de *H. sabdariffa*

Traitements	Quantités d'eau reçues (m^3)	Rendement FF (t/ha)	Rendement CS (t/ha)	Productivité FF (kg/m^3)	Productivité CS (kg/m^3)
Q1 (60%)	3,9991667	$10,31^{b*}$	$0,829^{b}$	$2,578^{b}$	$0,207^{ab}$
Q2 (80%)	4,7433333	$15,33^{a}$	$1,23^{a}$	$3,23^{a}$	$0,2593^{a}$
Q3 (100%)	5,13	$17,6^{a}$	$1,41^{a}$	$3,43^{a}$	0,274a
Q4 (120%)	6,2558333	$11,5^{b}$	$0,9247^{b}$	$1,838^{b}$	$0,1478^{b}$
% CV		12,3	12,3	9,3	13,5
F Probabilité		0,02	0,019	0,001	0,007
Signification		S	S	THS	HS

*Les chiffres de la même colonne affectés de la même lettre alphabétique ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test de Student-Newman et Keuls). **S** = Significatif ; **THS** = Très Hautement Significatif ; **HS** = Hautement Significatif.

3.4.3. Discussion et conclusion partielle

Nos essais nous ont permis d'obtenir des ratios massiques globaux de 61.52 % pour le rapport calices frais / fruits frais, 12.55 % pour le rapport calices secs / calices frais et 7.72 % pour le rapport calices secs / fruits frais. Ces résultats sont en harmonie avec ceux obtenus par Traoré (2003) sur la même plante au Burkina Faso. Il trouve en effet des ratios de l'ordre de 61.19 %, 12.63 % et 7.71 % respectivement pour les rapports CF/FF, CS/CF et CS/FF. Ces résultats sont cependant légèrement différents de ceux obtenus par Cissé *et al.* (2008) au Sénégal. En effet, ces derniers estiment que le ratio CS/CF varie entre 10 et 11 % alors que le nôtre est de 12.55 %. D'un autre côté, El-Boraie & Gaber (2009) et Abdel-Rahman *et al.* (2009) trouvent un ratio CS/CF de 18.448 % qui est supérieur à plus de 5.898 % au nôtre.

Concernant les variables poids en eau et en graines, nous avons noté qu'ils évoluaient dans le même sens et qu'il existe une corrélation positive entre les rendements en fruits et ces variables. En effet, les plus forts poids en eau et en capsules sont donnés par Q3 qui présente aussi les meilleurs rendements. Ceci se justifie par le fait qu'ils dépendent des rendements en fruits frais et en calices frais et secs. Ces résultats corroborent ceux de El-Boraie & Gaber (2009), Abdel-Rahman *et al.* (2009) et Shalaby & Razin (2008) sur la roselle et Abdel-Salam (1994) sur l'anis. Ces auteurs montrent que les valeurs les plus élevées des graines sont associées à Q3 et que les plus faibles sont associées à Q5, mais à Q1 dans notre cas.

Quant à la productivité de l'eau sur les rendements en fruits et en calices secs de la roselle, nos résultats montrent que c'est toujours Q3 qui donne la plus grande efficacité avec une production de 3,43 kg de fruits frais et 0,274 kg de calices secs pour chaque m^3 d'eau utilisée. Il est suivi de Q2, Q1 et enfin Q4. Nous voyons que contrairement à l'ordre de classement suivi par les rendements, Q1 présente une plus grande efficacité d'utilisation de l'eau par rapport à Q4. Cet état des choses pourrait s'expliquer par le fait que la production en fruits accroît certes avec la quantité d'eau mais jusqu'à un seuil optimal (Q3). Au-delà de cette quantité, on observe une diminution de la production en calices bien que celle de la matière sèche, notamment en feuilles et en tiges, continue de croître. Ainsi, l'eau supplémentaire consommée par la plante n'est plus productive pour les variables nombre de fruits/plante et poids moyen d'un fruit mais plutôt pour les variables NF, DB et DH. Cependant, nos résultats ne sont pas conformes à ceux trouvés par El-Boraie & Gaber (2009) qui affirment que la meilleure efficacité d'utilisation en eau est obtenue avec le traitement Q2 (0,31 kg/m^3). D'un autre côté, Abdel-Rahman *et al.* (2009) soutiennent que c'est Q1 qui présente la plus grande

efficacité avec une production de 1,44 kg/m^3 de calices secs. Ils trouvent chacun que la plus grande économie en eau est obtenue par le traitement qui présente la plus grande efficacité d'utilisation en eau, Q2 pour le 1er et Q1 pour le 2nd. Pour cette étude, c'est alors Q3. Toutefois, nous nous accordons avec El-Boraie & Gaber (2009) pour dire que la plus faible efficacité d'utilisation en eau par la plante est donnée par le traitement Q4.

En conclusion, nous notons que la productivité de la plante est fonction des conditions d'application et que pour cette étude, Q3 présente les meilleurs résultats. Nous ajoutons également que les poids en eau et en capsules suivent la même tendance que les rendements.

3.5. Analyse économique de la production de la roselle dans nos conditions expérimentales

3.5.1. Coûts de production des deux systèmes de culture

Le coût de production est l'ensemble de toutes les dépenses et charges qui ont été supportées pendant la production d'une culture donnée. Il regroupe les coûts des installations ou coûts fixes et les coûts de fonctionnement ou coûts variables. Tous les coûts sont extrapolés à 1ha. Pour cette étude financière, nous avons choisi en culture pluviale, le site de Bankandi et en culture irriguée, la quantité d'eau d'irrigation 100 % (Q3). Ces choix se justifient par le fait que ce sont ces deux productions qui ont donné les meilleurs rendements (en calices secs et en graines) dans notre expérimentation.

3.5.1.1. Cas de la production pluviale

Le tableau ci-dessous regroupe l'ensemble des opérations culturales effectuées pendant nos essais. Pour ce cas, il n'y a pas de coûts fixes. Nous obtenons finalement 154500 FCFA comme coût total de la production pluviale.

Tableau XVIII : Coût des opérations culturales de la roselle pour 1 ha en culture pluviale

Types d'opération		Coût unitaire (FCFA)	Coût total (FCFA)
Labour	1 ha	17000	17000
Semences	8 kg	250	2000
Semis	4 Hommes/jour	1500	6000
Sarclo-binages	12 Hommes/jour	1500	18000
Fumure organique	10 t	7000	70000
Récolte	30 Hommes/jour	500	15000
Décapsulage	45 Hommes/jour	500	22500
Séchage	4 Hommes/jour	500	2000
Battage et vannage des graines	4 Hommes/jour	500	2000
Total			**154 500 FCFA/ha**

3.5.1.2. Cas de la production irriguée

Pour la production irriguée, en plus des coûts variables qui correspondent également à ceux de la culture pluviale (c'est-à-dire 154 500 FCFA/ha), nous avons aussi les coûts fixes qui sont présentés dans le tableau XIX.

Tableau XIX : Coût des installations pour 1 ha d'irrigation goutte-à-goutte

Désignation	Durée de vie (an)	Quantité	Coût d'achat (FCFA)	Amortissement mensuel (FCFA)
Grillage	10	1	966226	8051
Aménagement du site	10	1	87750	731
Construction du puits à grand diamètre	20	1	400000	1666
Aménagement du puits	15	1	332500	1847
Kit de pompage	10	1	2250000	18750
Equipements goutte-à-goutte	5	1	1500000	25000
Plaques solaires	15	6	542857	3015
Support plaque solaire	25	1	24075	80
Polytanks et château	10	2	730000	6125
Frais d'installation	5	1	212500	2951
Petits matériels	5	--	32213	447
Frais du personnel permanent	--	--	30000	30000
TOTAL				**98663 FCFA**

Source : Service comptable de la Fondation Dreyer.

Nous obtenons 98663 FCFA comme total des amortissements mensuels pour 1 ha. Aussi, l'opération s'étant déroulée sur trois mois, nous avons multiplié ce total par 3 afin d'obtenir, en plus des coûts variables, le coût total de la production irriguée de la roselle qui s'élève alors à 450 489 FCFA/ha.

3.5.2. Coût de revient des deux systèmes de production

Les productions obtenues et les coûts supportés sous chaque type de production permettent de calculer les coûts de revient des calices secs de *H. sabdariffa*. Nous obtenons **242,83 FCFA/kg** pour le système de culture pluvial et **319,49 FCFA/kg** pour la culture irriguée.
Nous observons une différence de 76,66 FCFA/kg entre ces deux systèmes de culture. Le coût plus élevé de la production irriguée de la roselle dû aux installations fixes du système d'irrigation goutte-à-goutte explique cette différence.

3.5.3. Valeur de la production dans les deux cas

Les prix d'achat (ou prix de vente) du kg de calices secs ou de graines utilisés dans cette étude ont été fixés par AGRIFASO pour la campagne 2011/2012.

Tableau XX : Valeur totale de la production de *H. sabdariffa* pour 1ha

Type de culture	Rendement en calices secs (kg)	Rendement en graines (kg)	Prix d'achat du kg de calices secs (FCFA)	Prix d'achat du kg de graines (FCFA)	Valeur de la production en calices secs (FCFA)	Valeur de la production en graines (FCFA)	Valeur totale de la production (FCFA)
Pluviale	628	455	700	250	439600	113750	**553 350**
Irriguée	1410	1025	700	250	987000	256250	**1 243 250**

Nous observons que la culture irriguée présente une plus grande valeur de l'ordre de 690 400 FCFA de plus que celle pluviale. Ceci se justifie par les rendements plus élevés du premier par rapport au deuxième. Les prix de vente étant les mêmes pour les deux cas, ce résultat est tout à fait évident.

3.5.4. Rentabilité économique des deux systèmes de production

La mesure de la rentabilité économique de l'investissement consiste à comparer les recettes d'exploitation qu'il génère et les dépenses d'exploitation qu'il entraîne. Les résultats des deux types de culture sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau XXI : Rentabilité économique de *H. sabdariffa* dans nos deux cas pour 1 ha

Type de production	Valeur totale de la production (FCFA)	Coût total de la production (FCFA)	Bénéfice brut (FCFA)	Taux de rentabilité économique
Culture pluviale	553350	154500	398850	258,15 %
Culture irriguée	1243250	450489	792761	175,97 %

Nous observons dans le tableau XXI que bien que la culture irriguée affiche une valeur de production et un bénéfice brut supérieurs respectivement à plus de 124.67 % et 98.76 % par rapport à celle pluviale, son taux de rentabilité est inférieur au 3/4 de celui de la culture pluviale. Cet état des choses est dû à l'importance de son coût de production du fait de l'ajout des coûts fixes de production, en plus des coûts variables de la culture irriguée.

3.5.5. Discussion et conclusion partielle

Il ressort des tableaux XX et XXI que dans nos conditions expérimentales, bien que la culture irriguée soit bien rentable financièrement, la culture pluviale l'est encore à plus de 82.18 % si l'on considère la valeur totale de la production (calices secs et graines). Lorsqu'on considère uniquement les calices, nous obtenons un bénéfice brut de 287 100 FCFA et un taux de rentabilité de 188.26 % pour la culture pluviale tandis qu'en culture irriguée, nous obtenons un bénéfice brut de 538 511 FCFA avec un taux de 120.07 %. Ceci pourrait se justifie par la présence des coûts fixes d'installation du système d'irrigation goutte-à-goutte.

Au vu de ce qui précède, nous pouvons dire que la roselle présente un impact financier appréciable autant en culture pluviale qu'en culture irriguée. Elle aurait pu l'être encore plus en irriguée si les coûts fixes de production pouvaient être réduits ou encore si les rendements étaient supérieures à ceux obtenus.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

L'amélioration du rendement en fruit d'*H sabdariffa* L. nécessite la maîtrise de plusieurs facteurs parmi lesquels le choix de la date de semis optimum et l'irrigation. La nécessité d'une précision dans l'établissement de la date de semis appropriée pour une productivité élevée dans le Sud-ouest du Burkina Faso revêt une grande importance compte tenu de l'insuffisance et de la mauvaise répartition des pluies dans le temps et dans l'espace, conséquence directe des changements climatiques. Par ailleurs, une irrigation d'appoint se présente comme la solution adéquate afin de pallier le déficit hydrique et de rendement subit par la production pluviale. Elle permet également une production continue de la roselle.

La présente étude nous a permis d'atteindre l'objectif global de départ qui était d'évaluer le potentiel de production en calice de la roselle en culture pluviale et irriguée dans la zone d'étude en vue de proposer des perspectives et appuis à la production.
A l'issue de cette étude, il ressort des résultats que le choix de la date de semis est un moyen capital d'optimisation du potentiel de croissance et de rendement. Des semis plus tôt, dans le mois de Juillet fournissent de meilleurs rendements ; à l'opposé, des semis tardifs diminuent significativement le développement et le rendement de la roselle. Toujours selon les résultats, *H. sabdariffa* est une plante qui répond bien à l'irrigation goutte-à-goutte ; elle y fournit même de meilleurs résultats. Des quatre (04) quantités d'eau testées, la quantité d'eau 100 % (Q3) s'avère la plus productive en fruits avec une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau. Elle est suivie de Q2 (80 % d'eau). Les résultats montrent que Q4 (120 %) présente un plus grand rendement comparativement à Q1 (60 %) mais ce dernier affiche une meilleure productivité de l'eau.

En somme, il ressort de cette étude que l'irrigation goutte-à-goutte à la dose de 100 % de la quantité d'eau calculée offre les meilleurs rendements et productivité de l'eau en irriguée et que les semis de Juillet présentent les meilleurs résultats.

Toutefois, d'un point de vue économique, bien que la culture pluviale présente un plus faible rendement, elle se révèle plus rentable que celle irriguée à cause de la présence des coûts fixes de production (installations pour le goutte-à-goutte) pour la production irriguée. Néanmoins, nous encourageons la production de la roselle tant en pluviale qu'en irrigation goutte-à-goutte en saison sèche.

En termes de perspectives pour une production continue et durable des calices de *H. sabdariffa* les suggestions suivantes sont formulées à l'endroit des acteurs. D'abord, nous suggérons que le centre de recherche et de formation scientifique de Dano permette :

- une étude plus détaillée de rentabilité afin de déterminer le seuil économique de la production irriguée de la roselle à partir duquel elle pourrait être plus rentable que la production pluviale ;
- une comparaison de plusieurs doses de fumure organique sur la culture de *H. sabdariffa* dans le but de retenir celle donnant le meilleur rendement en calices. Ceci permettra certainement l'accroissement des rendements et de la rentabilité économique dans les deux systèmes de culture et du même coup, l'augmentation du revenu des femmes du groupement Terwan ou autres qui se lanceraient dans cette spéculation.

Ensuite le groupement Terwan devra :

- mieux s'organiser afin d'améliorer l'exécution des travaux sur la parcelle commune au groupement ;
- résoudre le problème de terrain dès la fin de la campagne agricole en cours afin que ses membres soit prêtes à temps pour entamer la campagne suivante ; ceci dans le but d'éviter les semis tardifs qui selon elles, seraient dus à la non disponibilité des parcelles.

Enfin, nous suggérons à AGRIFASO de motiver davantage les femmes à produire le bissap à travers un suivi régulier tout au long de la saison et de procéder le plus tôt possible, dès la fin de la campagne, à l'enlèvement et à l'acheminement des calices secs obtenus. Ceci diminuera les pertes dues éventuellement à une mauvaise conservation du produit par les femmes. A défaut, une formation sur les techniques de conservation des produits de récolte de la roselle au profit des femmes serait la bienvenue.

La filière bissap offre d'intéressantes perspectives au regard des quantités exportées et de la demande toujours croissante du marché. Cependant, elle souffre d'un manque d'organisation, d'information et de support pour l'amélioration de sa productivité. Une approche ciblée sur les besoins critiques de la filière devrait permettre de gagner en compétitivité, à travers des produits de qualité répondant aux exigences des marchés. En tout état de cause, la filière bissap constitue une importante opportunité pour le Burkina Faso qui devrait la saisir pour servir d'appui à sa politique globale de croissance accélérée et de développement durable.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABDEL-RAHMAN, G., EL-BORAIE, F. M. & GABER, A. M., 2009. Optimizing irrigation schedule to maximize water use efficiency of *Hibiscus sabdariffa* under shalatien conditions. *World Journal of Agriculture Sciences,* 5(4): 504-514.

ABDEL-RAHMAN, M. I., 2005. Soil and plant water potential as related to water efficiency in some newly reclaimed lands. *Ph. D. thesis*. Cairo University, Egypt. 72p.

ABDEL-SALAM, E. Z. 1994. Effect of chemical fertilization and planting distances on growth and chemical composition of Pimpinella anisum palm. *Ph. D. thesis*. Cairo University, Egypt. 54p.

ABO-DAHAB, A. M., EL-DABH, R. S., EL-BAGOURY, M. M. & EL-KASHLAM, S. H., 2008. Effect of plant density on growth, yield and constituents of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Proc. *The First Arab Conference of Medicinal plants*. Cairo University, Egypt. 27p.

ANTRAIGNE, 2008. Gestion des investissements et rentabilité économique. IUT GEA-832, 17p.

BABATUNDE, F.E. & MOFOKE, A.L.E., 2006. Performance of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as influenced by irrigation schedules. *Pakistan Journal of Nutrition,* 5(4): 363-367.

CISSE, M., DORNIER, M., SAKHO, M., MAR DIOP, C., REYNES, M. & SOCK, O., 2008. Le bissap ; composition et principales utilisations. *Fruits-journal,* 64(3): 179-193.

De CAMBIERE, T., 1997. Caractérisation et évaluation préliminaires d'écotypes de roselle au Burkina Faso. Rapport de stage. Technicien Supérieur de l'Agriculture, option Production Végétale. 52p.

EL-BORAIE, F. M. & GABER, F. M., 2009. Maximizing water use efficiency by Roselle at South-East of Egypt. *Journal of Applied Sciences Research*, 5(1): 21-39.

FABRICE, L.B. & VALERIE, L.B., 2004. Fruits des Antilles-Groseille de Noel. PLB Edition, CIRAD ; 4p.

FAO, 1998. Les aménagements hydro-agricoles en Afrique : situation actuelle et perspectives. Rapport sur l'eau N° 5, 333p.

FAO, 2004. Rapport spécial, mission FAO/PAM d'évaluation des récoltes et des disponibilités alimentaires au Soudan. Visité le 12 Février 2012 sur le site web : www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/00$y8291fao.htm.

FAO, 2008. Manuel des techniques d'irrigation sous pression. seconde édition, Rome, Italie ; 308p.

FAYE, A., FALL, A., TIFFEN, M., MORTIMORE, M. & JOHN, N., 2001. Bissap, Karkadé, Oseille de Guinée; Aromates, épices et condiments du monde entier. *Drylands Research Working paper*, 11p.

FUTULESS, K. N., KWAGA, Y. M. & CLEMENT, T., 2010. Effect of sowing date on calyx yield and yield components of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Northern Guinea Savana. *New York Science Journal*, 3(11).

GHOLAM, S. & MOOSAVI, R., 2012. The effect of sowing date and plant density on yield and yield components of roselle. *Journal of Médicinal Plant Research*, 6(9): 1627-1632.

IAN, M. W. & STUART, J., 2000. Roselle "plant fibre crops". RIDC. Site web: http://www.ridc.gov.au/pup/handbook/plantfibre.htlm. Téléchargé le 17 novembre 2011.

INERA, 2005. Fiche technique roselle. Programme Céréales Traditionnelles (CT). INERA, Farako-Bâ, Bobo-Dioulasso. Burkina Faso, 3p.

KAM, O. F., 1996. Etude de la densité de semis, du délai d'étêtage et du comportement photopériodique de la roselle, *Hibiscus sabdariffa* L. var. *sabdariffa* à Gampéla. Mémoire d'ingénieur du développement rural, IDR/UPB. Burkina Faso, 50p.

KANE, R., LUDOVIC, T. & HUBERT, B., 2005. Les légumes feuilles des pays tropicaux : diversité, richesse économique et valeur santé dans un contexte très fragile. CIRAD, Montpellier. France. Colloque Anger 7-8 Septembre 2005. Disponible sur http://www.agricultures-urbaines.com/IMG/Kahane.pdf Consulté le 17 Novembre 2011.

KIENOU, 2004. Mise en œuvre d'un modèle de risque d'insécurité alimentaire et d'estimation de la population des groupes vulnérables. Mémoire d'ingénieur du développement rural, IDR/UPB. Burkina Faso, 75p.

MAHRH, 2007. Document guide de la révolution verte, septembre 2007, 98p.

McCLINTOCK, N. C. & EL TAHIR, I. M., 2004. Prota 2; Legumes Record display. Disponible sur: database.prota.org/PROTAhtml/Hibiscussabdariffa_En.htm , Consulté le 7 janvier 2012.

MEDA, B., 2011. Etude comparative des systèmes d'irrigation goutte-à-goutte et aspersion sur la production de *Moringa oleifera* dans la commune de Dano. Mémoire d'ingénieur du développement rural, IDR/UPB, Burkina Faso. 51p.

MEDA, K. E., 1996. Etude des ressources génétiques de la roselle et des facteurs d'optimisation de sa culture. Rapport de fin de stage de Technicien Supérieur d'Agriculture. Centre Agricole Polyvalent de Matourkou (CAP/M). Bobo-Dioulasso, 47p.

MILLOGO, P., 2005. Production de semences d'oseille de Guinée au Burkina Faso. Rapport de fin de stage présenté en vue de l'obtention du diplôme de Technicien Supérieur d'Agriculture. CAP/M. Bobo-Dioulasso, 45p.

MIR, B., GHANBARI, A., RAVAN, S. & ASGHARIPOUR, M., 2011. Effect of plant density and sowing date on yield and yield components of *Hibiscus sabdariffa* var *sabdariffa* in Zabol region. *Advances in Environmental Biology*, 5(6): 1156-1161.

MORTON, J. F. & DAWLING, C. F., 1987. Fruits and warm climates. Miami, United States, 505p. Site web: http://www.perdue.edu/newcrop/morton/roselle.htlm , Téléchargé le 14 septembre 2011.

PNGT, 2000. Monographie de la Province du Ioba. Rapport définitif, Direction Régionale de l'Economie et de la Planification du Sud-ouest/Gaoua (DREP/SO), Burkina Faso, 82p.

PNUD, 2005. Rapport mondial sur le développement humain

RGPH, 2006. Résultats définitifs ; Disponible sur: http://www.insd.bf/fr/ Consulté le 17 janvier 2012.

SANOU, J., OUEDRAOGO, I., SANFO, D., NEYA, B., SOMDA, I. & PARE, P., 2005. Rapport d'activités de recherche sur le développement des fibres végétales au Burkina Faso. Campagne 2004, Farako-Bâ, CRREA-Ouest, station de Farako-Bâ. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 45p.

SAWADOGO, F., 1998. Comportement variétal de cultivars locaux de roselle par rapport à la défoliation et l'étêtage. Intérêt d'une fertilisation minérale azotée d'appoint. Rapport de fin de stage de Technicien Supérieur d'Agriculture. CAP/M. Bobo-Dioulasso, 47p.

SAWADOGO S., 2008. Les difficultés liées à la gestion des bas-fonds rizicoles de la province du Ioba : cas de Bankandi, Oronkua et Pontièba. Rapport de stage présenté pour l'obtention du diplôme de Technicien Supérieur d'Agriculture. CAP/M, Bobo-Dioulasso, 48p.

SHALABY, A.S. & RAZIN, A.M., 2008. Effect of plant spacing on the productivity of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) grown in newly reclaimed land. *Agronomy and Crop Sciences*, 162(4): 256-260.

SOME, S., 2006. Effets de l'irrigation et de la fertilisation sur le rendement de la roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) dans le périmètre aménagé de Dano. Mémoire d'ingénieur du développement rural, IDR/UPB, Burkina Faso. 57p.

TRAORE, A., 2003. L'or rouge du Kénédougou : la promotion commerciale de la roselle. Mémoire de Maitrise, Département de Géographie, option Rurale. Université de Ouaguadougou. 72 p.

VAN LAERE, P. E., 2003. Mémento d'irrigation ; Collection « Manuels Techniques », 13p.

VOGNAN, D. & OUEDRAOGO, D., 2003. Impact de la restriction du crédit intrant sur les systèmes de cultures et le revenu des producteurs en zone cotonnière. Rapport de recherche. Programme Coton/INERA. Burkina Faso. 32p.

YANN, J., 1998. Etude du comportement génétique de la roselle (*Hibiscus sabdariffa*) par rapport à l'étêtage. Rapport de fin de stage, option Technologie végétal. CAP/M. Bobo-Dioulasso, 52p.

YILI, T., 2006. Monographie de la commune rurale de Dano en 2006, Burkina Faso, 62p.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Données météorologiques de la région du Sud-ouest ayant servi pour les calculs des besoins en eau

Annexe 1a : Pluviométrie (en mm) de la commune de Dano du 01 Juillet au 30 Octobre, année 2011

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Juillet	0	0	0	0	0	0	0	0	54	7	34	0	30	0	0	4	0	13	0	4,5	0	0	0	0	6,5	0	0	0	16	22
Août	7	0	0	0	0	20	0	33	0	0	0	0	0	0	0	79	0	16	0	2	0	0	1	2	1	18		3	0	0
Septembre	0	5,5	0	0	16,5	0	0	27	0	3	0	0	0	0	20	50	2	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0
Octobre	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2,5	18	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Source : DPAHRH, Dano. ↔ *Poches de sécheresse*

Annexe 1b : Températures minimales, maximales et moyennes de la région du Sud-ouest, année 2010

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Minimales	15	22	26	26	25	24	23	23	22	23	20	15
Maximales	36	36	39	37	34	32	31	30	31	32	35	35
Moyennes	25.5	29	32.5	31.5	29.5	28	27	26.5	26.5	27.5	27.5	25

Source : Station météorologique de Gaoua

Annexe 1c : Pluviométries mensuelles de la province du Ioba, années 2010 et 2011

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2010	0	0	0	21.5	131.5	79.5	135	280.5	154	77.5	2	0
2011	0	0	0	39	145	129.5	195	182	180.1	62	0	0

Source : DPAHRH ; Dano.

Annexe 1d : Humidité relative mensuelle de la région du Sud-ouest, année 2010

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Minimum	12	18	17	35	53	56	61	66	62	54	27	15
Maximum	61	63	60	76	93	94	95	97	98	97	92	77

Ces données sont en pourcentage

Source : Station météorologique de Gaoua

Annexe 1e : Vitesse du vent à 10 m du sol, année 2010

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Vitesse (m/s)	2	2	2	3	3	2	3	2	1	1	1	1

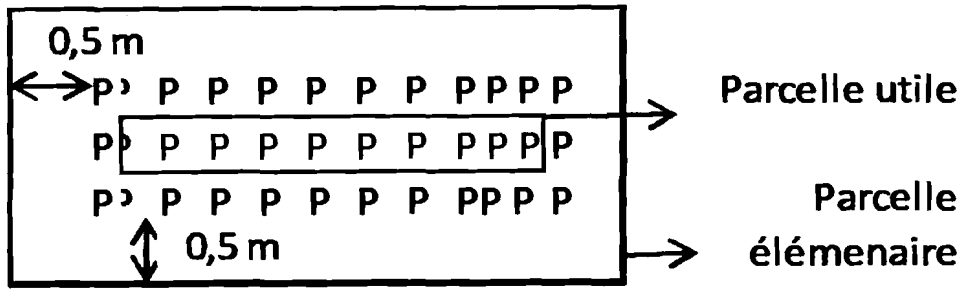
Source : Station météorologique de Gaoua

ANNEXE 2 : Fiche de calcul

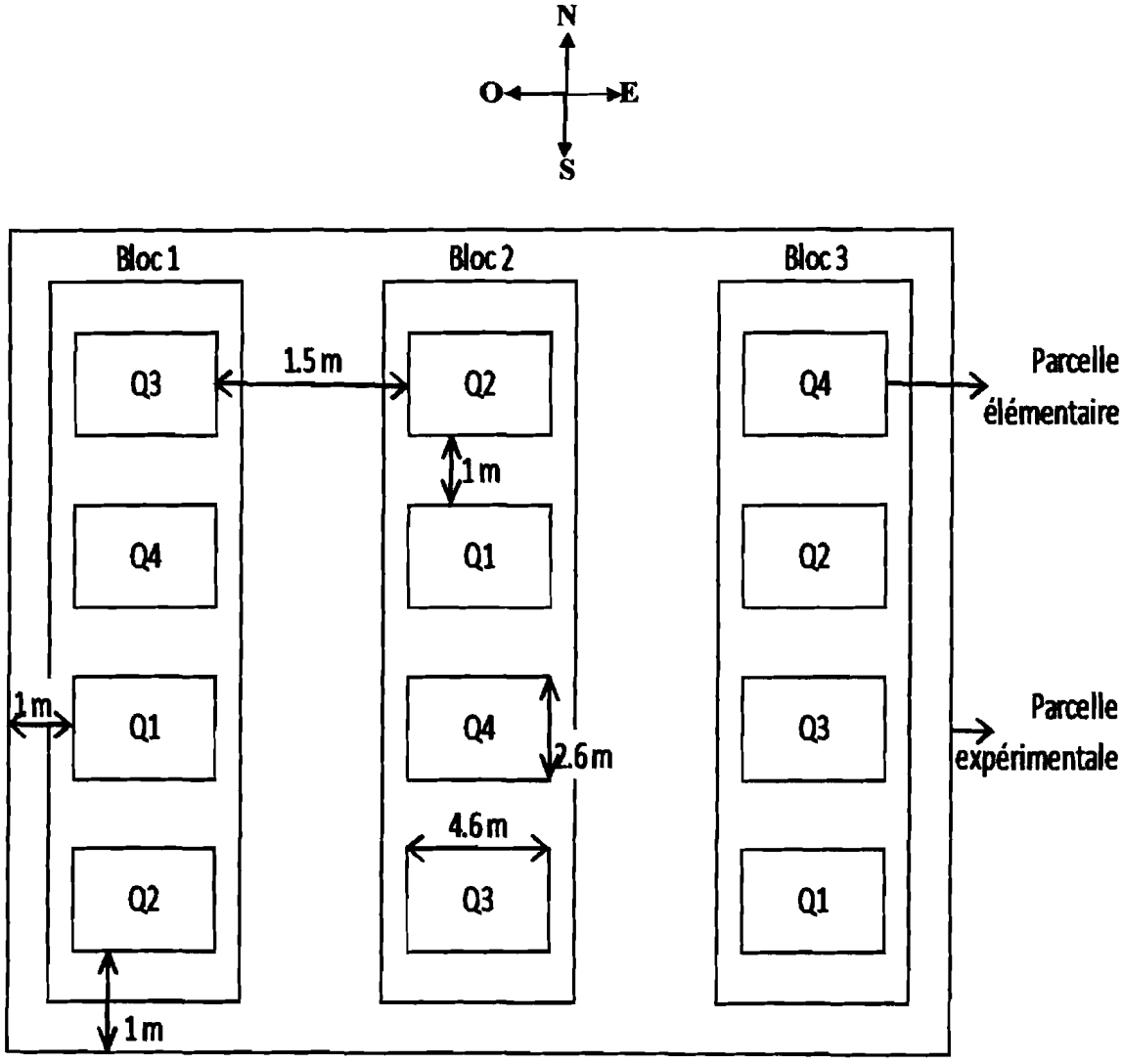
Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Jult	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
ETo (mm/jr)	6	5.6	6.1	5.6	4.9	4.4	4.3	4	4.5	4.4	5.3	5.7
Stades de développement	dev	mi	fin									ini
Kc par stade de développement	0.68	1.1	0.58									0.35
Kc par mois	0.625	1.03	0.75									0.35
ETc (mm/jr)	112.5	173.04	68.625									22.925
ETc (mm/mois)	3.75	5.768	4.575									1.995
Pluie (mm/mois)	0	0	0									0
Pe (mm/m)	0	0	0									0
B_{net} (mm/jr)	112.5	173.04	68.625									29.925
B_{net} (mm/mois)	3.75	5.768	4.575									1.995
B_{brut}(mm/jr)	132.3529	203.5764	80.7352									35.2058
B_{brut} (mm/mois)	4.4117	6.7858	5.3823									2.347

Ces données sont pour 1ha

ANNEXE 3 : Schemas du dispositif experimental



Schémas montrant la disposition des plantes dans une parcelle élémentaire



Schémas du dispositif expérimental pour l'irrigation

ANNEXE 4 : ANOVA des parametres de croissance a 45 JAS

Quantités d'eau	Hauteur (cm)	Diamètre au collet (mm)	Nombre de feuilles	Diamètre du houppier (cm)	Nombre de ramifications
Pp	19,26[a]	3,6[a]	17,75[a]	20,23[a]	4,24[a]
Q1	18,03[a]	2,9[a]	21,9[a]	17,83[a]	5,16[a]
Q2	19,96[a]	3[a]	21,6[a]	18,68[a]	5,23[a]
Q3	19,1[a]	2,95[a]	22,57[a]	19,82[a]	5,5[a]
Q4	18,16[a]	2,7[a]	22,67[a]	17,41[a]	5,32[a]
% CV	9,1	4,4	8	7,6	10,4
F probabilité	0,758	0,103	0,857	0,261	0,884
Signification	NS	NS	NS	NS	NS

Les chiffres de la même colonne affectés de la même lettre alphabétique ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test de Student-Newman et Keuls). **NS** = Non Significatif.