

**INFLUENCE DE L'AMORÇAGE SUR LES PARAMÈTRES MORPHOLOGIQUES ET
PHYSIOLOGIQUES AU COURS DE LA CROISSANCE DE LA VARIÉTÉ C26 DE RIZ
CULTIVÉE EN CONDITIONS PLUVIALES ET DE BAS-FOND EN COTE D'IVOIRE**

*Influence of priming on morphological and physiological parameters during the
growth of rice variety C26 grown in rainfed and lowland conditions in Ivory Coast*

ZANA LASSINA OUATTARA
Green Countries Compost (Côte d'Ivoire)
Courriel : zanalissinao@gmail.com

SIRIKI YEO
URED, Universite Alassane Ouattara Bouaké (Côte d'Ivoire)
Email : yeodekobaf3@gmail.com

SINDOU OUATTARA
Universite Alassane Ouattara Bouaké (Côte d'Ivoire)
Courriel : kalysin@gmail.com

RÉSUMÉ

Le riz est une céréale qui constitue l'aliment de base de plus de la moitié de la population mondiale. Ces dernières années les rendements ont baissé par rapport à la demande. Cette baisse de la production en riz est liée aux pratiques culturales et aussi à l'état des semences au moment de la mise en place des cultures. Dans ce contexte de changement climatique, il s'avère important d'explorer d'autres alternatives. L'objectif de cette étude est de comprendre les mécanismes physiologiques impliqués dans la croissance des plants issus des semences amorcées. La méthodologie utilisée dans le cadre de cette recherche est basée sur l'expérimentation et des analyses en laboratoire. Pour ce faire, les semences de la variété C26 de riz sont utilisées. Les graines de riz amorcées dans différentes solutions sont cultivées en système de bas-fond et en système pluvial. La croissance des plants et quelques paramètres physiologiques sont évalués. Les données recueillies après les expérimentations ont été analysées grâce au logiciel STATISTICA version 7.1. Les principaux résultats de cette recherche montrent que l'amorçage des semences de riz améliore la croissance des plants et que la variété de riz C26 est mieux adaptée en condition de bas-fond.

Mots clés : Priming des semences ; riz C26 ; croissance ; système de culture ; composés biochimiques.

ABSTRACT

Rice is a cereal that constitutes the staple food of more than half of the world's population. In recent years yields have fallen relative to demand. This drop in rice production is linked to cultural practices and also to the condition of the seeds at the time of planting. In this context of climate change, it is important to explore other alternatives. The objective of this study is to understand the physiological mechanisms involved in the growth of plants from primed seeds. The methodology used in this research is based on experimentation and laboratory analyses. To do this, seeds of the C26 rice variety are used. Rice seeds primed in different solutions are cultivated in lowland system and rainfed system. Plant growth and some physiological parameters are evaluated. The data collected after the experiments were analyzed using STATISTICA version 7.1 software. The main results of this research show that priming rice seeds improves plant growth and that the C26 rice variety is better adapted to lowland conditions.

Keywords: Seed priming; C26 rice; growth ; cultivation system; biochemical compounds.

1. Introduction

Le riz (*Oryza sativa* L.) constitue la denrée alimentaire de base de plus de la moitié de la population mondiale (International Formulae Group 2015, p.1). Selon la FAO (2020), le riz est la céréale la plus répandue dans le monde après le blé, et représente 22 % de la consommation céréalière mondiale. Ainsi, la production mondiale de riz, en 2021 était à 520,8 millions de tonnes (FAO, 2022, p. 12). En Afrique, le riz constitue une denrée incontournable dans l'alimentation des populations. Sa consommation annuelle a atteint 20 millions de tonnes de riz usiné alors que l'Afrique n'en produit que 12 millions de tonnes, Ahmadi et Bouman (2013, p. 333), soit un déficit de huit millions de tonnes par rapport à la production annuelle. Ce déficit de production est comblé par des importations régulières et coûteuses.

En Côte d'Ivoire, la production du riz occupe le troisième rang des productions alimentaires après l'igname et le manioc et représente 6 à 8 % des productions vivrières (Ouedraogo et al, 2021, p. 11); ce qui place le pays au rang du troisième pays producteur de paddy dans l'espace CEDEAO après le Nigéria et le Mali avec une production estimée en 2018 à 1,3 millions de tonnes (Ouedraogo et al, 2021, p. 52). Cette production est obtenue à travers trois types de systèmes de production rizicole en Côte d'Ivoire, notamment la riziculture pluviale de plateau, la riziculture pluviale de bas-fond et la riziculture irriguée. La riziculture de plateau et celle de bas-fond sont assurées principalement par les eaux de pluies avec une productivité moyenne de 1,2 t/ha pour le plateau et de 2,5 à 3 t/ha pour le bas-fond (Aderiz 2020, p. 27). La consommation du riz en Côte d'Ivoire ne cesse d'augmenter chaque année d'au moins 3 %, et se situe désormais autour de 1,8 million de tonnes de riz par an. L'accroissement de la population, l'évolution des régimes alimentaires et l'urbanisation font augmenter les besoins. Présentement, le pays importe près de 50 % de ses besoins de consommation en riz d'Asie, dont les coûts ne cessent de croître. Pour pallier à ce déficit l'Etat ivoirien a mis en place une structure de redynamisation de la filière du riz.

Mais malgré tous ces efforts, le déficit en riz reste toujours récurrent dans le pays. Ce déficit de production en riz pourrait être lié aux techniques culturales, plus ou pas adaptées. Lage (1997 pp.147,150), a présenté les contraintes de production en riziculture pluviale comme étant d'ordre climatique (rareté, irrégularité et insuffisance des pluies), parasitaire (prévalence à la pyriculariose et l'helminthosporiose), édaphique (baisse de la fertilité chimique des sols) et variétale (cultivars peu productifs).

Concernant la riziculture irriguée et de bas-fond, les principales contraintes sont dues à la non-maîtrise de l'eau d'irrigation, à la panachure jaune, à la pyriculariose et à la toxicité ferreuse.

L'établissement d'une culture et une bonne production dépendent d'abord de la germination des semences, qui est une étape cruciale dans le cycle de vie des végétaux supérieurs (Cheng et Bradford 1999, p. 89). Afin de résoudre ces problèmes et d'améliorer les performances germinatives, le développement et le rendement des espèces végétales, ainsi que leur tolérance aux stress abiotiques, la technique d'amorçage a généralement été utilisée. L'amorçage ou priming est une méthode physiologique qui améliore la production végétale en modulant les activités métaboliques de la germination avant l'émergence de la racicule (Bradford, 1986 ; Taylor et Harman, 1990).

Dans ce contexte de changement climatique, il s'avère important de collecter des informations sur la croissance des plantes issues des grains qui ont subi l'amorçage, afin d'initier des approches adaptées. C'est dans ce but que cette étude a été entreprise pour comprendre les mécanismes physiologiques impliqués dans la croissance des plants après la technique d'amorçage. Il ressort de cette étude que l'amorçage des semences améliore les paramètres de croissances du riz et que le type d'amorçage des semences influence les paramètres physiologiques des plants de riz au cours de la croissance. Pour réaliser cette étude le choix du matériel végétal et de laboratoire ainsi que la mise en place d'un dispositif expérimental sont indispensables.

2. Matériels et méthodes

2.1. Matériel

2.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette expérimentation est constitué de semences de riz de la variété C26 (figure 1).

Figure 1 :*Semences de riz de la variété C26**Cliché OUATTARA Zana, juin 2022*

La figure 1 présente des semences de riz de la variété C26. La semence a été fournie par l'entreprise AMC-FC (Agricultural and Mangement Company Food and Commerce) installée à Yamoussoukro. Cette variété est caractérisée par son cycle de semi-maturité à 50 % qui se fait en 102 jours. Elle est tolérante à la verse, à la sécheresse avec un arôme des grains faible et des grains de type long (CORAF, 2018). Elle est adaptée en condition pluviale et de bas-fond et a un rendement potentiel de 7,5 t/h en général.

2.1.2. Matériel technique et de laboratoire

Cette étude a nécessité l'utilisation de différents matériels (tableau 1).

Tableau 12*Matériel technique et son utilité sur le terrain*

Matériel technique	Utilité
Machette et daba	Pour défricher la parcelle
Houe et pelle	Pour rassembler la terre
Pioche	Pour creuser les fosses
Bâche plastique noire	Pour contenir l'eau dans les fosses
Décamètre	Pour mesurer les dimensions
Scotch plastique	Pour scotcher la bâche
Arrosoir	Pour apporter de l'eau aux plants de riz
Matériel de laboratoire	Utilité
Balance de précision	Peser les échantillons
Mortier et pilon	Ecraser les feuilles de riz
Micropipette et tube à essai	Prélever les différentes solutions
Centrifugeuse	Centrifuger le broyat
Congélateur (-20°C)	Conservier le matériel végétal pour éviter la dégradation des composés phénoliques
Spectrophotomètre	Lire les Densités Optiques (DO)
Distillateur	Distiller l'eau
Agitateur magnétiques	Homogénéiser les solutions préparées

Le tableau 1 ressort les matériels techniques et de laboratoire utilisés dans le cadre de cette étude.

2.2. Méthodes

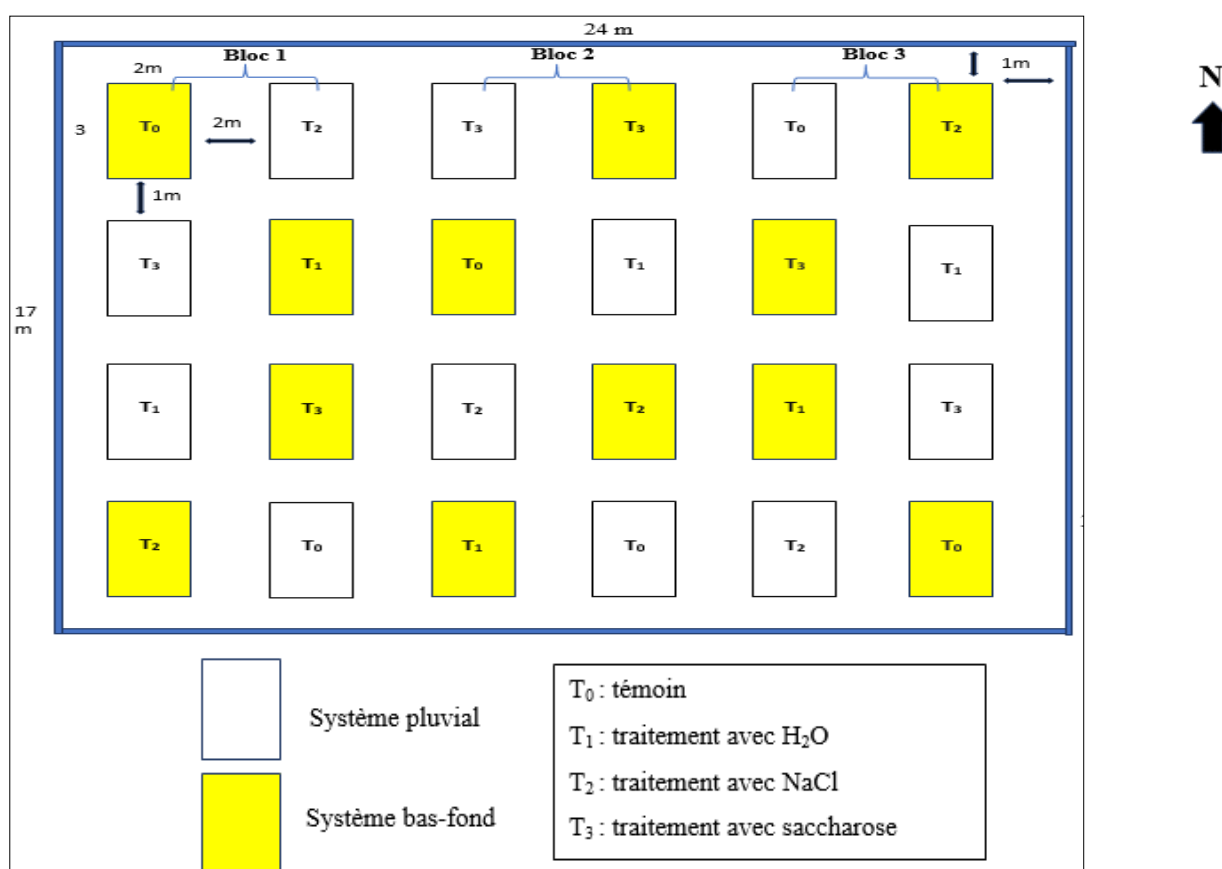
2.2.1. Mise en place de la parcelle

2.2.2.1. Dispositif expérimental

Le dispositif utilisé au cours de cette expérimentation est un dispositif en factoriel bloc, constitué de trois blocs et deux facteurs. Ce dispositif est composé de vingt-quatre parcelles élémentaires qui contiennent les traitements comme l'indique la figure 2.

Figure 2

Dispositif expérimental pour la mise en place de l'essai pour la croissance des plantes de riz issues des graines amorcées



La figure 2 présente le dispositif expérimental pour l'essai pour la croissance des plantes de riz issues des graines amorcées. Chaque bloc a pris en compte le facteur système de culture (pluvial et bas-fond) et le traitement prégerminatif (amorçage) qui comprend quatre modalités (Témoin, amorçage à l'eau, amorçage au saccarose et amorçage au NaCl). Les huit traitements définis ont été établis sur les parcelles élémentaires de chaque bloc de manière aléatoire. Chaque parcelle élémentaire a eu pour dimensions ; 3 m de long et 2 m de large. Chaque bloc a été constitué de deux lignes de parcelles élémentaires.

Les parcelles élémentaires des blocs ont été séparées sur la ligne de 1 m et les deux lignes de bloc de 2 m. Les blocs ont été espacés de 3 m et de 1 m avec la bordure.

Les points de semis ou poquets ont été séparés entre eux de 20 cm sur ligne et entre lignes. La densité de plants sur une parcelle élémentaire a été de 126 plants. La superficie totale de la parcelle a été de 408 m².

2.2.2.2. Choix du site et défrichage

Le site choisi est un terrain plat, situé à 50 m de la forêt de l'UNA. La superficie utilisée pour l'expérimentation était une jachère de 6 mois qui a été défrichée avec la machette. Puis les mauvaises herbes ont été brûlées. Le dispositif expérimental a ensuite été mis en place.

2.2.2.3. Réalisation des bas-fonds artificiels

Dans le cadre de la conduite de cette étude, la réalisation d'un bas-fond artificiel s'est avérée nécessaire selon la figure 3.

Figure 3

Bas-fond artificiel réalisé sur le site d'étude



Cliché OUATTARA Zana, juin 2022

La figure 3 montre un bas-fond artificiel. Le processus de réalisation des bas-fonds a débuté par les fosses qui ont été creusées en plein sol et dont les dimensions sont les suivantes : longueur 3 m, largeur 2 m et de profondeur 0,5 m. Après avoir creusé les fosses, une bâche plastique de couleur noire a été placée dans chacune des fosses afin d'éviter l'infiltration totale et rapide de l'eau dans le sol. Cette bâche a permis de conserver l'humidité dans le sol et créé un effet de bas-fond.

2.2.3. Réalisation de l'amorçage des semences de riz

2.2.3.1. Détermination du temps d'amorçage

Pour la réalisation de l'amorçage, il a été nécessaire de déterminer le temps moyen de germination des graines lorsqu'elles sont imbibées dans de l'eau. Ce temps correspond au moment précis de l'apparition de la radicule. Pour ce faire, 120 graines de riz ont été pesées puis désinfectées dans l'hypochlorite de sodium (1 %) pendant 3 minutes. Ensuite, les graines ont été abondamment rincées à l'eau distillée puis disposées dans six boîtes de Petri contenant de l'eau distillée. Dans chaque boîte de Petri, 20 graines ont été étalées. L'incubation a été réalisée à l'étuve à la température de 27±1°C. Le temps moyen de la sortie de la radicule de chaque boîte a été évalué.

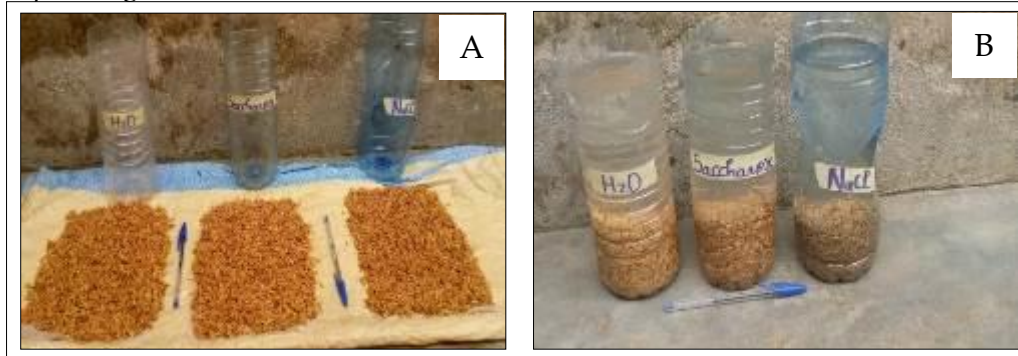
La moyenne d'heure des six boîtes et de l'écart type a été calculée. Le temps de l'amorçage a été déterminé en soustrayant de la moyenne, l'écart type plus 2 heures (Moyenne – écart type +2 Heures), afin d'être sûr que la phase réversible n'a pas été dépassée. Ainsi, le temps obtenu dans ces conditions a été de 43 heures.

2.2.3.2. Différents types d'amorçage testés

Dans cette expérimentation, les graines viables ont été divisées en quatre lots de 0,5 kg. Le premier lot T₀ est le Témoin, il n'a pas subi d'amorçage. Les graines du deuxième lot T₁ ont subi 43 heures d'amorçage dans l'eau. Ainsi, les graines ont été trempées dans 1 litre d'eau distillée. Le troisième lot de graines ont été trempées dans des solutions de 1 litre de NaCl et de saccharose, respectivement aux concentrations de 1 mol/l et de 0,18 mol/l, pendant une durée de 43 heures chacun comme cela est illustré par la figure 4.

Figure 4

Etapes du priming des semences de riz



Cliché OUATTARA Zana, juin 2022

A : graines trempées dans les solutions ; B : graines mises à sécher pour la déshydratation après trempage Ces concertations ont été définies selon les données de Farooq *et al.* (2006).

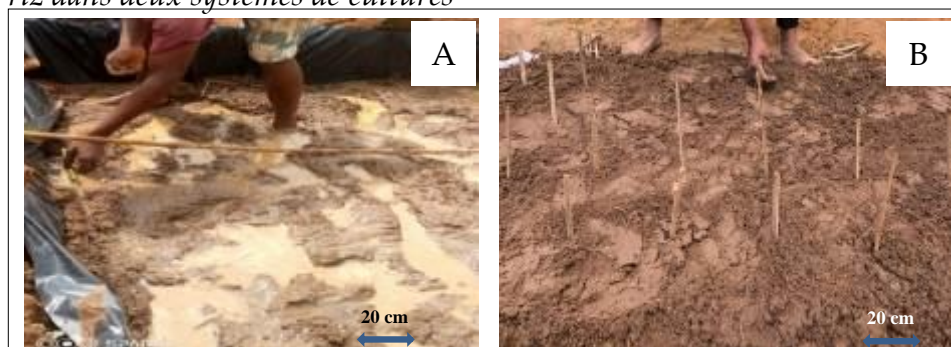
La figure 4 présente les étapes du trempage des semences de riz. En effet, après l'imbibition des graines pendant les 43 h, elles ont été déshydratées par séchage à l'air libre mais à l'ombre dans une salle pendant deux jours. Les conditions de la salle ont été de 27 ± 2 °C avec une humidité relative de 70 à 80 %. Les graines ont été régulièrement pesées jusqu'à atteindre un poids constant, proche du poids initial. Les graines sont alors stockées ou utilisées comme semence.

2.2.4. Semis

Après la mise en place du bas-fond artificiel, on procède au semis du riz dans les deux systèmes de cultures comme l'indique la figure 5.

Figure 5

Semis de riz dans deux systèmes de cultures



Cliché OUATTARA Sindou, juin 2022

A : semis de riz dans un bas-fond et **B** : semis sur plateaux pluvial

La figure 5 présente un semis direct réalisé avec deux graines par poquet. Les graines ont été enfoncées dans les poquets à une profondeur de 3 cm. Le semis a été effectué le même jour pour toutes les unités expérimentales, pour le bas-fond comme pour le pluvial.

2.2.5. Entretien de la parcelle

➤ **Démariage**

Le démariage a consisté à désapparier les plantules les moins vigoureuses par poquet de sorte à laisser seulement une plantule par poquet. Ce processus a été réalisé trois semaines après semis.

➤ **Apport de l'eau au bas-fond**

Il a consisté à apporter une quantité d'eau nécessaire pour permettre aux plantes d'être en condition de bas-fond. Pour cela dix arrosoirs de 15 litres ont été apportés par bas-fond, 3 fois par semaine.

2.2.6. Évaluation des paramètres de croissance

Quatre paramètres de croissance ont été mesurés sur 12 plants de riz par parcelle élémentaire. L'évaluation a débuté à la quatrième semaine après semis et a pris fin à la neuvième semaine après semis.

➤ **Nombre de feuilles**

Le nombre de feuilles (NF) émises par plants de riz a été compté pour chaque traitement. Le comptage s'est fait manuellement.

➤ **Hauteur des plants**

La hauteur des plants de riz a été mesurée avec une règle graduée de 50 cm. La mesure de la hauteur du plant s'est faite en considérant la touffe. C'est la distance entre le collet et la pointe de la dernière feuille émise par la touffe.

➤ **Nombre de talles**

Le nombre de talles par poquet a également été déterminé par parcelle élémentaire. Le nombre de talles émis par plantes a été compté.

➤ **Longueur de feuilles**

La longueur des feuilles a été mesurée sur les feuilles épanouies de rang 3, 4 et 5. La longueur moyenne par plant a été déterminée par calcul.

2.2.7. Détermination des paramètres physiologiques

2.2.7.1. Prélèvement des échantillons de feuilles de riz

Le prélèvement des feuilles a été fait au niveau des feuilles de rang 3, à partir de la dernière feuille émise et sur les plants de riz de même taille. Pour chaque traitement, trois plants ont été choisis par parcelle élémentaire. Les échantillons ont été tous prélevés au même moment pour les différents traitements.

➤ **Détermination de la teneur en pigments foliaires**

La détermination des teneurs en chlorophylles et en caroténoïdes a été réalisée sur des feuilles de riz issues des traitements. L'extraction et le dosage des pigments foliaires des plants de riz ont été réalisés selon la méthode décrite par Lichtenthaler et Buschmann (2001).

• **Extraction des pigments foliaires**

La procédure d'extraction a débuté par la pesée de 500 mg d'échantillon de feuilles de plants de riz précédemment prélevés. Les feuilles de chaque lot ont ensuite été découpées en petits fragments puis broyées en présence d'acétone 20 % et une pincée de carbonate de calcium. Le résidu d'extraction a été rincé deux fois avec l'acétone 20 %. Le broyat a été centrifugé à 1500 tours/minute pendant 2 minutes. Le filtrat obtenu a constitué l'extrait brut de pigments foliaires.

• **Dosage des pigments foliaires**

Le volume de l'extrait brut pigmentaire (V) a été déterminé pour la masse (m) de feuilles utilisées. L'absorbance des extraits pigmentaires est mesurée au spectrophotomètre à 470 nm, 647 nm et à 663 nm, contre un échantillon témoin réalisé avec de l'acétone. La teneur en chlorophylle a, b et totale (Chl a, Chl b et Chl t) et en caroténoïdes des feuilles exprimées en mg/g de feuilles a été ensuite calculée en utilisant les formules suivantes (Lichtenthaler et Buschmann 2001)

$$\text{Chl a (mg/g de feuilles)} = [12,25 \times \text{DO}_{663} - 2,79 \times \text{DO}_{647}] \times V/1000 \text{ m}$$

$$\text{Chl b (mg/g de feuilles)} = [21,5 \times \text{DO}_{647} - 5,10 \times \text{DO}_{663}] \times V/1000 \text{ m}$$

$$\text{Chl t (mg/g de feuilles)} = [7,15 \times \text{DO}_{663} + 18,71 \times \text{DO}_{647}] \times V/1000 \text{ m}$$

$$\text{Car (mg/g de feuilles)} = [(1000 \times \text{DO}_{470} - 1,82 \times \text{chl a} - 85,02 \times \text{chl b}) / 189] \times V/1000 \text{ m}$$

V : volume de l'extrait brut (ml), m : masse des feuilles fraîches utilisée (g), Chl (a) : chlorophylle a ; Chl (b) : chlorophylle b ; Chl (t) : chlorophylle totale ; Car : caroténoïdes et DO : densité optique.

2.2.7.2. Détermination des composés phénoliques

L'extraction et le dosage des composés phénoliques ont été réalisés selon la méthode proposée par Kouakou (2009).

➤ **Extraction des composés phénoliques**

Un échantillon de 500 mg de feuilles est mis dans 10 ml de méthanol pure (96 %) dans des tubes à essai. L'ensemble est incubé à l'obscurité pendant 18 h à 4 °C.

Après une centrifugation à 2000 tours/minute pendant 10 minutes, le surnageant obtenu a été filtré sur une membrane Millipore (0,45 µm) et le filtrat a constitué l'extrait phénolique (EP) brut à analyser, de volume V.

➤ **Dosage des composés phénoliques**

Pour réaliser le dosage des composés phénoliques, 0,5 ml du réactif de Folin Ciocateu à 0,5 N ont été ajoutés à 0,9 ml d'eau distillée. Le tout a été additionné de 0,1 ml d'extrait phénolique. Après agitation à la température ambiante, 1,5 ml de carbonate de sodium à 17 % et 6 ml d'eau distillée ont été ajoutés à la solution. Les solutions obtenues ont été incubées pendant 35 minutes. L'intensité de la coloration proportionnelle à la concentration en polyphénols a été suivie au spectrophotomètre à 765 nm.

Lors du dosage, un témoin a été réalisé, dans lequel l'extrait phénolique a été remplacé par de l'eau distillée. La teneur en phénols totaux est déterminée à l'aide d'une courbe d'étalonnage ($y = a \cdot x$ où y est l'absorbance ; a un coefficient directeur déterminé à partir de chaque courbe étalon réalisée et x est la concentration de l'acide gallique) réalisée avec différentes concentrations d'une solution mère d'acide gallique (200 µg/ml). La courbe étalon a été réalisé à chaque dosage. Les teneurs en composés phénoliques ont été exprimées en microgramme par gramme de matière fraîche (µg/g de feuilles fraîches) et calculées selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en composés phénoliques } (\mu\text{g/g}) = \frac{10X.V}{m}$$

m : masse de feuilles prélevées ; X : concentration de l'acide gallique et V : volume après centrifugation.

2.2.8. Analyses statistiques

Les données recueillies après les expérimentations ont été analysées grâce au logiciel STATISTICA version 7.1. Les conditions de réalisation de l'analyse de variance ont été vérifiées. Ainsi, chaque traitement ayant une taille de 36 individus, la population a été supposée normale. Par la suite, le test d'homogénéité de variance a été réalisé avec le test de Bartlett au seuil de 5 %. L'analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs (type de riziculture et type d'amorçage) a été adoptée pour évaluer l'influence des différents traitements sur les paramètres morphologiques et biochimique. En absence d'interaction entre les deux facteurs, une ANOVA 1 a été effectuée pour les effets principaux. L'objectif de cette analyse de variance est de vérifier s'il y a des variations entre les facteurs pour les caractères étudiés. Lorsque cette analyse montre une différence entre les moyennes des facteurs au seuil de 5 %, le test de Tukey au seuil de 5 % a été réalisé pour classer les moyennes.

3- Résultats et discussion

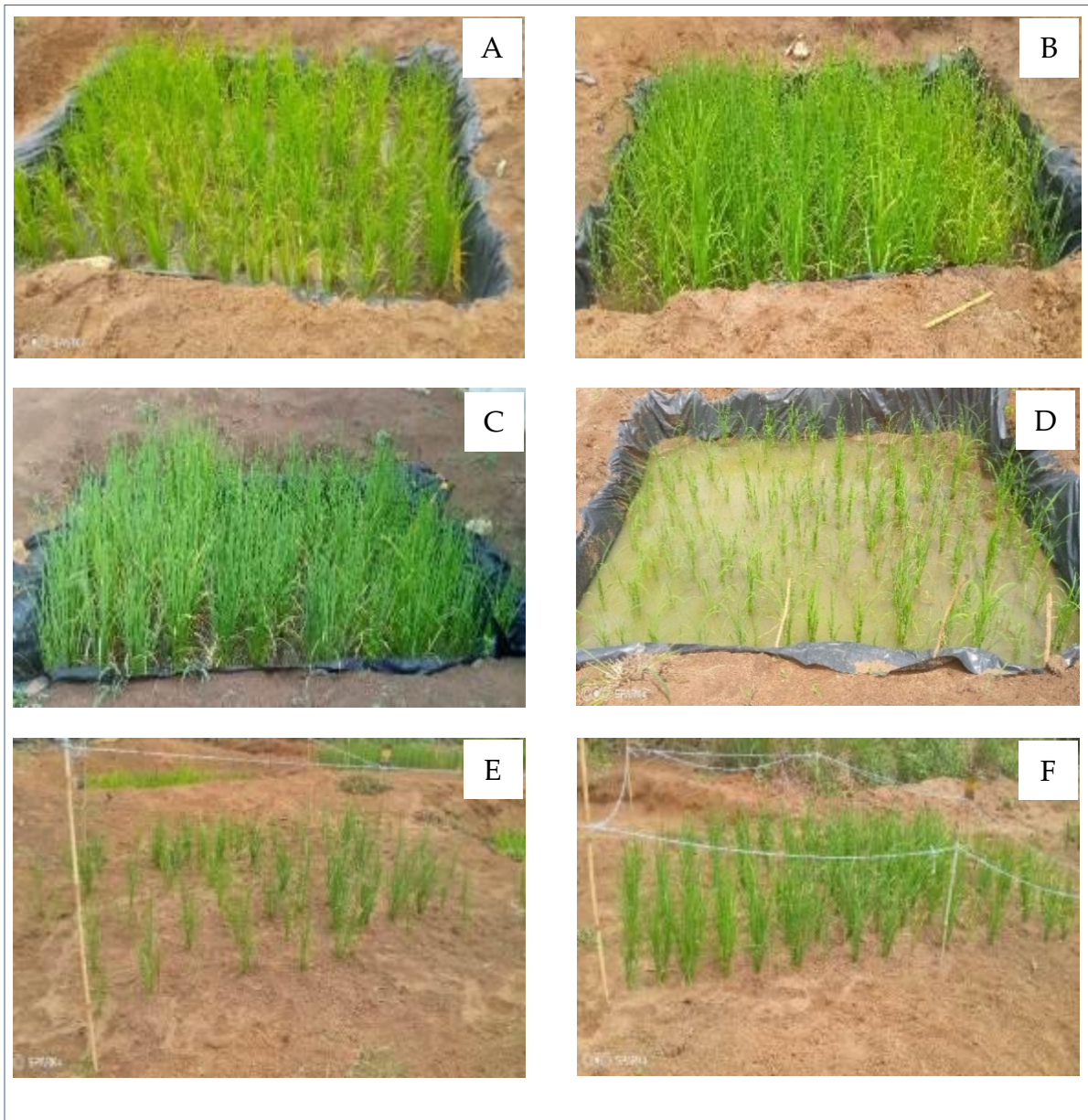
3.1. Résultats

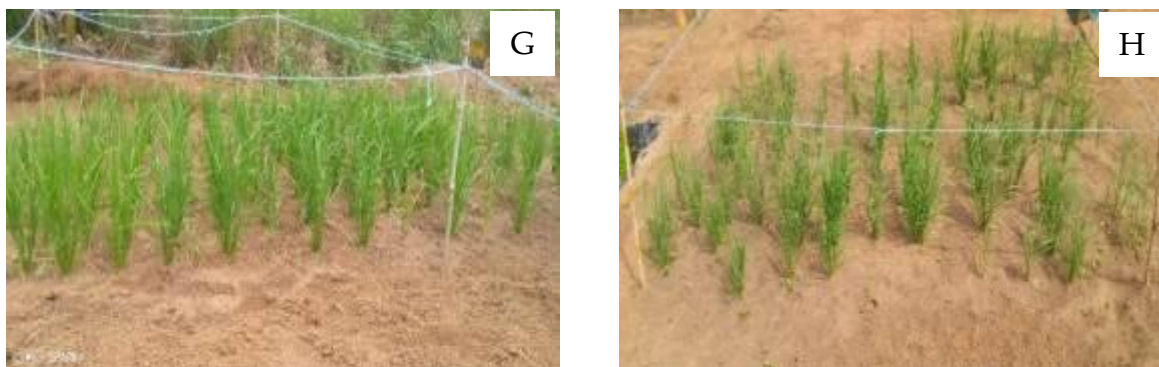
3.1.1. Description de la croissance des plants de riz selon les traitements

La croissance et la coloration du système aérien des plants obtenus après les différents traitements sont illustrées par la figure 6.

Figure 6

Aperçu des plants de riz des différents traitements 48 jours après semis





Clichés OUATTARA Zana & YÉO Siriki, juillet 2022

A : témoin bas-fond ; B : H₂O bas-fond ; C : saccharose bas-fond ; D : NaCl bas-fond ; E : témoin pluvial et F ; H₂O pluvial ; G : saccharose pluvial et H : NaCl pluvial

La figure 6 présente l'état de croissance de riz 48 jours après le semis. Les plants de riz en croissance dans les bas-fonds ont mieux tallé que ceux en condition pluviale. Ainsi, dans le système bas-fond les plants issus des graines amorcées avec l'eau et le saccharose (Figure 6 B et C) ont présenté un meilleur développement par rapport à l'amorçage à NaCl et au témoin (Figure 6 A et D). Au niveau du système pluvial l'amorçage à l'eau et au saccharose (Figure 6 F et G) ont présenté un bon tallage par rapport à l'amorçage à NaCl et au témoin (Figure 6 E et H).

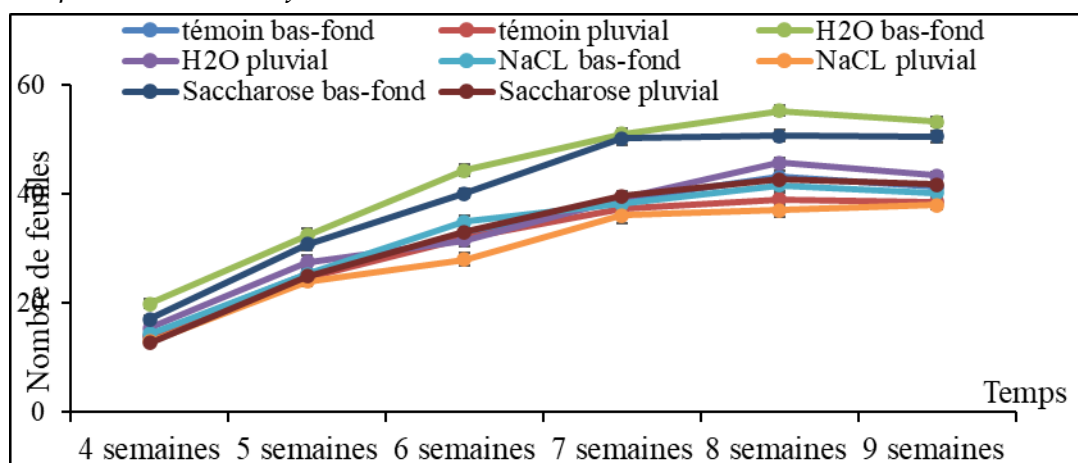
3.1.2. Effet combiné de l'amorçage et des systèmes de culture sur la croissance des plants de riz

➤ Nombre de feuilles

La figure 7 présente l'évolution de l'émission foliaire des plants de riz issus des graines amorcées et en croissance en condition pluviale et de bas-fond.

Figure 7

Emission foliaire des plants de riz issus des graines amorcées au cours de la croissance en condition pluviale et de bas-fond



Comparaison réalisée à chaque temps entre les traitements. $P_{interaction}$: ($P_{semaine\ 4} < 0,001$) ; ($P_{semaine\ 5} < 0,001$) ; ($P_{semaine\ 6} < 0,001$) ; ($P_{semaine\ 7} < 0,001$) ; ($P_{semaine\ 8} < 0,001$) ; ($P_{semaine\ 9} < 0,001$) ; moyenne \pm erreur type

L'analyse de la figure 7 révèle une interaction entre l'amorçage et le système de culture ($P < 0,001$) sur le nombre de feuilles à toutes les semaines. En effet, les plants issus des graines amorcées à l'eau (H_2O) et au saccharose dans le système bas-fond ont induit plus de feuilles dont le nombre a varié de 20 à 55 feuilles, de la 4^e à la 9^e semaine. Par contre les autres traitements ont induit un nombre de feuilles plus faible qui a varié de 13 à 38 feuilles.

➤ Longueur des feuilles

Les plants en croissance dans le système bas-fond ont produit les feuilles les plus longues pour toutes les semences amorcées, en particulier à l'eau (H_2O) où la longueur des feuilles a atteint environ 50 cm à la 9^e semaine. Les plants issus du système pluvial ont présenté des feuilles de faible longueur pour toutes les semences. L'amorçage au NaCl et le témoin en croissance dans le système pluvial ont induit des longueurs faibles qui ont varié de 20 cm à 37 cm.

➤ Hauteur de plants

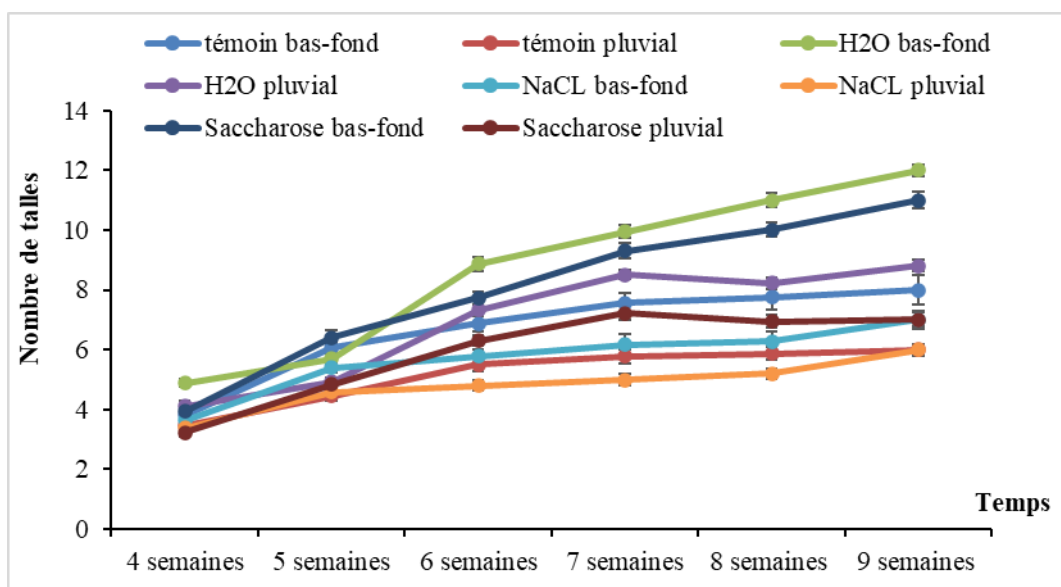
L'analyse statistique des données n'a révélé aucune interaction système de culture \times l'amorçage ($P_{\text{interaction}} > 0,05$). Toutefois, un effet système de culture et un effet amorçage ont été observés pour la hauteur des plants ($P < 0,001$). Ainsi, le système bas-fond a favorisé une meilleure croissance des plants de riz par rapport au système pluvial.

➤ Nombre de talles

La courbe d'évolution du nombre de talles est illustrée par la figure 8.

Figure 8

Tallage des plants de riz issu des différents traitements en condition pluvial et de bas-fond



Comparaison réalisée à chaque temps entre les traitements. $P_{\text{interaction}}$: ($P_{\text{semaine 4}} < 0,001$) ; ($P_{\text{semaine 5}} < 0,001$) ; ($P_{\text{semaine 6}} < 0,001$) ; ($P_{\text{semaine 7}} < 0,001$) ; ($P_{\text{semaine 8}} < 0,001$) ; ($P_{\text{semaine 9}} < 0,001$) ; moyenne \pm erreur type

L'analyse de la figure 8 montre une interaction entre amorçage des semences et le système de culture au cours des 9 semaines ($P < 0,001$). En effet, l'amorçage à

l'eau (H₂O) et au saccharose des graines ont favorisé un tallage des plants en croissance dans les bas-fonds. Le nombre de talle varie de 4 à 12 de la 4^e à la 9^e semaine. Cependant, les plants issus des graines amorcées au NaCl et ceux du témoin dans le système pluvial ont présenté un nombre de talles plus faible qui varie de 3 à 8 talles.

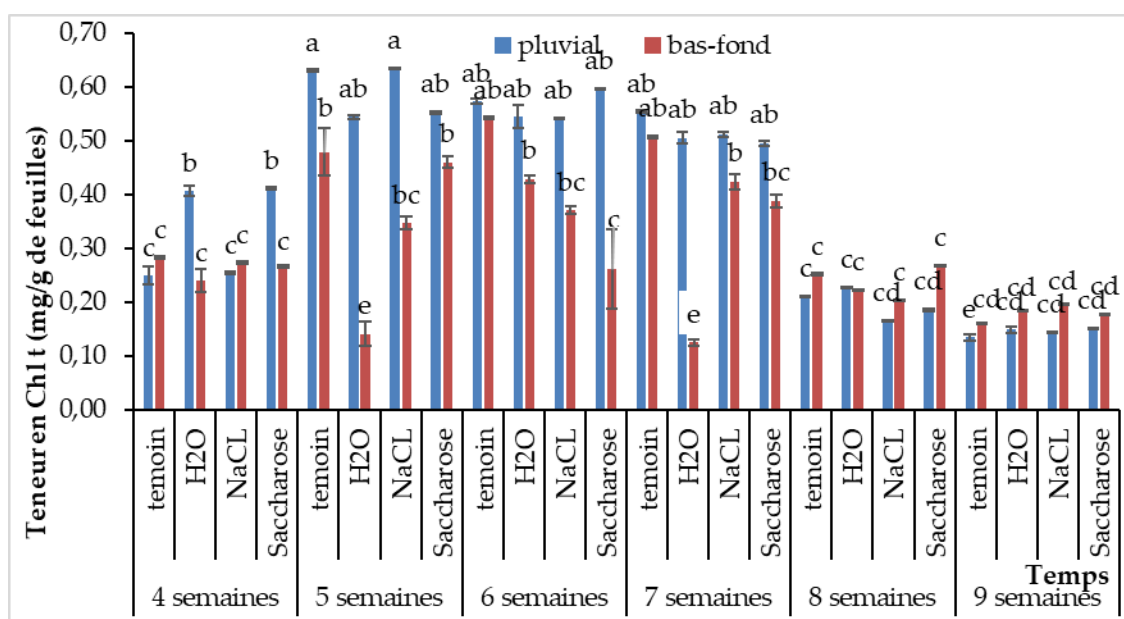
3.1.3. Effet combiné de l'amorçage et des systèmes de culture sur les paramètres physiologiques du riz

3.1.3.1. Effet de l'amorçage sur la teneur en pigments foliaires en fonction de l'âge des plants

Les effets de l'amorçage sur la teneur en pigment se perçoivent à travers la teneur en chlorophylle totale et en en caroténoïdes comme l'indique la figure 9.

Figure 9

Teneur en chlorophylle totale des plants de riz issus des graines amorcées au cours de la croissance en condition pluviale et de bas-fond



Les histogrammes surmontés de la même lettre sont statistiquement identiques au seuil de 5% -Test de Tukey (moyenne ± erreur type).

La figure 9 permet d'apprécier la teneur en chlorophylle et en caroténoïde pendant la croissance des plants.

- Teneur en chlorophylle totale (Chl t)

La figure 9 présente l'évolution de la teneur en Chlorophylle totale au cours de la croissance des plants issus des graines amorcées. L'analyse des données a révélé un effet interaction système de culture x amorçage des graines ($P < 0,001$). De la 4^e à 7^e

semaine, les plants issus des graines amorcées à l'eau (H₂O) et au saccharose en bas-fond ont présenté les plus faibles teneurs.

- Teneur en caroténoïdes

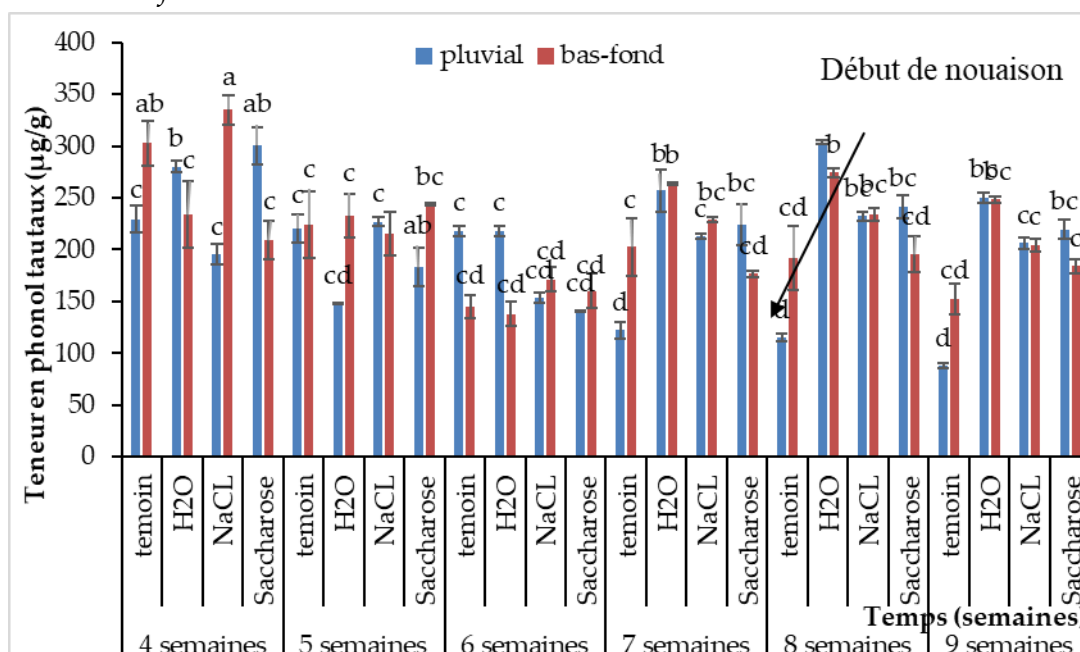
Les analyses statistiques des données ont révélé un effet interaction type d'amorçage système de culture ($P < 0,001$). La teneur en caroténoïdes est importante chez tous les plants, excepté ceux issus de l'amorçage à l'eau (H₂O), de la 4e à la 7e semaine.

3.1.3.2. Effet de l'amorçage sur l'évolution de la teneur en composé phénoliques des plants de riz

L'évolution de la teneur en phénol totaux des plants au cours de la croissance des graines amorcées est représentée par la figure 10 ci-dessous. Les analyses statistiques ont montré qu'il existe un effet interaction type d'amorçage x système de culture ($P < 0,001$).

Figure 10

Teneur en composés phénoliques des plants de riz de différents traitements en condition pluvial et de bas-fond au cours de la croissance



Les histogrammes surmontés de la même lettre sont statistiquement identiques au seuil de 5% -Test de Tukey (Moyenne \pm erreur type)

3.2. Discussion

L'amorçage des semences chez le riz a été étudié sur le plan morphologique et physiologique. Les résultats de l'étude ont révélé une influence de l'amorçage et des systèmes de culture sur les paramètres morpho-physiologiques évalués. En effet, l'amorçage au NaCl a induit un retard de croissance chez les plants de riz au niveau

de la hauteur et du nombre de feuilles des plants dans les deux systèmes de cultures. Ce retard de croissance chez les plants issus de l'amorçage au NaCl pourrait s'expliquer par le fait que le riz étant une espèce glycophyte, une faible concentration de sel entraînerait une baisse de la pression de turgescence cellulaire provoquant ainsi une faible division et expansion cellulaire (Benmahiou et al., 2009). Ce qui a pour conséquence le ralentissement de la croissance en hauteur des plants et en nombre de feuilles. Ces résultats sont en accord avec ceux de N'guessan (2018) qui a constaté une réduction de la hauteur des plants de tomate (*Solanum lycopersicum*) soumis à un stress salin. Les faibles croissances favorisées par l'amorçage au NaCl s'expliqueraient par le fait qu'il réduirait la division et l'élargissement des cellules (Sobhanian et al., 2010 ; Mohammed et al., 2012). Ces résultats ont montré que le système bas-fond a favorisé une meilleure croissance des plants de riz issus des différents types d'amorçages comparativement aux plants en croissance sur le système pluvial.

En ce qui concerne l'amorçage à l'eau (hydropriming), il a induit les meilleures performances de croissances des plants de riz. Les fortes croissances induites par l'hydropriming pourraient s'expliquer par le fait que l'eau utilisée pour l'amorçage entraînerait l'hydrolyse des tissus de l'endosperme et la stimulation de l'activité endo- β -mannanase, entraînant ainsi une forte croissance. De plus, l'hydropriming aurait favorisé la rupture de la résistance mécanique pour l'élongation cellulaire dans l'embryon et la couverture embryonnaire. Les paramètres de croissance des plants ont donc été stimulés par l'imbibition en eau tandis que l'amorçage au NaCl a eu un effet inhibiteur.

Les résultats de cette étude ont relevé que la variation de la teneur en chlorophylle est fonction de l'âge des plants. Quel que soit le traitement, les résultats montrent une différence significative. Comparativement au témoin, la teneur en chlorophylle des plants issus de l'amorçage évolue presque de la même manière. Lorsque la plante est au stade plus jeune (4 semaines après semis), la teneur en chlorophylles est moins importante.

L'activité photosynthétique est plus importante au stade jeune de la plante (5 à 7 semaines) et lors de la phase de production (8 semaines) l'activité photosynthétique baisse fortement. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'au stade plus jeune la plante est dans une phase végétative intense au cours de laquelle les organes se mettent en place et se développe d'où les faibles teneurs en chlorophylles.

Par contre, au stade jeune les plants ont atteint un niveau de développement optimal. Les teneurs en chlorophylles sont à leur optimal donc une activité photosynthèse intense. Au stade 8 à 9 semaines qui correspond à la dernière phase du cycle de vie des plants, l'activité photosynthétique des plants est plus orientée vers la maturation des caryopses. Les faibles teneurs chez les plants issus du système bas-fond pourraient être dues à une stratégie d'adaptation des plants à ce système au début de la culture. Ces résultats sont en accord avec ceux de Hikosaka et al. (2006) qui ont montré que la quantité de la chlorophylle des feuilles de blé pouvait être

influencée par beaucoup de facteurs tels que l'âge des feuilles, la position des feuilles, et les facteurs environnementaux tels que la lumière, la température et la disponibilité en eau. La chute des teneurs en chlorophylle chez les plants issus du système pluvial est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (Bousba et al., 2009). Lorsque la plante subit un stress, le niveau de chlorophylle diminue, affectant la coloration de la plante et ralentissant ses activités de croissance. La chute observée des teneurs en chlorophylle chez les plants du système pluvial résulterait de la synergie de plusieurs facteurs : réduction de l'ouverture des stomates qui limite les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance, baisse de l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse. La diminution de la teneur en chlorophylles perturbe la redistribution des assimilâtes stockés par la tige vers les différentes parties de la plante, ce qui perturbe sa croissance (Karima et al., 2012). Ces résultats sont en conformité avec ceux de Hammouche et al 2017 qui a observé un retard de croissance des plants dû à une chute des teneurs en chlorophylle chez deux variétés de blé soumis à un stress hydrique.

La teneur en chlorophylle foliaire diminue plus vite que la teneur en caroténoïdes durant la sénescence, car les caroténoïdes sont plus stables que les chlorophylles (Biswal, 1995). Cela explique la couleur jaune des feuilles sénescentes : la coloration induite par les caroténoïdes déjà présents dans la feuille est révélée après que la couleur due à la chlorophylle s'estompe. Les caroténoïdes participent alors très activement à la photoprotection de la feuille (Merzlyak et Gitelson, 1995). Lors de la sénescence, les anthocyanes sont les seuls pigments synthétisés à partir de flavanols incolores situés dans la vacuole (Wilkinson et al., 2002).

Les résultats de cette étude ont aussi révélé une augmentation progressive de la quantité des composés phénoliques au cours de la croissance des plants de riz issus de l'amorçage à l'eau et au saccharose. Le niveau élevé de la quantité des composés phénoliques enregistrée dans les feuilles de riz issus de l'amorçage à l'eau pourrait s'expliquer par la croissance rapide des plants issus des graines amorcées à l'eau et au saccharose comparativement au témoin et au NaCl qui ont une croissance retardée. Cela indique que les composés phénoliques interviennent dans des rôles aussi variés que sont les réactions de défense contre les agresseurs, la croissance cellulaire, la différenciation organogène, la dormance des bourgeons, la floraison, la fructification et l'induction de l'embryogénèse somatique (Bovy, 2004 ; Boizot et Charpentier, 2006 ; N'goran et al., 2014).

Conclusion

Au terme de cette étude, il ressort que l'amorçage à l'eau (hydropriming) et l'amorçage au saccharose (osmopriming) ont été les meilleurs traitements prégerminatifs. En effet, ceux-ci ont permis d'obtenir les meilleures performances de croissances chez les plants de riz à savoir, le nombre de feuilles, la hauteur de plants,

le nombre de talles et la longueur de feuilles. L'amorçage au saccharose a eu presque les mêmes effets que l'amorçage à l'eau sur les plants.

Le système de culture bas-fond s'est avéré plus performant que le système pluvial en termes de croissance des plants pour la variété C26 de riz. Les teneurs en pigments foliaires ont été plus influencées par le système de culture que les types d'amorçages. L'amorçage des semences a permis d'avoir une activité intense des composés phénoliques chez les plants issus de l'amorçage à l'eau et au saccharose. Les mécanismes physiologiques impliqués dans la croissance sont la division cellulaire, l'expansion cellulaire et l'hydrolyse des cellules. Il ressort de cette recherche que l'amorçage des semences de riz améliore la croissance des plants et que la variété de riz C26 est mieux adaptée en condition de bas-fond. Les bas-fonds sont donc des milieux de productions privilégiées du riz par rapport aux hautes terres. Malheureusement, dans un contexte de développement des activités minières en Côte d'Ivoire, ceux-ci sont de plus en plus dégradés du fait de la persistance de l'orpaillage illicite. Les autorités de ce pays gagneraient préserver les milieux de bas-fonds qui pourraient jouer un rôle majeur dans la politique de l'autosuffisance alimentaire en riz pour une population ivoirienne en augmentation continue.

Comme perspectives à cette étude, il serait intéressant de tester d'autres types d'amorçage tels que le double hydropriming, l'hormoprimer et aussi le chimioprimer sur cette même variété de riz pour voir les effets sur la croissance, la germination et le rendement. Aussi, voir l'effet de l'amorçage sur la tolérance de la variété C26 aux pathologies du riz. L'activité peroxydasique globale et les enzymes de régulation des composés phénoliques pourraient permettre de mieux comprendre l'effet des différents types d'amorçage sur la croissance du riz. Ces techniques peuvent être aussi appliquées à d'autres variétés de riz.

Bibliographie

- ADERIZ, (2020). *Tableau de bord de la filière riz 2012- 2018*. ADERIZ working document (excel file) base de données l'étude, 27 p.
- ADRAO, (2006). *Congrès du Riz en Afrique, 31 juillet au 04 août 2006. Dar-es-Salam. Tanzanie*. 64 p.
- ADRAO, (2011). *Manuel pratique de la riziculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal*. Février, 17 p
- Ahmadi N. et Bouman B. (2013). Riz et rizicultures, enjeux économiques, écologiques et scientifiques. *Cahier d'Agriculture* 22, pp. 333 - 335.
- APRAO, (2012). *Projet d'amélioration de la production du riz en Afrique de l'Ouest en réponse à la flambée des prix des denrées alimentaires composante Sénégal*. Mai, 49 p.
- Basra S. M. A., Afzal.I., Anwar.S., Muhammad.A. et Kashif M. (2006). *Alleviation of salinity stress by seed invigoration techniques in wheat (Triticum aestivum L.)*. *Seed Technology*, 28, pp. 36-46.
- Benmahioul B., Daguin F et Kaid-Harche M. (2009). *Effet du stress salin sur la*

- germination et la croissance in vitro du pistachier (Pistacia vera L.)*. Comptes Rendus Biologies, 332(8), pp. 752-758.
- Boucelha L. et Djebbar R. (2015). *Influence de différents traitements de prégermination des graines de Vigna unguiculata (L.) Walp. Sur les performances germinatives et la tolérance au stress hydrique*. Biotechnologies Agronomies Society for the environment, 19 (2), pp. 132-144.
- Boutsen S. et Aertsen J. (2013). « Peut-on nourrir l'Afrique de l'ouest avec du riz ? ». N° 74 -février 2013 – www.mo.be/papers. MO Paper. 21 p.
- Bradford K.J. (1986). *Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions*. Horticultural Science, 21, pp. 1105-1112.
- Cheng Z. et Bradford K.J. (1999). « Hydrothermal time analysis of tomato seed germination responses to priming treatments ». *Journal of Experimental Botany*, 33, pp. 89-99
- Dobelmann J. P. (1976). *Riziculture pratique 1 : riz irrigué*. Presses universitaires de France, 223 p.
- Dobelmann J.-P. (1976). *Riziculture pratique 2. Riz pluvial. Techniques vivantes*. Presses Universitaires de France. 131 p.
- FAO, (1997). *Elaboration d'un plan de relance de la filière riz au Bénin*. Volume 1, 79 p.
- FAO, (2020). *Perspectives de l'alimentation, rapport semestriel sur les marchés alimentaires mondiaux*, novembre 2020. Rome. 17 p.
- FAO, (2022). *Situation alimentaire mondiale : Bulletin de la FAO sur l'offre et la demande de céréales*. Publié le 06/05/2022.
- Hammouche I. (2017). *Etude de variabilité morpho-physiologique et biochimique de sept variétés de blé dur (Triticum durum Desf.) en condition climatique semi-aride*. 79 p.
- Harris D., Rashid A., Hollington P.A., Jasi L. et Riches C. (2002). « Prospects of improving maize yields with 'on-farm' seed priming: priming » in Rajbhandari, N.P., Ransom J.K., Adikhari K., Palmer A.F.E. (Eds.). *Sustainable Maize production systems for Nepal*. NARC and CIMMYT, Kathmandu. pp. 180-185.
- Karima K. et Louhichi B. (2012). *Réponse Physiologique au Stress Hydrique de Variétés de Blé Tendre (Triticum Aestivum L.) Cultivées en Algérie*. 39 p.
- Lage M. (1997). « Production rizicole et consommation de riz au Maroc ». in, Chataigner J. *Activité de recherche dur le riz en climat méditerranéen*. Montpellier : CIHEAM, 1997. Cahiers Options Méditerranéennes, pp. 147-150.
- Mc Donald M.B. (2000). Seed priming. in Black M and Bewley J.D. *Seed technology and its biological basis*. Sheffield Academic Press Ltd, Sheffield, England, pp. 287-325.
- Moosavi A., Tavakkol-Afshari R., Sharif-Zadeh F. et Aynehband A. (2009).

Effect of seed priming on germination characteristics, polyphenoloxidase, and peroxidase activities of four amaranth cultivars. Journal of Food, Agriculture and Environment, 7, pp. 353-358.

- N'goran K.D., (2013). *Dosage des composées phénolique et étude de quelques enzymes de métabolisme phénolique dans les graines chez le cultivar 405-2000 de cotonnier *Gossypium hirsutum* L (Malvaceae). Mémoire Master 1. Protection des végétaux et de l'environnement, Sciences de la nature. Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, 53 p.*
- ONDR. (2012). *Stratégie nationale révisée de développement de la filière riz en Côte d'Ivoire (SNDR) 2012-2020. ONDR, Abidjan : Ministère de l'agriculture, 40 p.*
- Ouédraogo S.A., Bockel L., Arouna A., Fatognon I. et Gopal P. (2021). *Analyse de la chaîne de valeur riz en Côte d'Ivoire : Optimiser l'impact socio-économique et environnemental d'un scénario d'autosuffisance à l'horizon 2030. Accra, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1506fr>*