

PERCEPTION LOCALE DU PHÉNOMÈNE DE LA TOXICITÉ FERREUSE ET STRATÉGIES DE LUTTE AU SUD-BÉNIN (AFRIQUE DE L'OUEST)

GBETO DANSOU G. Jean¹, AMADJI L. Guillaume², GLELE KAKAI L. Romain², VISSOH V. Pierre²

RÉSUMÉ

La présente étude a évalué les perceptions locales de la toxicité ferreuse au niveau du bas-fond rizicole. A l'aide d'un questionnaire administré aux exploitants du bas-fond d'Awokpa au Sud-Bénin, des données qualitatives et quantitatives relatives aux perceptions de la toxicité ferreuse et sur les conditions actuelles de la mise en valeur du site ont été collectées. Les perceptions des populations d'Awokpa de la toxicité ferreuse se résument aux résultats de l'effet de l'eau sur du fer contenu dans le sol (38,5%), de l'accumulation de l'eau (38%), du soleil sur le fer dans l'eau (3%), du fer ruisselé de l'amont (2%) et 19% des producteurs qui n'arrivent pas à l'expliquer. Les anciens producteurs de riz pour la consommation et les jeunes producteurs de semences perçoivent la toxicité ferreuse comme étant l'effet du fer ruisselé de l'amont et qui sous l'effet du soleil donne la toxicité ferreuse. Par contre, pour les jeunes producteurs de riz de consommation, elle est l'effet de l'accumulation de l'eau. Les anciens producteurs de semence la perçoivent comme le résultat de l'effet de l'accumulation de l'eau sur du fer contenu dans le sol. En outre, il ressort qu'il n'y a pas une différence significative au seuil de 5% entre les rendements en riz paddy des parcelles victimes ou non de la toxicité ferreuse à cause du drainage que subissent les parcelles infestées. L'utilisation raisonnée des engrais pourraient être préconisées pour l'atténuation de la toxicité ferreuse.

Mots clés : Toxicité ferreuse, Perception locale, Bas-fond, Bénin

ABSTRACT

Local perceptions of the ferrous toxicity phenomenon and strategies overcoming it in the southern Benin (West-Africa).

The present study aimed at assessing the local perceptions of ferrous toxicity phenomenon in the rice growing shallows. A survey was held with farmers in the South-Benin. Qualitative and quantitative data related to the perceptions of the ferrous toxicity and on the crops growing conditions in the fields were collected. Results indicated that farmers perceived the ferrous toxicity as caused by the effect of (i) water on iron contained in soil (38.5%), (ii) the water accumulation (38%), (iii) the sun on iron in water (3%) and of iron streamed from the uphill (2%). 19% of producers are unable to explain the ferrous toxicity phenomenon. Results also showed that the perception of ferrous toxicity was age-dependent. For young producers (< 5 years in rice production), the ferrous toxicity results from the effect of water accumulation. As to the old producers (> 5 years in rice production), they perceived the ferrous toxicity as the result of the effect of the water accumulation on iron contained in soil. While studying the farming practices, it comes out that the ferrous toxicity is an uncertain phenomenon and that there is no significant difference in the doorstep of 5% between the parcels showing ferrous toxicity and those not showing ferrous toxicity because of the drainage.

Key words: Ferrous toxicity, local Perception, Shallow, Benin.

¹ Faculté des Langues, des Arts et des Sciences Humaines (FLASH) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC).

Tél: 00229 68 31 69 78/96 45 91 91

02 BP: 473 Porto-Novo, Bénin

E-mail: jgdansou@gmail.com

² Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC).

Tél: 00229 95 05 84 04/97 03 65 72

01 BP: 526 Cotonou, Bénin

E-mail: gamadji@yahoo.fr, glele.romain@gmail.com, pierrevissoh@yahoo.fr

INTRODUCTION

Le riz fait l'objet d'une demande en augmentation croissante et sa production au Bénin, bien qu'étant passée de 16.545 tonnes en 1995 à 72.960 tonnes en 2007, laisse place à des importations massives (378.000 tonnes en 2005 et 350.000 tonnes en 2007) destinées à la consommation interne (60.000 tonnes environ) et aux réexportations (MAEP, 2012).

La riziculture se pratique dans des bas-fonds qui sont généralement non aménagés avec des rendements encore inférieurs à la moyenne nationale estimée à 3 tonnes à l'hectare. Ce faible rendement est une conséquence directe des pratiques agricoles non adéquates avec comme corolaire la toxicité ferreuse alors que la riziculture irriguée ou

inondée représente 80% de la superficie rizicole totale et occupe 92% de la population (Achim et Fairhurst, 2000). Les oligo-éléments comme le zinc, le manganèse et le fer qui interviennent en petite quantité pour maintenir la croissance normale de la plante, en quantité élevée, ces oligo-éléments sont nuisibles à la plante. La toxicité ferreuse est donc un problème important dans la riziculture en Afrique de l'ouest particulièrement au Bénin dans les bas-fonds dont la topographie y est favorable (WARDA, 2002). La perte moyenne de rendement due à la toxicité ferreuse atteint les 50% et en fait va de 10 à 100% (Masajo et al, 1986; Abifarín, 1988 et 1989). La toxicité ferreuse apparaît lorsque, sous l'effet réducteur du milieu, les bactéries mettent en place une respiration anaérobie libérant de grandes quantités d'ion ferreux (Fe^{2+}) dans la solution. Ces quantités d'ion ferreux

solubles entraînent un déséquilibre en éléments de la solution du sol qui se répercute au niveau de la plante (Bode et al, 1995). En raison du non aménagement de la plupart des bas-fonds de l'Afrique de l'Ouest, le drainage naturel est limité généralement par un encombrement de l'exutoire entraînant l'engorgement complet du bas-fond au cours de la saison des pluies. Ainsi, les conditions favorables (milieu réducteur des bas-fonds) sont souvent réunies pour l'expression de la toxicité ferreuse (Kosaki et al, 1986; Okusami, 1986). Alors que la perception du phénomène pourrait varier selon les acteurs (producteurs et techniciens), et que cette divergence peut créer des difficultés dans l'harmonisation des méthodes de lutte sur le terrain, la compréhension de la perception des producteurs permettra de mieux les comprendre et de mieux les associer à la lutte contre la toxicité ferreuse. Selon Assogbadjo (2005), la compréhension des connaissances des populations locales permet une meilleure gestion et une conservation durable des ressources naturelles. La compréhension des connaissances des populations locales permet d'appréhender les mécanismes qui gouvernent l'exploitation de la ressource, leur niveau de dépendance, les déterminants socioéconomiques des pratiques afin d'identifier celles qui militent en faveur de la gestion durable de la ressource et de l'amélioration des conditions de vie des acteurs. L'objectif principal de cette étude est d'étudier les perceptions locales de la toxicité ferreuse au niveau des bas-fonds rizicoles selon les régimes d'irrigation. Elle permettra d'identifier les techniques endogènes de lutte contre la toxicité ferreuse et de faciliter l'acceptation de leur amélioration.

1. Matériel et Méthodes

1.1. Milieu d'étude

L'étude a été conduite dans le sud Bénin et précisément dans le département de l'Atlantique (Figure 1), pays situé entre 6° et 12°50'N, 1° et 3°40'E en Afrique de l'Ouest. Cette portion du pays est contenue dans la zone guinéo-congolaise située entre 6°25' et 7°30'N. Au sud Bénin, 80% des bas-fonds subissent la toxicité ferreuse. Mais le Bas-fond d'Awokpa (commune de Zè), site semencier au sud Bénin du riz NERICA-L20 a été choisi car malgré l'aménagement sommaire du bas-fond, les producteurs continuent de subir la toxicité ferreuse. Le bas-fond d'Awokpa est drainé par un cours d'eau appelé localement Awo, un des bras d'un affluent de la rivière «Sô». Il est situé entre 2° 17' longitude Est et 6° 47' latitude Nord. Quatre saisons dont deux pluvieuses (Mars à Juillet ; Septembre à Novembre) et deux sèches (fin Novembre à Février ; Août) ont été identifiées. Le sol est hydromorphe avec une forte teneur en limon. Le bas-fond couvre une superficie de 72 ha dont 38 ha sont exploitées pour le riz en saison pluvieuse et 11,4 ha pour le maïs de contre saison.

1.2. Echantillonnage

L'échantillonnage a été exhaustif. Tous les soixante-deux (62) exploitants du bas-fond ont été enquêtés.

1.3. Définition des concepts

• Perception

Selon le Larousse (2015), le concept de perception tire son origine du vocable latin « perceptio » et se rapporte

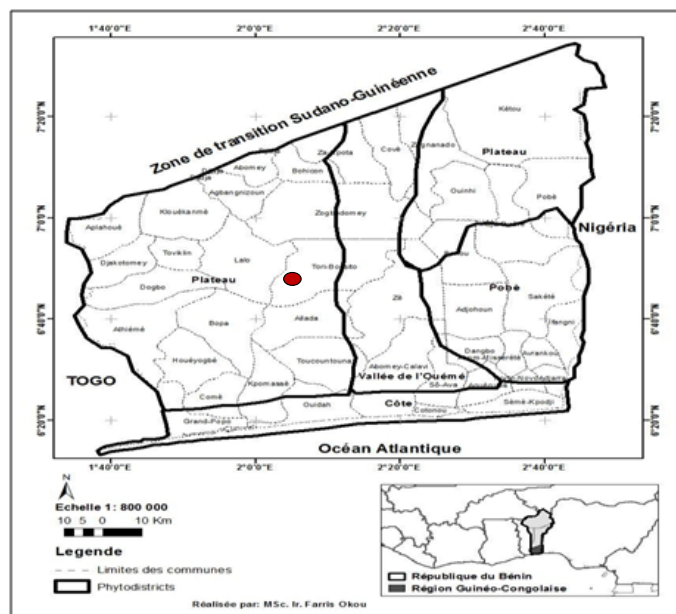


Figure 1: Carte de la zone d'étude ● = Zone d'étude

Source : Laboratoire d'Ecologie Appliquée/Bénin

à l'action et à l'effet de percevoir (recevoir au moyen de l'un des sens les images, les impressions ou les sensations externes, ou comprendre et connaître quelque chose). Selon Bourdieu et Delsaut (1981), la perception peut faire allusion à la connaissance, à l'idée ou à la sensation intérieure survenant d'une impression matérielle issue de nos sens. Pour la psychologie, la perception est la fonction qui permet à l'organisme de recevoir, d'élaborer et d'interpréter l'information que vient de l'entourage par le biais des sens. La définition selon laquelle, la perception est la connaissance, l'idée ou la sensation intérieure survenant d'une impression matérielle issue de nos sens, a été retenue et l'étude a été conduite en se référant à elle.

• Toxicité ferreuses

La toxicité ferreuse apparaît lorsque, sous l'effet réducteur du milieu, les bactéries mettent en place une respiration anaérobie libérant de grandes quantités d'ion ferreux (Fe^{2+}) dans la solution. Ces quantités d'ion ferreux solubles entraînent un déséquilibre en éléments de la solution du sol qui se répercute au niveau de la plante (Bode et al, 1995). La toxicité ferreuse se manifeste dans les rizières lorsque d'importantes quantités de fer (Fe^{2+}) sont mobilisées et accumulées dans la solution du sol, notamment au niveau du bas-fond. Ce fer peut provenir de la mise en solution in situ, dans le bas-fond lui-même, ou du transfert de fer solubilisé des pentes adjacentes du bas-fond. Dans les sols tropicaux de plateau, bien drainés, bien aérés, les teneurs en fer sont extrêmement faibles. Toutefois, des travaux ont mis en évidence l'influence que peut avoir la couverture végétale sur les processus de migrations du fer (Boquelet-Suavin, 1974 ; Audebert et al. 2006). Les litières peuvent libérer, directement ou par biodégradation, des acides organiques susceptibles de former des complexes organo-métalliques qui rendent possible la migration du fer vers des milieux comme les rizières où il précipiterait ensuite sous forme d'hydroxydes. Par ailleurs, le fer peut être entraîné dans le bas-fond par des transferts verticaux ou par le ruissellement et l'érosion, ou être présent dans les bas-fonds où il sera transformé en fer ferreux soluble (Diatta et al, 1998; ADRAO, 2002) qui

peut reprécipiter sous forme de complexes ferriques ou ferreux, ou sous forme d'hydroxydes ferriques (Figure 1.5) selon les paramètres physico-chimiques du milieu.

Dans la présente étude, la toxicité ferreuse a été assimilée à sa survenue qui se remarque par des pellicules brunâtres à la surface de l'eau. La toxicité de ce phénomène a été constatée par l'absence de tallage, la formation de faux grains (paddy vide) et le brunissement des feuilles des pieds de riz aux endroits où est constatée la présence des pellicules.

1.4. Traitement des données

1.4.1. Analyse de la perception locale de la toxicité ferreuse

Les perceptions des producteurs et leurs explications ont été collectées au moyen d'un questionnaire administré au cours d'un entretien semi-structuré (Michael et Togho, 2002). Cet entretien semi-structuré a été entrepris, d'Avril à Juin 2012, auprès de tous les exploitants du bas-fond et aussi auprès des personnes ressources (autorités politico-administratives, agents d'encadrement agricole) du village. Cette enquête a permis de collecter entre autres des données (période de manifestation de la toxicité ferreuse, les dégâts, l'ancienneté, les pratiques culturelles, la perception des producteurs, etc.) sur les manifestations de la toxicité ferreuse. A partir de ces informations, une matrice de données a été élaborée et a permis d'effectuer un test χ^2 d'indépendance pour voir si la survenue de la toxicité ferreuse dépend ou non des régimes d'irrigation à savoir : captage d'une partie de l'écoulement naturel des eaux, irrigation et drainage et l'inondation permanente.

1.4.2. Typologie des producteurs

La typologie des producteurs suivant la perception de la toxicité ferreuse a été effectuée après catégorisation des producteurs en se basant sur les facteurs (type de producteur et ancienneté). La catégorisation a été effectuée en croisant les deux facteurs. Une fois les catégories de producteurs connues, une typologie des producteurs a été effectuée au moyen d'une analyse factorielle des correspondances (AFC) avec le logiciel Minitab14. La matrice soumise à l'AFC était constituée des catégories de producteurs et des perceptions. Le nombre de composantes, nécessaires pour décrire la relation entre les perceptions et les catégories de producteurs, a été choisi pour conserver au moins 50% de l'information contenue dans la matrice de départ.

1.4.3. Effet de la toxicité ferreuse sur le rendement en riz paddy

La méthode de cailloux a été utilisée pour quantifier le taux d'infestation du riz à la toxicité ferreuse. Ainsi, au cours de l'enquête, chaque producteur a estimé sur 100 cailloux (cailloux = plant), le nombre de pieds de riz infestés dans sa parcelle.

La quantification du degré de toxicité du phénomène à chaque phase de développement du riz a été obtenue au cours de l'enquête. Chaque producteur a mentionné la phase de développement à laquelle il observe la toxicité ferreuse. Ainsi, la méthode de cailloux a été adaptée pour déterminer le taux de perte de la production. Sur une quantité de 10 kg de riz, la part perdue en cas de toxicité ferreuse au niveau de chaque stade développement a été estimée par chaque

producteur. Le taux de perte a donc été déterminé comme suit :

$$TP = \frac{P_i}{Q} * 100$$

TP = taux de perte ou de chute ; p_i = quantité de riz perdue au stade i et Q = quantité de riz obtenue à chaque stade en absence de la toxicité perdue.

Afin d'évaluer l'effet de la toxicité ferreuse sur le rendement en riz paddy, une analyse de la variance à deux facteurs (type de producteur et manifestation de la toxicité ferreuse) a été effectuée sur les données de rendement collectées au niveau des producteurs. Le modèle utilisé est le GLM (General Linear Model) avec le logiciel Minitab14. Les rendements en riz paddy de la campagne agricole passée (2011-2012) ont été fournis par chaque producteur (aussi bien les victimes de la toxicité ferreuse que ceux qui ne l'étaient pas) lors de l'enquête.

1.4.4. Identification des pratiques paysannes réduisant la toxicité ferreuse

L'identification des pratiques culturelles réductrices de la toxicité ferreuse a été faite dans le bas-fond pendant la période d'Avril à Juin 2012. Toutes les pratiques paysannes d'irrigation et de drainage des parcelles rizicoles ont été répertoriées au moyen de questionnaire et d'observations directes. Ces observations ont été faites sur des champs disponibles au moment des enquêtes. Une analyse de la variance à un facteur (type de pratiques) a été effectuée sur les taux d'infestation au moyen du logiciel Minitab14.

2. Résultats et Discussion

2.1. Caractéristiques socioprofessionnelles des producteurs

Les riziculteurs du bas-fond d'Awokpa sont majoritairement analphabètes (79%) et travaillent le bas-fond il y a en moyenne $4,30 \pm 0,44$ ans. La superficie cultivée par producteur toute catégorie confondue est de $0,61 \pm 0,08$ ha avec en tête les producteurs qui cultivent le riz destiné à la consommation. Plus des trois quarts (92%) des producteurs observent la toxicité ferreuse sur leurs parcelles et trouvent dans l'ensemble qu'elle empêche le tallage des plants de riz et entraîne un jaunissement des feuilles puis la mort des pieds de riz infestés. Elle se manifeste aussi bien chez ceux qui produisent pour la consommation que ceux qui produisent les semences. Alors que les producteurs de semence étaient plus longtemps en activité dans le bas-fond que ceux de la consommation, ils disposent en moyenne de moins de terre (-30%) que ces derniers. Comme l'ont indiqué les producteurs du bas-fond Awokpa, les pieds de riz victimes de la toxicité ferreuse ne tallent plus ne fructifient pas et meurent. Ces résultats corroborent ceux de Yamanouchi et Yoshida en 1981, Fairhurst et Witt en 2002, qui ont montré que les pieds de riz victimes de la toxicité ferreuse ne tallent et meurent si le phénomène n'a été prévenu.

Le test non-paramétrique de Kruskal Wallis effectué sur les données (scores) de perception a montré que le type de producteur (semencier ou producteur de riz de consommation) et l'ancienneté ont un effet significatif sur la perception de la toxicité ferreuse ($p=0,03$). Ainsi, la

catégorisation des producteurs a été faite en se basant sur ces deux variables. La pertinence de ces variables dans la catégorisation des producteurs résulte du fait qu'elles ont un effet significatif sur la perception de la toxicité ferreuse et qu'il est demandé aux producteurs de semences de riz beaucoup plus d'exigences techniques pour la certification des semences contrairement aux producteurs de riz pour la consommation. Ce croisement a donné 4 catégories de producteurs (Tableau I). Les producteurs pour la consommation représentent 49.2% des exploitants du bas-fond ; les producteurs de semence représentent la majorité des exploitants (50.8%), avec 18,0% et 32,8% respectivement pour les jeunes et les anciens producteurs de semence.

Tableau I : Répartition des enquêtés selon les catégories de producteurs

Catégorie	Proportion (%)
Anciens producteurs de riz pour la consommation	4,92
Jeunes producteurs de semences de riz	18,03
Anciens producteurs de semences de riz	32,79
Jeunes producteurs de riz pour consommation	44,26

2.2. Pratiques agricoles dans le bas-fond d'Awokpa

Les pratiques paysannes sont intimement liées aux différents modes d'irrigation pratiqués dans le bas-fond. Il a été identifié dans le bas-fond trois (03) modes d'irrigation à savoir :

- Ecoulement naturel des eaux et captage d'une partie des eaux : c'est une pratique que les producteurs ont adopté pour exploiter le bas-fond au-delà des endroits d'étalement des eaux. C'est un mode d'irrigation qui est observé au bord du bas-fond, en haut de pente et surtout au niveau des premiers casiers. Il consiste à capter une partie des eaux venues du plateau à l'aide des diguettes construites suivant les courbes de niveau.
- Drainage/irrigation : c'est une pratique que les producteurs ont adoptée pour évacuer l'excédent des eaux venues du plateau et du débordement des eaux de la rivière Awo et pour irriguer les casiers rizicoles en cas d'installation d'un trou de sécheresse. Elle consiste à installer des diguettes autour du casier pour retenir de l'eau en cas de nécessité et ouvrir un drain pour drainer les eaux excédentaires.
- Inondation permanente : c'est une pratique qui est observée au niveau des parcelles situées aux endroits où ni les principaux drains, ni les drains secondaires ne peuvent évacuer les eaux excédentaires vers la rivière Awo. Ce sont des parcelles qui se situent parfois en dessous du niveau de la rivière. La seule technique qui peut éviter l'accumulation de l'eau est un planage adéquat.

Le mode d'irrigation « Ecoulement naturel des eaux et captage d'une partie des eaux » est utilisé uniquement par 05 jeunes producteurs contre 57 autres producteurs qui ont des parcelles rizicoles au niveau des trois modes d'irrigation.

L'itinéraire technique (Tableau II) est pratiqué par 99,8% contre 0,2% des producteurs qui font un apport de fumure de fond. Cette part importante de pratiquants de l'itinéraire technique en vigueur devrait permettre une faible occurrence

de la toxicité ferreuse. En effet, la toxicité ferreuse ne sévit que sur les sols inondés en permanence par une réduction du fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{2+}) par la flore microbienne (Ponnamperuma, 1972). Mais l'inondation et la flore microbienne sont influencées par les pratiques culturales. Ce qui fait que la toxicité ferreuse sévit dans le bas-fond malgré la pratique du drainage dans l'itinéraire technique. En effet, le faible niveau d'aménagement des bas-fonds et la non maîtrise de la gestion de l'eau en Afrique de l'Ouest conduit à des drainages inadéquats et à la recrudescence de la toxicité ferreuse (Kosaki et al, 1986; Okusami, 1986 ; Audebert et Sahrawat, 2000).

Tableau II : Itinéraire technique du riz

Activités	Début	Durée (Jrs)	Observations
Préparation du sol (Défrichage et labour)	15 Juin	15	Après le défrichage et le labour, la litière est enlevée et mises sur les diguettes.
Pépinière	15 Juin	15	
Repiquage	1 Juillet	≤ 3	
1 ^{er} sarclage	15 Juillet	3	
2 ^e sarclage	1er aout	3	
3 ^e sarclage	15 aout	3	Si nécessaire
Epuration de semences	1 ^{er} septembre	1	Si nécessaire pour les semences
Lutte contre les ravageurs	1 septembre	5 30	Utilisation des épouvantails et gardiennage par les enfants
Drainage des casiers inondés	15 juillet 30 Septembre	75	Utilisation de canaux secondaires et drainage vers le lit du cours d'eau.
Récolte et séchage au champ	15 octobre	7	Pour le riz de consommation
Récolte	25 octobre	7	Pour le riz certifié
Battage et vannage	20 ou 25 octobre	2	
Séchage	25 octobre	3 à 5	
Triage et calibrage	25 octobre	3 à 5	semences certifiées
Conditionnement	-	1	Après séchage et triage
Stockage et conservation	-		Après conditionnement

Source : Enquête de terrain, 2012.

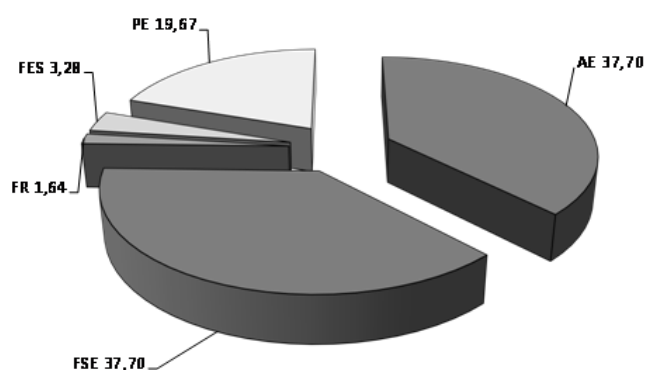
Bien que cette itinéraire technique soit pratiquée par la plus part des producteurs, il est à noter que les producteurs de semence observent une rigueur dans son application. Ils exécutent mieux les opérations de production et d'entretien des drains du lit mineur de la rivière. Ce qui favorise l'écoulement rapide des eaux et le drainage de leurs casiers. Cette exigence observée au niveau des producteurs

de semences ne sont pas aussi rigoureuses au niveau des producteurs du riz pour la consommation. Cette différence de rigueur dans l'application de l'itinéraire technique a conduit à leur catégorisation tout en tenant compte de leur ancienneté.

2.3. Perceptions locales de la toxicité ferreuse

Cette pellicule rougeâtre parfois violâtre observée à la surface de l'eau, selon les producteurs, est générée par le bas-fond. En ce moment-là, ils n'ont aucun intérêt à s'intéresser à la survenue du phénomène, à son développement et à son effet sur la production rizicole. Ces perceptions se résument aux résultats de l'effet de l'eau sur du fer contenu dans le sol (38,5%), l'accumulation de l'eau (38%), du soleil sur le fer dans l'eau (3%) et du fer ruisselé de l'amont (2%). Par contre, 19,5% des producteurs n'arrivent pas à expliquer la toxicité ferreuse (Figure 2).

Ces perceptions permettent de dire que les producteurs sont conscients que la stagnation de l'eau sur la parcelle est l'un des facteurs majeurs qui déclenche la survenue de la toxicité ferreuse. Les résultats de l'analyse de la variance montrent qu'il y a une différence significative ($p=0,008$) entre le nombre de répondants selon les perceptions.



AE = La toxicité ferreuse est la résultante d'une accumulation d'eau, FSE = La toxicité ferreuse est une conséquence de l'effet de l'eau sur du Fer contenu dans le sol, FR = Fer ruisselé, FES = La toxicité est la résultante de l'effet du soleil sur du Fer contenu dans l'eau et PE = Pas d'explication

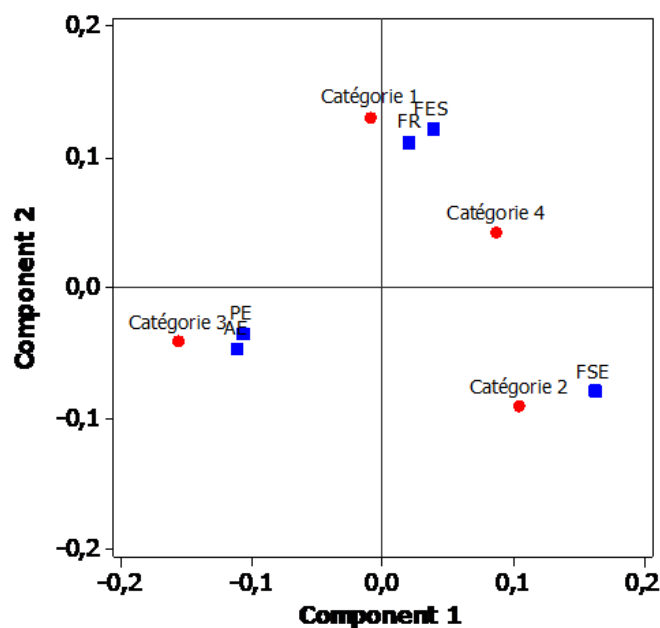
Figure 2: Perceptions locales de la toxicité ferreuse

Tableau III : Comparaison des perceptions des producteurs à celles scientifiques

Perceptions	Définitions	Référence issue de la bibliographie	Différences	Propositions de stratégies au vu de la perception des producteurs du bas-fond
FR (Fer ruisselé)	Le fer peut provenir des plaines par ruissellement ou même par percolation naturelle ou le ruissellement des pistes adjacentes.	La toxicité ferreuse se manifeste dans les rizières lorsque d'importantes quantités de fer (Fe ²⁺) sont mobilisées et accumulées dans la solution du sol. Ce fer peut provenir du bas-fond lui-même ou du transfert de fer solubilisé des pentes adjacentes puis sera transformé en fer ferreux soluble (Diatta et al, 1998; ADRAO, 2002 ; Majerus et al, 2007). Toutefois, les litières peuvent libérer par biodégradation des acides organiques susceptibles de former des complexes organo-métalliques qui rendent possible la migration du fer vers des milieux comme les rizières où il précipiterait ensuite sous forme d'hydroxydes (Boquel et Suavin, 1974).	La réponse des producteurs est juste au regard de la référence. Mais au vu de l'itinéraire technique mise en œuvre dans le bas-fond, la litière et les résidus de récolte sont systématiquement enlevés et mis sur les diguettes.	Curage du lit de la rivière et des drains pour faciliter l'écoulement des eaux ruisselées. La mise en place de drains pour permettre à l'eau de ruissellement de rejoindre le lit du cours d'eau. La mise en place d'un drain de ceinture du bas-fond pour envoyer les eaux du plateau chargées de fer vers la rivière en aval de la partie exploitée du bas-fond.

2.4. Perceptions de la toxicité ferreuse selon les catégories de producteurs

Une Analyse des perceptions de la toxicité ferreuse (Figure 3) montre que les anciens producteurs de riz pour la consommation et les jeunes producteurs de semences la perçoivent comme étant l'effet du fer ruisselé de l'amont et qui sous l'effet du soleil donne la toxicité ferreuse. Par contre, pour les jeunes producteurs de riz de consommation, la toxicité ferreuse est l'effet de l'accumulation de l'eau. Les anciens producteurs de semence pensent qu'elle est le résultat de l'effet de l'accumulation de l'eau sur du fer contenu dans le sol. Le tableau III fait ressortir les différences entre les perceptions des producteurs et celles de la science. Les producteurs perçoivent la toxicité ferreuse comme le contact entre le fer et l'eau pendant un temps suffisant pour observer les pellicules à la surface de l'eau. Mais les causes de la toxicité ferreuse sont nombreuses et variées.



AE = La toxicité ferreuse est la résultante d'une accumulation d'eau, FSE = La toxicité ferreuse est une conséquence de l'effet de l'eau sur du Fer contenu dans le sol, FR = Fer ruisselé, FES = La toxicité est la résultante de l'effet du soleil sur du Fer contenu dans l'eau et PE = Pas d'explication.

Figure 3 : Projection des perceptions et des catégories de producteurs dans un référentiel à deux dimensions.

FES (La toxicité est la résultante de l'effet du soleil sur du Fer contenu dans l'eau)	Le riz étant exigeant en eau, les riziculteurs limitent l'évacuation de l'eau pour la retenir dans les parcelles et par conséquent créent des conditions optimales pour le développement de la contrainte. Les rayons solaires accélèrent le métabolisme des bactéries et par conséquent la réduction du fer.	La toxicité ferreuse se manifeste dans les rizières lorsque d'importantes quantités de fer (Fe ²⁺) sont mobilisées et accumulées dans la solution du sol, notamment au niveau du bas-fond (BONGOUA DEVISME, 2009).	Le producteur n'explique que la manifestation du phénomène.	Il est important de mieux expliquer le phénomène à cette catégorie de producteurs afin de les amener à réduire la survenue de ce phénomène. Il faut un drainage et utiliser le phosphore pour corriger la toxicité ferreuse (Hodomihou et al. 2011).
AE (La toxicité ferreuse est la résultante d'une accumulation d'eau)	La différence avec la précédente perception est qu'il y a absence de rayons solaires.		La réponse des producteurs n'est qu'une des causes de la survenue de la toxicité ferreuse.	
FSE (La toxicité ferreuse est une conséquence de l'effet de l'eau sur du Fer contenu dans le sol)	En plus de la précédente perception, les producteurs comparent la toxicité ferreuse à l'effet de l'eau sur la lame de la houe, lorsque celle-ci séjourne dans l'eau pendant un certain temps. Il y apparaît à la surface de l'eau de pellicule résultante de la réduction du fer.			
PE (Pas d'explication)	Ils en sont victimes mais ne peuvent l'expliquer	-	-	

2.5. Effet des régimes d'irrigation sur la perception de la toxicité ferreuse

Le test d'indépendance χ^2 de Pearson réalisé sur les perceptions et les régimes d'irrigation a montré que la perception de la toxicité ferreuse ne dépend pas ($p=0,829$) du régime d'irrigation. Cette nondépendance entre les perceptions et les régimes d'irrigation pourrait être expliquée par le fait que la toxicité ferreuse dépendrait d'autres facteurs plus importants. En effet, la recrudescence de la toxicité ferreuse dépend principalement des facteurs comme le taux d'argile/limon, la quantité de Fe échangeable, le pH du sol et la présence de facteurs de stress nutritif. Une large gamme de sols cultivés sont potentiellement toxiques si les conditions physico-chimiques sont remplies telles que les sols acido-sulfuriques (Tinh, 1999); les sols argilo-acides (Deturck, 1994), et les bas-fonds recevant de l'eau venant de l'amont (Sahrawat et Diatta, 1995). Dans les bas-fonds, la concentration en ion ferreux dépend des conditions morphologiques et pédoclimatiques. Il ressort très clairement que la survenue de la toxicité ferreuse dépend des conditions physicochimiques du sol soumises à une stagnation d'eau à moyen et long terme et non aux régimes d'irrigation (Ponnamperuma, 1972 ; Kosaki et al, 1986; Okusami, 1986 ; Audebert et Sahrawat, 2000). L'impact des régimes d'irrigation sur la survenue de la toxicité pourrait être évalué en investiguant leur effet sur les paramètres physicochimiques du sol du bas-fond.

2.6. Effet de la toxicité ferreuse sur le rendement en riz paddy

Le taux d'infestation à la toxicité ferreuse varie de 40 à 100% (Tableau IV) sur le bas-fond. Cette variation du taux d'infestation dépend de la profondeur du réceptacle qui est généralement à la base de la survenue précoce ou non du phénomène de la toxicité ferreuse.

La survenue de la toxicité ferreuse avant le tallage du riz a un effet très néfaste sur sa production qui peut chuter de 80 à 100% (Tableau IV). Si le réceptacle n'est pas si profond et que la survenue de la toxicité ferreuse est tardive et

Tableau IV : Effet de la toxicité ferreuse sur la production

Période de la survenue de la toxicité ferreuse	Nombre de producteurs	Taux d'infestation des pieds de riz (%)	Perte de production (%)
Absence de toxicité ferreuse	5	-	-
Avant tallage	8	40	80 à 100
Après tallage	39	80	40
Floraison	18	100	0 à 10

observée après le tallage, le taux d'infestation est faible et peut varier de 40 à 60% engendrant un effet moyen ou faible sur la production. Mais la survenue de la toxicité ferreuse après la floraison selon les producteurs n'a pratiquement pas d'effet sur la production. Une analyse de la variance sur les rendements en riz paddy a montré (Tableau V) qu'il

Tableau V : Analyse de la variance des Rendements selon la manifestation de la toxicité ferreuse et les catégories de producteurs.

Source	Degré de liberté	Somme des carrés des écarts	Carré moyen ajusté	Statistique F de Fisher-Snedecor	Probabilité
Victime de la toxicité ferreuse	1	4.161	3.788	3.06	0.085
Catégorie de Producteur	1	0.273	0.000	0.00	0.990
Victime de la toxicité ferreuse * Catégorie de Producteur	1	0.307	0.307	0.25	0.620

n'y a pas une différence significative ($p=0,085$) entre les producteurs. En effet, la pratique du drainage effectué par les victimes de la toxicité ferreuse a amélioré le rendement. Mais les rendements les plus élevés s'observent avec les producteurs qui ne sont pas victimes de la toxicité ferreuse (Tableau VI). Aussi, la catégorie de producteurs n'influence pas le rendement en riz paddy ($p=0,99$) étant donné que les deux catégories ont les mêmes pratiques culturales. Mais le

Tableau VI: Rendements moyens (tonnes/ha) selon les victimes ou non de la toxicité ferreuse

Variable	Types de Producteurs		Moyen	Erreur type
	Victimes	Non victimes		
Victimes	Consommation		3.864	0.134
	Semence		3.665	0.188
Non victimes	consommation		4.375	0.528
	Semence		4.58	1.82

drainage n'est pas pratiqué de la même manière par tous les producteurs. Ce qui fait que le taux d'infestation va jusqu'à 100% dans des parcelles. A la période de conduite de la présente étude, il était difficile de trouver dans le milieu une victime qui n'a pas du tout pratiqué le drainage et qui aurait servi de bon témoin pour prouver l'efficacité du drainage. Par ailleurs en république du Togo, l'évaluation des rendements de 15 variétés de riz dans le bas-fond de Amou-Oblo en 2000 sur des parcelles saines et en 2001 sur des parcelles avec toxicité ferreuse a montré une perte entre 35,8 et 79,8% selon les variétés (Abdoul, 1997 ; Aboa, 2006). Il faut remarquer que les parcelles avec toxicité ferreuse au Togo n'ont pas bénéficié de drainage car c'était une expérimentation qui évaluait l'effet du phénomène sur les rendements de 15 variétés de riz.

2.7. Pratiques paysannes réduisant la toxicité ferreuse

Les pratiques qui permettent de réduire cette toxicité sont l'ouverture de drains principaux et secondaires (les drains principaux sont ouverts au niveau du lit mineur et ceux secondaires au niveau des casiers) et du curage des drains et du lit de la rivière. L'analyse du tableau VII a montré que c'est une partie des jeunes qui n'étaient pas victimes de la toxicité ferreuse alors que tous les autres producteurs en sont victimes. Selon la répartition des parcelles dans le bas-fond, chaque producteur a de parcelles au début du bas-fond, au milieu et au bord de la rivière Awo selon la topo-séquence du bas-fond. Il n'est pas possible selon cette répartition qu'un producteur ne soit pas victime de ce phénomène. Ceux qui ne le sont pas sont les jeunes producteurs qui viennent d'intégrer l'exploitation du bas-fond et à qui il est attribué des parcelles en haut de pente puis qu'ils ne disposaient de moyen nécessaire pour l'exploitation des parcelles à mi et en bas de pente.

Tableau VII Répartition des producteurs victimes de la toxicité ferreuse

Catégorie	Proportion producteurs (%)	
	Victimes	Non victimes
Anciens producteurs pour la consommation	4.92	0
Jeunes producteurs de semences riz	16.42	1.61
Anciens producteurs de semences riz	32.79	0
Jeunes producteurs pour la consommation	37,81	6,45

Dans le bas-fond d'Awokpa, la toxicité ferreuse touche 92% (soit 57 producteurs) des producteurs contre 8% qui n'en sont pas victimes. La principale pratique paysanne identifiée dans le bas-fond pour limiter son effet néfaste est le drainage, utilisé par tous les producteurs victimes. Selon les enquêtés, si les opérations de drainage ne sont pas exécutées au cours de l'année et l'entretien des ouvrages suivi quotidiennement, alors le phénomène s'installe durablement et affecte les paramètres de production. Cette pratique paysanne rejoint celle proposée par UNDP et al (1977), qui ont montré que le drainage est une méthode qui réduit la prévalence de la

toxicité ferreuse. Le tableau VII montre que les anciens producteurs de semence de riz sont plus victimes de la toxicité ferreuse du fait qu'ils choisissent des parcelles de bas de pente pour leur degré élevé de fertilité. Par contre, les jeunes producteurs pour la consommation, du fait de leur récente installation dans le bas-fond, se contentent des parcelles du haut de pente qui sont les plus disponibles.

CONCLUSION

La perception de la toxicité ferreuse par les populations locales au Sud-Bénin dans le bas-fond d'Awokpa se résume essentiellement à la manifestation du fer dans l'eau avec l'effet du soleil, par la survenue d'une pellicule rougeâtre ou violâtre en surface de l'eau. Elle se limite aussi au comportement des plants du riz et à leur productivité dans les zones infestées du phénomène. Elle dépend également de l'ancienneté des producteurs. La pratique paysanne locale pour réduire les effets de la toxicité ferreuse est le drainage. Il est efficace en ce sens qu'elle permet d'avoir un rendement moyen égal à celui des parcelles nonvictimes de la toxicité ferreuse. Mais étant donné la recrudescence de la toxicité ferreuse dans le bas-fond d'Awokpa, il devient urgent d'intégrer d'autres stratégies de lutte au nombre desquelles :

- L'utilisation du phosphate naturel à une dose de 120 kg/ha pour corriger la toxicité ferreuse (Hodomihou et al, 2011).
- L'utilisation de variétés de riz résistantes à la toxicité ferreuse telle que la variété TOX 3100-44-1-2-3-3 (WARDA, 2002).

Ces mesures doivent faire objet d'une étude afin d'identifier les facteurs pouvant favoriser leur adoption.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdoul KC. 1997. Rapport d'activité. Institut de Recherche Agronomique de Guinée.

Abifarin AO. 1988. Grain yield loss due to iron toxicity. WARDA Technical Newsletter 8 (1), 1-4.

Abifarin AO. 1989. Progress in breeding rice for tolerance to iron toxicity. In: WARDA Annual Report 1989. Bouaké, Côte d'Ivoire: West Africa Rice Development Association. pp 34-39.

Aboa and SY Dogbe 2006. Effect of iron toxicity on rice yield in Theamou-oblo lowland in togo. In: Iron Toxicity in Rice-based Systems in West Africa. AfricaRice Center (WARDA), Cotonou, Bénin. 1-5 pp.

Achim D et T Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient Disorders and Nutrient Management handbook International Rice Research Institute and Potash and Phosphate Institute.

ADRAO, 2002. Rapport annuel 2001-2002. Points saillants des activités, ADRAO / WARDA. Bouaké, Côte d'Ivoire, 29-37.

Assagbadjo A. E., Sinsin B., Codjia J.T.C. & Van Damme P. (2005). Ecological diversity and pulp, seed and kernel production of the baobab (*Adansoniadigitata*) in Benin. Belgian. Journal of

Botany 138 (1): 47-56.

Audebert A and KL Sahrawat. 2000. Mechanisms for iron toxicity tolerance in lowland rice. *J. Plant Nutr.* 23, 1877-1885.

Audebert, A., Narteh, L. T., Kiepe, P., Millar, D. & Beks, B. (2006). Toxicité ferreuse dans les systèmes à base riz d'Afrique de l'ouest. ADRAO, Cotonou, Bénin, 196 p.

Bode K, Doring O, Lüthje S and M Böttger. 1995. Induction of iron toxicity symptoms in rice (*Oryza sativa* L.). *Mitteilungen des Institutes für Allgemeine Botanik der Universität Hamburg* 25: p.35-43.

Boquel G, Suavin L, 1974. Solubilisation du fer par deux souches bactériennes en présence de litière de Teck. *Revue d'écologie et de biologie du sol*, 11, n°2, 187-195.

Bourdieu Pierre et Delsaut Yvette. 1981. Pour une sociologie de la perception. In: *Actes de la recherche en sciences sociales*. Vol. 40, novembre 1981. Sociologie de l'œil. pp. 3-9.

Deturek P. 1994. Iron toxicity to rainfed lowland rice in Sri Lanka. KULFLTB, Leuven, Belgium. 162 p.

Diatta S, Audebert A, Sahrawat KL and S Traoré. 1998. Lutte contre la toxicité ferreuse du riz dans les bas-fonds. Acquis de l'ADRAO dans la zone des savannes en Afrique de l'Ouest. Aménagement et mise en valeur des bas-fonds au Mali, 21-25/10/96, Sikasso, Mali. CIRAD-CA.

Diatta S, Audebert A, Sahrawat KL, Traoré S, 1998. Lutte contre la toxicité ferreuse du riz dans les bas-fonds. Acquis de l'ADRAO dans la zone des savanes en Afrique de l'Ouest. Aménagement et mise en valeur des bas-fonds au Mali. Sikasso, Mali, CIRAD-CA, 363-371.

Fairhurst TH and C Witt. 2002. *Rice: A practical guide to nutrient management*. Manila, The Philippines: International Rice Research Institute.

Hodomihou RN, Agbossou EK, Amadji GL, Nacrao HB, 2011. Effets de différentes doses de phosphate naturel sur la réduction de la toxicité ferreuse des sols du bas-fond de Niaouli au sud Benin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(6), 2278-2290.

Kosaki T and ASR Juo. 1986. Iron toxicity of rice in inland valleys: a case from Nigeria. IITA Ibadan. In: *Wetlands and rice*. pp 167-172.

Larousse .2015. Eds : Larousse. Paris, France.

MAEP (Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche). 2012. Plan stratégique de relance du secteur agricole, Bénin, p 10.

Majerus V, Bertin P, Lutts S, 2007. Effects of iron toxicity on osmotic potential, osmolytes and polyamines concentrations in the African rice (*Oryza glaberrima* Steud.). *Plant Science*, 173(2), 96-105.

Masajo TM, Alluri K, Abifarin AO and D Jankiram. 1986. Breeding for high and stable yields in Africa. In: *The Wetlands and Rice in Sub-Saharan Africa*. ASR Juo and JA Lowe (Eds). Ibadan, Nigeria: International Institute of Tropical Agriculture. pp 107-114.

Michael B. Vabi et Togho L. Mukon. 2002. Méthode accélérée de recherche participative. pp 9-10

Okusami TA. 1986. Properties of some hydromorphic soils in West Africa. In: *The Wetlands and Rice in Sub-Saharan Africa*. ASR Juo and JA Lowe (Eds). Ibadan, Nigeria: International Institute of Tropical Agriculture. pp 59-65.

Ponnamperuma FN. 1972. The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy* 24, 29-96.

Sahrawat KL and S Diatta. 1995. Nutrient management and season affect soil iron toxicity. *Annual Report 1994*. Bouaké, Côte d'Ivoire: West Africa Rice Development Association. p 34-35.

Tinh TK. 1999. Reduction chemistry of acid sulphate soils: Reduction rates and influence of rice cropping. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria* 206, Uppsala, Sweden.

UNDP/FAO/ IITA 1977. *Annual Report*. Sierra Leone Rice Project, 1977, 50p.

WARDA 2002. *Annual Report*. 200p.

Yamanouchi M and S Yoshida. 1981. Physiological mechanisms of rice's tolerance for iron toxicity. Paper presented at the IRRI Saturday Seminar, June 6, 1981. Manila, Philippines: International Rice Research Institute.