



Revue de littérature des céréales cultivées et produites dans le Nord de la Côte d'Ivoire : Cas des spéculations Maïs (*Zea mays* L.), Mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), Sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Kouakou Romaric KOUAKOU^{1*}, Hugues Annicet N'DA¹, Achi Laurent N'CHO¹

¹Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Direction Régionale de Korhogo, Station de recherche de Ferkessedougou, Côte d'Ivoire

²Chargé de Recherche CAMES, CNRA. Chef de Programme Maïs, Mil, Sorgho de la station de Recherche de Ferkessedougou (Génétique / Sélection)

³Chargé de Recherche CAMES, CNRA, Chercheur, Phytopathologie au programme Maïs, Mil, Sorgho, Fonio /défense des cultures (Physiologie et Physiopathologie Végétales)

***Auteur correspondant**, E-mail : kromaricdesoka@gmail.com. Cel : (+225) 07 49 79 07 12. Attaché de Recherche CNRA, Chercheur au programme Maïs, Mil, Sorgho, Fonio (Agronomie / Physiologie)

Hugues Annicet N'DA : E-mail : ndahuguesannicet@gmail.com. Cel : (+225) 07 08 99 56 05, laurentncho6@yahoo.fr. Cel : (+225) 07 57 87 64 88.

Mots clés : Céréale, Maïs, Mil, Sorgho, Côte d'Ivoire

Keywords: Cereal, Corn, Millet, Sorghum, Côte d'Ivoire

Submitted 10/02/2024, Published online on 05/06/2024 in the [Journal of Animal and Plant Sciences \(J. Anim. Plant Sci.\) ISSN 2071 – 7024](#)

1 RÉSUMÉ

Le maïs, le mil et le sorgho se trouvent être caractéristiques des systèmes de culture les plus dominants dans le Nord du pays. Adaptés aux conditions édaphiques et climatiques difficiles concernant le mil et le sorgho, ils pourraient bien suppléer aux déficits alimentaires et nutritionnelles induits par les changements climatiques du contexte. Cependant, bien que la recherche sur ces céréales ait fait l'objet d'une production abondante d'articles de recherche depuis plusieurs décennies, il est aisé de constater que la plus part de ces études ont abordé des thèmes sur la conservation de la diversité des ressources génétiques, la sélection et la création variétale, la recherche des variétés résistantes (ou tolérantes) à la sécheresse et ou au *striga*, l'amélioration des itinéraires techniques, des systèmes de cultures (association ou rotation avec les légumineuses, déterminations des précédents culturaux) et mode de production (65 % billon ou buttes, 22 % plat et en poquet, 13% à plat et à la volée), la défense des cultures, la fertilisation des sols et la nutrition des plantes. Des enquêtes ont été menées sur l'état des lieux et gestion des semences en 2015 avec la coexistence de deux systèmes semenciers (paysan ou informel et étatique ou formel). La filière maïs mil sorgho a été diagnostiquée (2013 - 2014 - 2020). La valorisation des produits de récoltes, les potentialités fourragères ainsi que l'alternative de l'association de ces céréales à des champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) ont été très peu abordés dans la littérature scientifique. Chez le mil et le sorgho, l'étude sur les gènes encodant l'adaptation au changement climatique (découverte du gène PHYC chez le mil et la stérilité mâle cytoplasmique), l'utilisation de gènes de nanisme et de l'apomixie pour fixer la vigueur hybride restent à approfondir. Ce travail, basé sur une ample revue de littérature vise à dresser un panorama des grandes thématiques de recherche sur ces spéculations d'une part et à dégager les



perspectives d'autre part. Cette synthèse bibliographique offre une large vision des travaux de recherche conduits dans la sphère scientifique nationale et permet de mieux orienter les futures recherches à mener dans le domaine de la production de ces céréales.

Literature review of cereals grown and produced in the North of Côte d'Ivoire : Case of Corn (*Zea mays* L.), Millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br), Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) speculations

ABSTRACT

Corn, millet and sorghum are increasingly exploited as plants for several purposes (human food, animal food, raw materials of industries). In order to ensure food and nutritional security in Côte d'Ivoire, these three crops are characteristic of the most dominant farming systems in the north of the country. Adapted to the difficult edaphic and climatic conditions concerning millet and sorghum, they could well make up for the food and nutritional deficits induced by climate changes in the context. However, although research on these cereals has been the subject of an more production of research articles for several decades, it is easy to see that most of these studies have addressed topics on the conservation of diversity, genetic resources, selection and varietal creation, research into varieties resistant (or tolerant) to drought and/or striga, improvement of technical itineraries, cropping systems (association or rotation with legumes, determination of precedents crops) and production method (65% ridges or mounds, 22 % flat and in pockets, 13% flat and broadcast), crop defense, soil fertilization and plant nutrition. Surveys were carried out on the inventory and management of seeds in 2015 with the coexistence of two seed systems (farmer or informal and state or (formal). The corn millet sorghum sector was diagnosed (2013 - 2014 - 2020). The valorization of harvest products, the fodder potential as well as the alternative of combining these cereals with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) have been very little discussed in the scientific literature. In millet and sorghum, the study on the genes encoding adaptation to climate change (discovery of the PHYC gene in millet and cytoplasmic male sterility), the use of dwarfing and apomixis genes to stare the hybrid vigor remains to be explored further. This work, based on an extensive literature review, aims to provide an overview of the major research topics on these speculations on the one hand and to identify perspectives on the other hand. This bibliographic synthesis offers a broad vision of the research work carried out in the national scientific sphere and helps to better guide future research to be carried out in the field of the production of these cereals.

2 INTRODUCTION

D'après les prévisions du Conseil international des céréales publiées le 20 juillet 2023, la production du maïs durant la campagne 2022 - 2023 devrait être supérieure à 64 millions de tonnes (CIC, 2023). Le sorgho connaît également une hausse (plus de 8 millions) ainsi que le mil (plus de 40 000 t). Les céréales constituent la base de l'alimentation pour la majorité des populations, qu'elles soient consommées en grains, en farine, en beignet ou en bouillie. En 2021, la production nationale

céréalière a représenté 33,2 % du niveau national de production des cultures vivrières estimé à 11,4 millions de tonne. Parmi ces céréales, la production de maïs, mil et sorgho a été estimée ensemble à 1 277 000 tonnes (FAOSTAT, 2021). Contrairement au riz et au maïs qui sont cultivés dans toutes les régions agro-écologiques de la Côte d'Ivoire, le mil et le sorgho sont traditionnellement cultivés dans la région du Nord entre le 8° et le 11° degré de latitude Nord. Ces céréales (riz, maïs, mil et sorgho) sont



produites pour les besoins alimentaires des ménages ainsi que ceux des marchés locaux et internationaux (Akanza, 2022). De plus, les résidus de récolte de céréales sont aussi utilisés comme source importante de fourrage pour l'alimentation des animaux d'élevage, l'une des principales activités pratiquées dans le Nord de la Côte d'Ivoire. En raison de la forte pression foncière, l'augmentation du rendement par unité de surface reste le principal défi pour augmenter la production agricole (Akanza, 2018). L'agriculture est alors de plus en plus intensive avec des intrants coûteux (variétés améliorées, produits phytosanitaires, engrais chimiques, matériel d'irrigation). L'utilisation des produits chimiques en agriculture peut être la cause de graves problèmes environnementaux (Zhang *et al.*, 2004 ; Akanza, 2022) telles que la pollution des eaux souterraines par le nitrate dans les sols (Ju *et al.*, 2006), l'émission de gaz à effet de serre dans l'air (Zhang *et al.*, 2012), et l'acidification du sol (Blumenberg *et al.*, 2013). Pour contribuer à

la sécurité alimentaire et environnementale, il convient de rechercher les meilleures pratiques de gestion des terres cultivables avec des systèmes de culture appropriés aux marchés locaux et internationaux. Or, jusque-là aucune étude assez poussée n'a été menée pour faire l'état des lieux des travaux réalisés en Côte d'Ivoire ainsi que sur la production en champ de ces céréales utiles à l'alimentation humaine et animale. L'absence de telles informations est préjudiciable à la préservation des systèmes de cultures, de l'instauration d'une agriculture durable et à la sécurité alimentaire dans notre pays. Ce travail n'a pas la prétention de faire un état de l'art exhaustif des études menées, mais plutôt de donner un aperçu général des aspects les plus abordés jusqu'à présent chez ces spéculations dans le but de mieux appréhender les nouveaux enjeux qui motivent une valorisation de plus en plus importante des pratiques culturelles en Côte d'Ivoire septentrionale.

3 IMPORTANCES ET STATISTIQUES DE PRODUCTION

Le maïs constitue la deuxième céréale la plus cultivée et consommée après le riz. Il est très largement utilisé dans l'alimentation humaine et animale (Kimou, 2019). Sa culture est raturée dans toutes les régions agroécologiques du pays. La production moyenne nationale a été estimée, en 2021 à 1 140 000 tonnes (FAOSTAT, 2021). Dans les savanes de la Côte d'Ivoire, elle connaît une hausse depuis 2021 en termes de quantité produite et de rendement. Par exemple, elle est passée de 158 022 t avec un rendement de 2000 kg/ha en 2021 à 257 481t et 3500 kg/ha en 2023 dans la région du Tchologo (*Figure 1 et 2*). Les quantités produites sont pratiquement autoconsommées. Sa consommation se fait essentiellement sous forme de farine (92 %) et à l'état frais. Selon N'da *et al.*, 2014, il sert de matière première pour certaines industries (brasserie, savonnerie, huilerie). Le mil occupe la sixième place parmi les céréales les plus importantes au monde (JAICAF, 2009). Au moins 500 millions de personnes dépendent du mil pour leur survie (Saïdou, 2011). La culture du mil couvrait plus de 29 855 214 ha en 2022 dans

le monde (FAOSTAT, 2022). Elle se répartit principalement dans les zones arides et semi-arides de l'Afrique avec 21,12 millions d'hectares cultivés pour une production de 15 millions de tonnes (Nambiar *et al.*, 2011). Le mil représente une céréale de base pour les populations des zones arides et semi-arides. En outre, la valeur énergétique du mil est l'une des plus élevées parmi les céréales (Hamadou *et al.*, 2017). Ainsi, le mil fait l'objet de multiples usages selon les zones géographiques et les pratiques socioculturels. Ces usages vont de la transformation du grain comme ressource alimentaire ou médicinale à la valorisation de la paille (chaume). Il sert aussi d'œuvres d'art ou fourrage en passant par les usages comme biocarburant ou bois de chauffage (Béninga *et al.*, 2014). Sa production est estimée à environ 67 000 t / an pour une demande nationale de 120000 t (CNRA, 2022). Il joue un rôle important dans l'alimentation notamment infantile. La culture du mil est pratiquée dans toutes les zones de production (Dutordoir, 2006). En effet, le mil est cultivé sur plus de 65%



de la superficie emblavée et constitue 75 % de la production céréalière totale du pays (Soler *et al.*, 2008 ; IRD, 2009). Les statistiques sur la production du mil dans le Tchologo de 2022 à 2023 (Figure 2) montrent de faible valeur aussi bien au niveau de la quantité produite (200 t avec un rendement de 976 kg/ha) que la superficie emblavée (205 ha). Les principaux pays producteurs en Afrique sont, par ordre d'importance décroissante : le Nigéria, le Niger, le Burkina Faso, le Tchad, le Mali, la Mauritanie et le Sénégal. Dans cette partie du monde, le Soudan et l'Ouganda sont les plus gros producteurs (Grema, 2002). À l'instar du mil, le sorgho est une denrée alimentaire recommandée dans les régions les plus pauvres du monde et où la sécurité alimentaire est la plus menacée (Dempewolf, 2014 ; Peerzada *et al.*, 2017 ; IRD, 2010 ; Manssour *et al.*, 2014 ; Kafando *et al.*, 2023) et où la pauvreté des sols est un facteur limitant (Koffi *et al.*, 2011). En Côte d'Ivoire, il est une source majeure d'alimentation pour les populations des savanes. Il est la cinquième céréale cultivée dans le monde (CIRAD ; 2019). En 2018, la production mondiale est estimée à 58,9 millions de tonnes avec un rendement de 1,43 million de tonne / ha et une superficie totale de 41,3 millions d'hectare cultivée. La production totale de sorgho du continent africain, durant la campagne 2021/2022, serait de 26 280 474,74 t (FAOSTAT, 2022). Un peu plus de 40 % de cette production est destinée à l'alimentation humaine principalement en Afrique et en Asie où il est consommé en grain entier, comme le riz, en semoule et en farine (sans gluten), ou, après transformation, sous forme de sucre, ou malté et fermenté, sous forme d'alcools (bière, spiritueux, ; www.sorghum-id, 2018) ou animale (ensilage, fourrage, aliments de volailles). Les principaux pays exportateurs sont les États-Unis,

l'Argentine, l'Australie. Les importateurs sont la Chine, le Japon et le Mexique (FAO, 2017). Le sorgho occupe le troisième rang des graminées céréalières les plus cultivées et consommées du pays, en raison d'une production nationale estimée à 63 000 t/an pour une superficie emblavée de 88752 ha (FAO, 2017). La culture du sorgho est en forte baisse d'intérêt en Côte d'Ivoire où les superficies sont passées de 200 000 ha dans les années 1980 à 20 000 ha en 2012 et encore moins en 2023 (CNRA, 2022). En revanche, dans l'une des principales zones de production, les statistiques révèlent une légère hausse. De 1417 tonnes avec un rendement de 844 kg/ha et une superficie de 1679 ha en 2022 on est passé à 1790 tonnes, 997kg/ha et 1796 ha en 2023 (Figure 1 et 2). Il est également utilisé dans le domaine des énergies vertes (biogaz, éthanol-carburant, bioplastiques, biomatériaux (Chantereau *et al.*, 2013 ; Castro *et al.*, 2015 ; Renzede *et al.*, 2017). L'utilisation finale de la plante dépend en général du type de sorgho. Aujourd'hui, l'Europe découvre ses vertus gustatives et diététiques. Nutritif, il est riche en protéines, fer, vitamine B6. Energisant, riche en antioxydants, sans gluten donc sans danger pour les allergies, c'est également une source de fibres alimentaires et de potassium (www.sorghum-ID, 2018). Au-delà de ces valeurs nutritives et énergétiques, le sorgho regorge d'énormes intérêts agroécologiques et services environnementaux tels que l'amélioration et la conservation des sols, limitation et remédiation des pesticides, détoxification des sols pollués (Balole *et al.*, 2006 ; Kéita, 2019). À cela s'ajoute l'utilisation de son caractère allélopathique. Le sorgho mature contient un certain nombre de substances chimiques solubles dans l'eau et qui peut être utilisés comme herbicides (Hamadou *et al.*, 2017).

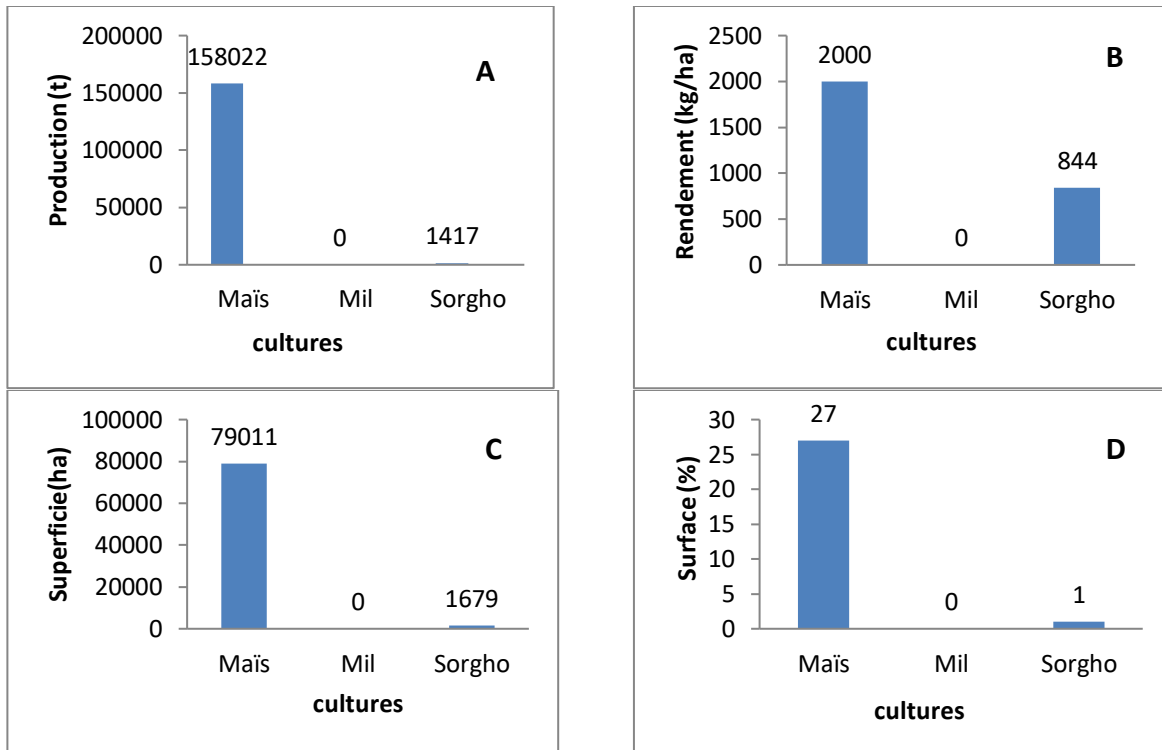


Figure 1. Statistiques de quelques paramètres de production des céréales Maïs Mil Sorgho dans le Tchologo (2021-2022)

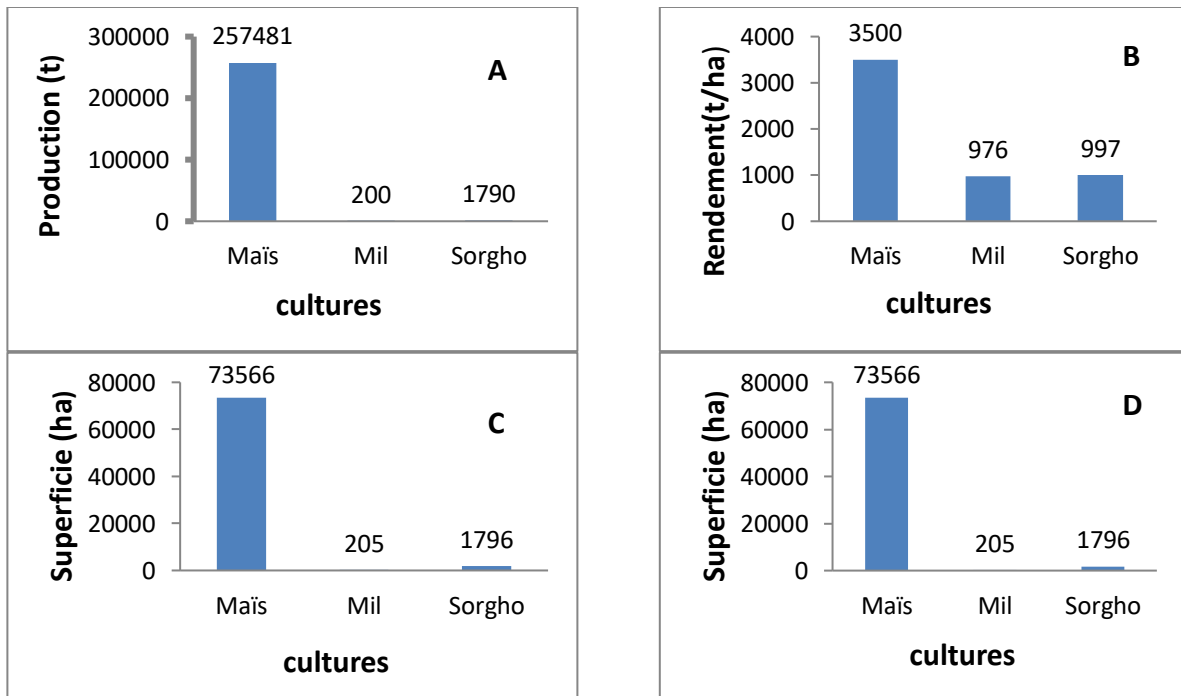


Figure 2. Statistiques de quelques paramètres de production des céréales Maïs Mil Sorgho dans le Tchologo 2022-2023)

4 BOTANIQUE

Le maïs (*Zea mays* L.) est une plante herbacée tropicale annuelle et allogame. Elle possède une tige unique, plus ou moins cannelée, constituée d'entrenœuds. Les feuilles s'attachent sur la tige au niveau des nœuds. Elles sont formées d'une gaine et d'un limbe très large (N'Da *et al.*, 2022). Les nervures sont parallèles et les feuilles opposées (**Figure 3A**). Le nombre de feuilles par plante varie de 10 à 15, selon les variétés. Les fleurs sont unisexuées et regroupées en inflorescences mâles (panicule terminale) et femelles (l'épi) composées d'épillets de deux fleurs. Le système racinaire est de type fasciculé (N'Da *et al.*, 2016 ; Kimou, 2019). Le mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) est une plante bisexuée, hermaphrodite, allogame préférentielle grâce à une protogynie prononcée (Béniga, 2010 ; Hamadou *et al.*, 2017). Le mil a un port érigé et possède des tiges épaisses (**Figure 3B**).

La taille de la plante varie de 1 à 6 m de haut. Chaque nœud de la tige porte un bourgeon axillaire susceptible de donner dans certaines conditions une pousse axillaire (talle aérienne). Des racines adventives partent des nœuds de la base de chaque tige (Nambiar *et al.*, 2011). Le sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) est une plante annuelle de 1 à 5 m de hauteur, diploïde (**Figure 3C**). Elle possède une tige (chaume) cylindrique pleine et habituellement érigée, avec un nombre de talles par plante élevé pour les variétés fourragères (jusqu'à une dizaine) et nul chez les hybrides sélectionnés (Chantereau *et al.*, 2013 ; Kafando *et al.*, 2023). Les feuilles sont alternes, simples, longues de 50 cm à 3 m, larges de 5 à 10 cm et avec une gaine de 15–35 cm de long. Les racines sont fasciculées avec une racine principale pouvant aller jusqu'à 1,5 m de profondeur (Koffi *et al.*, 2011).



Figure 3. Présentation des plants de Maïs (A), Mil (B) et Sorgho (C), (N'CHO, 2023)



4.1 Origine, domestication et distribution : Le maïs (*Zea mays* L.) est originaire de l'Amérique centrale (Matsuoka *et al.*, 2002 ; Farnham *et al.*, 2003). Introduit en Europe au XVI^e siècle, le maïs est aujourd'hui cultivé à travers le monde. Il est devenu le symbole de l'agriculture intensive en Europe de l'Ouest, aux États-Unis et en Chine avec les semences hybrides et transgéniques (Kimou, 2019). Le mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) est originaire du Sahara occidental. Sa domestication est la plus avancée en Afrique de l'Ouest (Moumouni, 2014 ; Hamadou *et al.*, 2017). Selon Mauboussin *et al.* (1977) le sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) est originaire d'Afrique de l'Est (Ethiopie, Soudan). Il serait domestiqué il y a plus de 6000 ans avant J-C en Afrique au sud-est du Sahara, précisément à la frontière Soudan-Égypte. Il aurait ensuite gagné la péninsule arabique vers 2500 avant J.C, l'Inde vers 1800 avant J.C et la Chine qui a pu être un dernier centre de diversification avec les sorghos kaoliang qui y sont rencontrés (Koffi *et al.*, 2011). L'arrivée du sorgho en Europe date de l'époque romaine. Le sorgho, compte parmi les céréales les plus importantes cultivées dans le monde (CIRAD, 2019). En Côte d'Ivoire, la culture de ces trois céréales a été concentrée initialement dans le nord du pays, entre les 8° et 11° de latitude nord, approximativement sur 150

000 km² (Akanza *et al.*, 2018). Celle du maïs en particulier a été étendue à l'ensemble du territoire national grâce à la politique nationale de diversification des cultures et aux migrations inter-régionales des populations (N'Da *et al.*, 2014).

4.2 Taxonomie : Le maïs (*Zea mays* L.) est une céréale appartenant au genre *Zea* qui est un représentant de la tribu des Myadées, de la sous-famille des Panicoideae et de la famille des Poaceae. C'est une plante diploïde qui possède $2n = 20$ (Doebley et Iltis, 1980 cités par Kimou, 2019). Le mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) appartient au genre *Pennisetum*, famille des Poaceae (Gramineae), sous-famille des Panicoideae, tribu des Paniceae et à la section Penicellariae. La caractéristique de cette section est la présence d'une mince touffe de poils au sommet des anthères et un nombre haploïde de chromosomes qui est égal à 7 ou un multiple de 7 (Béninga, 2010 ; Saïdou, 2011 ; Akanvou *et al.*, 2012). La systématique actuelle du sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) s'inspire des bases données par Moench (1794). Il appartient au genre *Sorghum*, à la famille des poaceae (graminées) et sous-famille des panicoidées. Le genre *Sorghum* comprend 31 espèces, 158 variétés et 523 cultivars différents (Abdou *et al.*, 2014).

5 CROISSANCE ET DÉVELOPPEMENT

En général, le développement des plantes tout comme les céréales se déroule en deux étapes et trois phases qui sont liées entre elles (Kouakou, 2019). La croissance correspond à une augmentation de taille et implique la phase végétative. Le développement est relatif à la fabrication de nouveaux organes et correspond aux phases de reproduction et maturation (Kouakou *et al.*, 2019). L'appareil végétatif des plantes est composé de racines, tige et feuilles. L'appareil reproducteur est l'inflorescence.

5.1 Phase végétative : Chez le maïs, la principale différence entre une variété précoce (à 90 jours) et une variété tardive (à 130 jours) est la période de temps allant de l'émergence de la plante à la formation des aigrettes (la période végétative). Cette phase peut varier de 40 à 70

jours (N'Da *et al.*, 2014). La phase végétative du mil est de 30 à 50 jours. Cette phase commence par la germination de la graine et l'apparition des jeunes plantes, et continue jusqu'à l'initiation de la panicule (Béninga, 2010 ; Saïdou, 2011). Chez le sorgho, la phase végétative est la plus variable et débute à la germination (Ndiaye *et al.*, 2018). Elle va généralement de 55 à 70 jours en climat chaud et de 30 à 100 jours selon le génotype. Ici, la tige de la jeune plante présente à son sommet un cornet de feuilles à des phases différentes de croissance. Les premières feuilles rendent rapidement la plante autotrophe. Il s'en suit la montaison de la tige et l'initiation florale (Koffi *et al.*, 2011).

5.2 Phase de reproduction : La période reproductive (de l'apparition des aigrettes à la



maturité) des variétés précoces et des variétés tardives de maïs est relativement similaire et varie de 50 à 58 jours (Hoopen et Maïga, 2012). Chez le mil, cette phase comprend l'épiaison, la floraison et la fructification. Elle a une durée de 22 à 30 jours (Aboubacar *et al.*, 2019). Elle est marquée par le développement total des feuilles et leur sénescence à la base de la tige principale (Loumrem 2004 ; Moussa *et al.*, 2017). Cette phase commence chez le sorgho avec l'initiation paniculaire et se termine à la fécondation des fleurs des panicules. Elle a une durée de 15 à 25 jours. C'est la phase pendant laquelle les besoins de la plante en minéraux, en eau et en énergie lumineuse sont les plus élevés (Koffi *et al.*, 2011).

5.3 Phase de maturation : La maturité physiologique du maïs est la phase à laquelle les graines ont cessé d'accumuler la fécule et la protéine. Ce temps varie de 64 à 66 jours en fonction des variétés et des températures de croissance (Kouassi *et al.*, 2016). Le taux d'humidité à ce stade est de 35% (Abendroth *et al.*, 2011). La période de maturation est

caractérisée chez le mil par l'élaboration de substances de réserve (amidon, protéines) et par la migration de celles-ci vers l'albumen du grain. Parallèlement, l'embryon se forme (Kradi *et al.*, 2018). Les grains arrivent à la maturité physiologique 20 à 50 jours après la floraison selon les variétés (Dutordoir, 2006). Cette phase commence par la pollinisation des fleurons de la panicule principale et continue jusqu'à la maturité de la plante. Chez le sorgho la maturation commence à la fécondation des fleurs. Les glumes se ferment et les graines commencent leur croissance en gonflant lentement. Le contenu des graines prend une consistance laiteuse puis pâteuse et enfin durci en changeant de couleur (Chantereau *et al.*, 2013). En zone tropicale, les graines ont besoin de 30 à 35 jours pour arriver à la maturité physiologique qui correspond à l'apparition d'un point noir à leur base dans la région du hile. Le taux d'humidité est alors de 30% (Chantereau *et al.*, 2013).

6 VARIABILITÉ AGROMORPHOLOGIQUE ET GÉNÉTIQUE

Les différentes variétés de Maïs, Mil et Sorgho disponibles en Côte d'Ivoire à la station CNRA de Ferkessedougou sont consignées dans le tableau ci-dessous : Au niveau du maïs, nous disposons de cinq (5) à cycle court (3 mois) et tolérantes à la striure avec un rendement potentiel de 3t/ha (**Tableau 1**). Seulement deux variétés sont vulgarisées à savoir EV8728 et GMRP 18. Nous avons deux (2) variétés de mil à cycle long (5-6 mois) et tolérantes au striga avec

un rendement potentiel de 2 t / ha (**Tableau 1**). Ces deux variétés sont vulgarisées à ce jour. Concernant le sorgho, les caractéristiques de huit (8) variétés sont consignées dans le tableau1. Cinq (5) variétés ont un cycle moyen de 3-4 mois avec un rendement potentiel de 3 t / ha. Seule la variété Soumalemba a un cycle long de 5-6 mois. Seulement les variétés à cycle court sont vulgarisées. Toutes les variétés sont tolérantes au *striga hermonthica* (**Tableau 1**).

Tableau 1. Variétés de Maïs Mil Sorgho disponibles en Côte d'Ivoire

Variétés	Cycle	Rendement : t/ha		Caractères particuliers	Caractéristiques du grain
		Potentiel	Moyen		
Maïs					
EV8728	3 mois	3	3 à 5	Tolérance à la Striure et à la sécheresse	Jaune, corné/denté
GMRP-18	2,5 mois	3	3 à 5	Tolérance à la Striure et à la sécheresse	Jaune semi denté, riche en protéines
FMJ	3 mois	3	3 à 5	Tolérance à la Striure ; résistance au <i>Striga hermonthica</i>	Jaune, corné/denté
FMB	2,5 mois	3	3 à 5	Tolérance à la Striure ; Tolérance à la sécheresse par esquive ; résistance au <i>Striga hermonthica</i>	Blanc, corné/denté
Violet de Katiola)	4 mois	2	2 à 3	Résistance au <i>Striga hermonthica</i>	Violet et blanc denté
Mil					
FM 78	5-6 mois	2	2 à 3	Tolérance au <i>striga</i> et à la sécheresse, talles plus nombreuses (7 à 8 talles utiles)	Gros grains gris-foncé
FM 16	5-6 mois	2	2 à 3	Tolérance au <i>striga</i> et à la sécheresse, talles peu nombreuses (4 à 5 talles)	Petits grains gris
Sorgho					
FSR	3-4 mois	3	3 à 4	Tolérance au <i>striga</i> ; résistance à la sécheresse	Rouge
FS39	3-4 mois	3	3 à 4	Tolérance au <i>striga</i> ; résistance à la sécheresse	Blanc
PABLO	3-4 mois	3	3 à 4	Tolérance au <i>striga</i> ; résistance à la sécheresse	Brun
Diemen	3-4 mois	3	3 à 4	Tolérance au <i>striga</i> ; résistance à la sécheresse	Kaki
FS 18	3-4 mois	3	3 à 4	Tolérance au <i>striga</i> ; résistance à la sécheresse	Rouge-bordeaux
Soumalemba	5-6 mois	3	3 à 4	Tolérance au <i>striga</i> ; résistance à la sécheresse	Ivoire

Source : station CNRA de Ferkessédougou (Côte d'Ivoire)

Les différentes épis et grains de cinq (05) variétés de maïs peuvent être observés sur la **figure 4**.

Chez le maïs, les couleurs vont du jaune au violet en passant par le blanc.



Figure 4. Epis et grains de maïs avec différentes colorations

Les chandelles et grains de deux (02) variétés de mil sont illustrés par la **figure 5**. Les couleurs des grains des deux variétés de mil sont caractérisées par le gris et le gris-foncé. Chez le sorgho, les

panicules et grains de six (06) variétés sont présentés sur la **figure 6**. Les grains sont colorés blanc, gris et rouge.



Figure 5. Chandelles et grains de mil avec différentes colorations



Figure 6. Panicules et grains de sorgho avec différentes colorations

6.1 Exigences environnementales : Le maïs peut être cultivé sur une gamme variée de sols à pH compris entre 5 et 7. Les meilleurs rendements en graines de maïs sont obtenus sur les sols profonds, sablo-limoneux ou argilo-limoneux, bien drainés et riches en matières organiques (Akanza *et al.*, 2020). Cependant, il peut s'adapter aux conditions édaphiques plus difficiles, sous réserve de lui assurer les apports d'eau et d'éléments nutritifs nécessaires (IPAR/USAID, 2017). La culture du maïs exige une pluviométrie moyenne (600 mm/cycle au moins) et des températures moyennes journalières comprises entre 20 et 35 °C (Akanvou *et al.*, 2012 ; N'Da *et al.*, 2022). Il est classé parmi les plantes de jours courts. Sa floraison est retardée par des photopériodes supérieures à 12,5 heures (FAO, 2017). Le mil est cultivé dans les zones où le facteur hydrique est souvent limitant. Ce qui lui confère des qualités apparentes de tolérance à la sécheresse (Dempewolf *et al.*, 2014). La plupart des graines de mil peuvent germer lorsqu'ils ont absorbé une faible quantité d'eau, environ le quart de leur poids. Ils peuvent donc commencer leur développement sur un sol relativement sec (Nambiar *et al.*, 2011 ; Hamadou *et al.*, 2017). Le sorgho est une plante peu exigeante en éléments

nutritifs. Il est bien adapté aux milieux naturels des régions arides et subarides (Castro *et al.*, 2015 ; Fokou, 2022). Sa rusticité et son accommodation à divers types de sols le font pousser sur tous les continents, dans les zones tropicales et tempérées (Balole *et al.*, 2006). Il est une plante d'avenir avec des particularités telle une consommation d'eau de 30 % moins que le maïs pour un rendement comparable. Il a une meilleure résistance à la pyrale de maïs, une faible exigence en engrais grâce à son aptitude à puiser l'azote du sol via un réseau racinaire profond et très développé (Ndiaye *et al.*, 2018).

6.2 Compositions chimiques des grains : L'analyse du tableau 2 montre que le mil a une valeur nutritionnelle élevée que le maïs et le sorgho. Il est plus riche en protéines (11,6 g), lipides (5 g), minéraux (2,3 g), vitamines et moins riches en carbohydrates (67,5 g) et fibres (1,2 g). Le maïs est pauvre en protéines (4,7 g) moins riches en carbohydrates (24,6 g), vitamines et minéraux (0,8 g). Ces données sont consignées dans le tableau 2. Avec de très bonnes valeurs énergétiques et nutritionnelles, le sorgho contient 10,4 g de protéines et 72,6 g de carbohydrates. Il est relativement riche en minéraux (1,6 g). Sa teneur en vitamines est proche de celle du mil (**Tableau 2**).

**Tableau 2.** Compositions chimiques des grains de maïs mil sorgho

Constituants	Maïs	Mil	Sorgho
Protéines (g)	4,7	11,6	10,4
Matières grasses (g)	0,9	5,0	1,9
Fibres (g)	1,9	1,2	1,6
Carbohydrates(g)	24,6	67,5	72,6
Minéraux (mg)	0,8	2,3	1,6
Calcium (mg)	9	42	25
Phosphore (mg)	121	296	222
Fer (mg)	1,1	8	4,1
Zinc (mg)	-	3,1	1,6
Sodium (mg)	51,7	10,9	7,3
Magnésium (mg)	40	137	171
Vitamine A (RE)	32	132	47
Thiamine (mg)	0,11	0,33	0,37
Riboflavine (mg)	0,17	0,25	0,13
Niacine (mg)	0,6	2,3	3,1
Acide folique (mg)	-	45,5	20
Vitamine C (mg)	6	0	0

Source : (<https://www.wholehealthmd.com/refshelf/Foods/view/1/>);

Consulté le 20 janvier 2024

7 ROLES ET UTILISATIONS

7.1 Maïs : Les cultures céréalières occupent une part importante dans l'agriculture ivoirienne (MINAGRI, 2020). Parmi elles, le maïs (*Zea mays* L.) est très largement utilisé dans l'alimentation humaine et animale (volailles, porcs, bovins). Sa production moyenne nationale a été estimée, en 2021 à 1 140 000 tonnes (FAOSTAT, 2021). Les quantités produites sont pratiquement autoconsommées. Sa consommation se fait essentiellement sous forme de farine (92 %) et à l'état frais. Selon N'Da *et al.* (2014), il sert de matière première pour certaines industries (brasserie, savonnerie, huilerie).

7.2 Mil : Avec une production de 30089625,25 t, le mil occupe la sixième place parmi les céréales les plus importantes au monde après le maïs, le riz, le blé, l'orge et le sorgho (FAOSTAT, 2021). La production nationale ivoirienne a été estimée au cours de la même année à 67 000 t. Selon FAOSTAT (2022), la culture du mil couvrait plus de 29 855 214,11ha avec une production mondiale de 30 859 664,24t. Elle se répartit principalement dans les zones arides et semi-arides de l'Afrique

avec 20,45 millions d'hectares cultivés pour une production de 13 916 832,62t et de l'Inde où la production du mil atteint 14 170 301,03t sur une superficie de 11,7 millions d'hectares. Les principaux pays producteurs en Afrique sont, par ordre d'importance décroissante : le Nigéria, le Niger, le Burkina Faso, le Tchad, le Mali, la Mauritanie et le Sénégal. Il est essentiellement cultivé pour ses grains (Béninga, 2014). Dans le monde, au moins 500 millions de personnes dépendent du mil pour leur survie (Saïdou, 2011). Il constitue la matière première de la préparation de nombreux mets (tô, couscous, bouillie, bière, beignet). En Australie et aux Etats-Unis d'Amérique, il sert de plante fourragère (Hamadou *et al.*, 2017).

7.3 Sorgho : Le sorgho est la cinquième céréale cultivée dans le monde (CIRAD, 2019). En 2021, la production mondiale était estimée à 61 364 996,82 t avec un rendement de 1,47 million de tonne / ha et une superficie totale de 41,5 millions d'hectare emblavée. La production totale de sorgho du continent africain, durant la campagne la même année, serait de 26 280



474,74 t et celle de la Côte d'Ivoire à 70 000 t (FAOSTAT, 2021). Un peu plus de 40% de cette production est destinée à l'alimentation humaine principalement en Afrique et en Asie où il est consommé en grain entier, comme le riz, en semoule et en farine (sans gluten), ou, après transformation, sous forme de sucre, ou malté et fermenté, sous forme d'alcools (bière, spiritueux) (www.sorghum-id, 2018) ou animale (ensilage, fourrage, aliments de volailles). Il est une denrée alimentaire recommandée dans les régions les plus pauvres du monde et où la sécurité alimentaire est la plus menacée (IRD, 2010 ; Dempewolf, 2014 ; Manssour *et al.*, 2014 ; Cissé, 2015 ; Peerzada et al., 2017 ; Fokou, 2022) et où la pauvreté des sols est un facteur limitant (Koffi *et al.*, 2011). Aujourd'hui, l'Europe découvre ses vertus gustatives et diététiques. Nutritif, il est riche en protéines, fer, vitamine B6. Énergisant, il est riche en antioxydants. Il est

sans gluten donc sans danger pour les allergies. C'est également une source de fibres alimentaires et de potassium (www.sorghum-ID, 2018). Il est également utilisé dans le domaine des énergies vertes (biogaz, ethanol-carburant, bioplastiques, biomatériaux (Castro *et al.*, 2015 ; Renzede *et al.*, 2017). L'utilisation finale de la plante dépend en général du type de sorgho. Au-delà de l'utilisation, le sorgho regorge d'énormes intérêts agroécologiques et services environnementaux tels l'amélioration et la conservation des sols, la limitation et remédiation des pesticides, la détoxification des sols pollués (Chantereau *et al.*, 2013). À cela s'ajoute l'utilisation de son caractère allélopathique. Le sorgho mature contient un certain nombre de substances chimiques solubles dans l'eau qui peuvent être utilisées comme herbicides (Fokou, 2022).

8 POINT DES TRAVAUX SUR LA PRODUCTION DES CÉRÉALES

Le maïs constitue la deuxième céréale la plus cultivée et consommée après le riz. Malgré cette importance, de nombreuses contraintes limitent sa productivité en Côte d'Ivoire. Il s'agit notamment de la forte prévalence des variétés traditionnelles peu productives et le non-respect des itinéraires techniques. À cela s'ajoutent l'inorganisation des producteurs et le changement climatique qui perturbe le calendrier cultural. Les pertes post-récolte liées aux insectes de stock et l'apparition récente de la chenille légionnaire en font également parti. Le mil représente une importante céréale dans le nord de la Côte d'Ivoire. Il joue un rôle important dans l'alimentation notamment infantile. Mais cette culture est confrontée à de multiples contraintes : le déclin de l'engouement de la culture lié au manque de mécanisation et la transhumance des bœufs (décembre, janvier). Nous avons aussi l'avènement de l'anacarde et le changement climatique. Par ailleurs les variétés sont traditionnelles avec de faibles rendements (460 kg/ha) et les pratiques culturales rudimentaires. Pouvant contribuer grandement à la sécurité alimentaire du pays à cause de sa haute teneur nutritionnelle, la culture du sorgho

est en forte baisse d'intérêt en Côte d'Ivoire. En effet, avec les changements climatiques, les variétés dites locales aux mains des producteurs sont de moins en moins adaptées (cycle long, sensibilité aux maladies et aux ravageurs). La recherche et le développement de variétés améliorées à partir des cultivars locaux apparaît comme une des solutions alternatives envisageables dans ce contexte.

8.1 Amélioration et création variétale

8.1.1 Maïs : De l'ordre de 0,8 t/ha avec les variétés traditionnelles en milieu paysan, les rendements moyens sont passés de 2 à 5 t/ha en milieu contrôlé avec la mise au point de nouvelles variétés à cycle court (EV99-MRP, EV8766-SRMRP, DMRESR-Y, F8128) et long (Acr97T'ZL, Comp1-W, MTS Violet de Katiola) par la recherche (CNRA). Ces variétés sont soit tolérantes à la sécheresse, à la striure et/ou au *striga*. La plupart de ces variétés ont été perdu suite à la crise militaro-politique qu'a connue la Côte d'Ivoire. Avec la régularisation de la situation, nous avons enregistré la création des variétés (EV8728, FMB, FMJ, GMRP18) par le CNRA qui sont plus résistantes aux maladies et ravageurs, aux effets des changements



climatiques, riche en protéines et plus productives. Les variétés EV8728 et FMJ sont les plus vulgarisées. La diversité morphologique des variétés locales a été étudiée (N'Da *et al.*, 2014) ainsi que la structuration des populations (N'Da *et al.*, 2016) et les caractéristiques des grains (N'Da *et al.*, 2022). Ces nouvelles variétés permettent d'optimiser le rendement. La vulgarisation et l'adoption des acquis de la recherche en milieu paysan restent les défis à relever.

8.1.2 Mil : Au niveau du mil, le bilan des travaux d'amélioration variétale a été réalisé (Béninga, 1993). Les objectifs des travaux d'amélioration sont : la collecte, l'évaluation et la conservation des ressources génétiques du mil ; l'amélioration du rendement des variétés locales ; le développement de nouvelles à partir des populations locales ou à partir du matériel d'introduction ; la promotion de la culture du mil par la mise à disposition des paysans des variétés améliorées à haut potentiel de rendement et supportant assez bien la pression des facteurs adverses (maladies, insectes, adventices) ; et l'amélioration des techniques culturales. Les acquis sont la création des variétés (VPP, VPNE, VPCN, VPNW, SRR1, SRR2). Suite à leur disparition à cause de la crise militaro-politique de 2002, de nouvelles variétés (FM 16 et FM 78) résistantes/tolérantes à la sécheresse ont été créées et sont en cours de vulgarisation. Certains travaux réalisés portent sur la génétique, l'amélioration et la vulgarisation du mil (Béninga, 2007), la mise en place d'une collection de ressources génétiques de mil et la caractérisation chimique et minérale des grains (Béninga, 2011) ; la diversité agromorphologiques des accessions de mil récoltées en Côte d'Ivoire (Akanvou *et al.*, 2012). L'étude sur les gènes encodant l'adaptation au changement climatique (découverte du gène PHYC), la stérilité mâle cytoplasmique, l'utilisation de gènes de nanisme et de l'apomixie pour fixer la vigueur hybride sont à aborder.

8.1.3 Sorgho : La plupart des variétés améliorées vulgarisées de sorgho sont des variétés à cycle court ou long et soit tolérantes à la verse et à la moisissure, au *Striga hermonthica* et

peu attractif pour les oiseaux. Il s'agit de : CE 180-33 (SC1), ICSV 1063 (SC2), Composite rouge de Ferké (CRF), Malisor 84-1 (SM2), GD 129 (monovigué), NES 107 (Tchare) et NWS 61 B (monogbo). Toutes ces variétés ont disparu à cause de la crise qu'a connue la Côte d'Ivoire. Aujourd'hui, trois autres variétés (Soumalemba, Pablo et Lata) de Sorgho originaires de l'ICRISAT ont été identifiées comme tolérantes à la sécheresse (CNRA, 2022). Les travaux de recherche ont permis la création et l'amélioration des variétés (FS39 et FS218) résistantes aux bioagresseurs. Ces variétés sont en cours de vulgarisation dans leur zone de production. Leurs diversités morphologiques ont été étudiées par Koffi *et al.* (2011).

8.2 Agronomie et physiologie

8.2.1 Maïs : Au niveau de la production du maïs, les travaux réalisés à ce jour ont essentiellement porté sur l'amélioration de l'itinéraire technique, des systèmes de cultures, de la fertilité des sols et la nutrition des minéraux (Akanvou *et al.*, 2006, Akanza *et al.*, 2018). La fertilisation du mil a été abordée par Siené *et al.* (2020). La fertilisation des cultures vivrières et le diagnostic des carences minérales du sol a été étudiée (Akanza, 2022). Deux nouvelles formules d'engrais minéraux ont été confirmées (CNRA, 2022). Il s'agira à l'avenir de déterminer leur optimum. L'efficacité du mode d'arrangement spatial dans l'association maïs-niébé évaluée par Kimou (2019). L'influence du décalage de semis sur le rendement a été observé (Kouassi *et al.*, 2016). Une plantation de maïs, mil ou sorgho peut se réaliser en culture pure, en association ou rotation avec les légumineuses et les meilleurs précédents culturels ont été déterminés (Akanza *et al.*, 2020). L'arachide et le maïs peuvent bien se cultiver en rotation avec une amélioration de la fertilité du sol à l'actif du précédent d'arachide dans le nord du pays et la culture du niébé a été identifiée comme un bon précédent culturel du maïs (Akanza *et al.*, 2020). Le diagnostic des systèmes de cultures (Béninga, 2021) et l'évaluation agromorphologiques de quelques variétés ont été réalisées (Akanvou *et al.*, 2012).



8.2.3 Mil : La culture pure du mil représente 28 % des exploitations au Nord Est de la Côte d'Ivoire et se pratique uniquement chez les ethnies Lobi et Djimini. Les associations culturales constituent 72 % des exploitations et se rencontrent presque partout. Les associations les plus fréquentes sont mil-niébé, mil-sorgho, mil-maïs, mil - arachide et mil-sorgho-niébé. Au niveau des modes de cultures, nous avons 65 % sur billons ou buttes, 22 % à plat et en poquets quelconques et 13 % à plat et à la volée (Béninga, 2014). L'évaluation des pertes en grain de mil dues aux oiseaux a été évaluée (Béninga, 2015). Les systèmes de culture à base de ces trois céréales ainsi que quelques performances et diversités agromorphologiques ont plus ou moins été évaluées et/ou caractérisées (Dédé *et al.*, 2021).

8.2.4 Sorgho : Le phénomène du changement climatique influencerait positivement la productivité du sorgho dans ce contexte de déficit céréalier (CIRAD, 2019). Nous avons aussi l'amélioration de sa production par l'association et ou la rotation culturale sans oublier la valorisation de son pouvoir allélopathique dans la lutte contre les adventices et des résidus de récolte. L'effet bénéfique de son puissant système racinaire dans l'amélioration des propriétés physiques et biologiques du sol reste à exploiter (Chantereau *et al.*, 2013). L'amélioration de son itinéraire technique et l'optimisation du rendement restent des préoccupations majeures dans la lutte contre la pauvreté dans le nord ivoirien. L'état des lieux et gestion des semences des principales céréales cultivées dans le Nord de la Côte d'Ivoire a fait l'objet d'une enquête réalisée en 2015 (Koffi *et al.*, 2017). Les filières cérésières ont été diagnostiquées par des enquêtes (RONGEAD, 2014 ; Béninga, 2014 ; Koffi *et al.*, 2017) respectivement.

8.3 Défense des cultures

8.3.1 Maïs : Au niveau des foreurs de tiges (*Sesamia calamistis*, *Eldana saccharina*, *Busseola fusca*) du maïs, la recherche préconise de traiter les cornets des plants avec du carbofuran (Furadan 5G par exemple). En deuxième saison ou en contre saison, il est demandé de traiter les

semences avant semis au carbosulfan par exemple avec le Marshal 35 DS (CNRA, 2022). Dans la lutte contre les termites, le traitement avec du carbofuran (Furadan 5G par exemple) par saupoudrage dans les cornets des plants est conseillé. Pour les insectes de stockage (charançons), la mesure consiste à traiter les grains à conserver avec Actélic 2% DP (pyrimiphos-méthyl), à raison de 300 à 500 g pour 100 kg de grains. Dans la lutte contre le virus de la striure du maïs (MSV), il est recommandé d'arracher les plants virosés avant la floraison ou de semer des variétés tolérantes. Une méthode de lutte intégrée s'est avérée efficace contre le Striga. Elle consiste en l'utilisation de variétés de maïs tolérantes à *Striga* en association ou en rotation avec une culture de légumineuse : soja, niébé ou arachide (CNRA, 2022). La carte de répartition des infestations de la chenille légionnaire au Nord de la Côte d'Ivoire a été élaborée. L'association du maïs au piment a montré une réduction de 70 à 80 % du taux d'infestation de la chenille légionnaire au Nord de la Côte d'Ivoire (CNRA, 2022). Nous avons aussi son contrôle naturel réussi par la technologie Push-pull au Sénégal (Baldé *et al.*, 2022). Au Québec, la modélisation a permis de révéler les effets bénéfiques des changements climatiques dans la lutte contre les ennemis des cultures (Gagnon *et al.*, 2013) Les études sur l'impact chez les insectes ont principalement porté sur les espèces *phytophages* puisqu'elles dominent la biodiversité locale. Elles entrent en interaction avec plus d'un niveau trophique (la plante hôte et l'ennemi naturel) et peuvent avoir un impact économique majeur sur l'agriculture (Ladanyi et Horvath, 2010). Il s'est agi de deux insectes (la pyrale du maïs et le doryphore de la pomme de terre) et un agent pathogène (la fusariose de l'épi).

8.3.2 Mil : Les principaux ennemis du mil sont le mildiou, la lèpre, le charbon, l'ergot sucré, les foreurs de tiges et les punaises des panicules. Dans la lutte contre le mildiou ou la lèpre, la recherche préconise l'utilisation des variétés résistantes telles que SRR1, SRR2. Au besoin, le traitement des semences avant le semis avec un mélange insecticide-fongicide (Thioral à raison



de 25 g de produit commercial, pour 100 kg de semences) est encouragé. L'emploi des variétés résistantes est indiqué dans la lutte contre le charbon. Autrement, choisir des épis sains pour avoir des semences saines. Le choix des dates de semis permettant aux plantes de fleurir en dehors des périodes de forte pluviométrie est à privilégier. Pour ce qui est de l'ergot sucré, il faut retirer et détruire les épis présentant des traces de miellat. Aussi les plants devraient-ils être pulvérisés au moment de la floraison par des insecticides systémiques (Décis) dans la lutte contre les insectes facilitant la propagation de la maladie. La lutte contre les foreurs de tiges et les punaises des panicules consiste à brûler partiellement les tiges de mil justes après la récolte pour détruire, 61 à 84 % des larves et 98 à 100 % des chrysalides d'*Acigona ignefusalis*. Par ailleurs, il est conseillé de semer tardivement (en septembre) les variétés à cycle court pour limiter l'infestation des ravageurs de l'épi (CNRA, 2022).

8.3.5 Sorgho : En zone de savane, le *Striga*, herbe parasite, provoque d'énormes pertes de

rendements du sorgho. Pour combattre l'herbe parasite, semer une variété tolérante (NWS 61 B) en rotation avec des légumineuses (arachide, niébé, soja). Arracher les plants de *Striga* pour les empêcher de fleurir et de produire des graines (CNRA, 2022). Les maladies les plus importantes sont les moisissures des graines (*Fusarium* sp.), le mildiou (*Sclerospora sorghi*) et la pourriture charbonneuse (*Spacelotheca* sp.). - traiter les semences avec un mélange insecticide-fongicide : le Calthio C à raison de 250 g de produit commercial pour 100 kg de semences. - utiliser les variétés améliorées tolérantes (SG3, NWS 61 B). Les insectes ravageurs sont les foreurs de tiges, les pucerons qui s'attaquent aux feuilles et la cécidomyie (mouche) des fleurs. La lutte chimique ne se justifie que dans les cultures intensives. Les méthodes de lutte contre les insectes sont généralement basées sur des techniques culturales : - élimination des résidus de récolte, - semis groupés - rotation avec le coton ou des légumineuses (CNRA, 2022).

9 TRANSFERT DE TECHNOLOGIES

La promotion des résultats de recherche est assurée par la participation à des salons, à des expositions, à des ateliers et séminaires ; des émissions et insertions dans des supports média (presse écrite, presse audio, presse audiovisuelle, presse en ligne, sites internet) et la publication de documents. L'élaboration de fiches techniques ainsi que des expérimentations en milieu paysan

avec les nouvelles variétés mise au point par la recherche ont contribué de façon significative à l'amélioration du rendement au niveau des spéculations Maïs, Mil, Sorgho (CNRA, 2022). La diffusion des acquis en milieu paysan et l'adoption des nouvelles technologies restent des défis à relever.

10 CONCLUSION

En Côte d'Ivoire, le maïs (*Zea mays* L.), le mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) et le sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) constituent avec le riz (*Oryza sativa* L.), les principales céréales importantes pour la réalisation de la sécurité alimentaire et nutritionnelle. Ces céréales sont essentiellement produites dans le Nord du pays. Dans ce contexte de déficit céréalier, devenu structurel en terroir ivoirien, du fait des changements climatiques et de la pression démographique, ces trois spéculations sont de plus en plus exploitées comme des plantes à

plusieurs fins (alimentation humaine, animale, matières premières des industries). Plusieurs travaux (projets / programmes) de recherche ont été initiés et se poursuivent pour l'amélioration de leur production et l'optimisation du rendement. Le sorgho a un potentiel et possède le profil pour s'adapter à ces changements et répondre aux problèmes de sécurité alimentaire. Cette synthèse bibliographique offre une large vision des travaux de recherche conduits dans la sphère scientifique nationale et permet de mieux orienter les futures recherches à mener.



11 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akanvou L., Akanvou R., Kouakou C. K., N'da H. A. & Koffi K. G. C. (2012). Évaluation de la diversité agromorphologique des accessions de mil Collectées en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 50: 3468-3477.
- Akanza K. P., Sanogo S. & N'da H. A. (2016). Influence combinée des fumures organique et minérale sur la nutrition et le rendement du maïs : Impact sur le diagnostic des carences du sol. *Tropicicultura*, 34 (2) : 208 – 220
- Akanza K. P. & N'Da H. A. (2018). Effets de l'engrais sur la fertilité, la nutrition et le rendement du maïs : incidence sur le diagnostic des carences du sol. *Journal of Society Ouest-African Chemistry*, 045 : 54 - 66
- Akanza K. P. (2022). Fertilisation de cultures vivrières et diagnostic des déficiences minérales du sol dans deux zones agro-écologiques de Côte d'Ivoire. Mémoire de recherche, Ferkessédougou, juillet 2022, 110 p.
- Abendroth L. J., Elmore R. W., Boyer M. J. & Marlay S. K. (2011). Corn growth and development. PMR 1009. Iowa State University Extension, Ames, Iowa.
- Aboubacar K., Hayyo H. & Issa K. (2019). Culture du mil [Pennisetum glaucum (L.) R. Br] et ses contraintes à la production : une revue. *International Journal of Biology Chemistry Science*, 13(1) : 503-524
- Abdou M. M., Alzouma Mayaki Z., Dan Lamso N., Elhadji Seybou D. & Ambouta J-M. K. (2014). Productivité de la culture du sorgho dans un système agroforestier à base d'*Acacia senegal* (L.) Willd au Niger. *Journal of Applied Biosciences*, 82: 7339 – 7346.
- Albuquerque C. J. B. & Lopes M. (2015). Agronomic and Energetic Potential of Biomass Sorghum Genotypes. *American Journal of Plant Sciences* 6 : 1862-1873.
- Balde A., Babacar L., Etienne T., SYLLA E. S., Mamadou D., Issa A. N., Oumar S., Pape D., SENE S. O. & Karamoko D. (2022). Effet de la technologie Push-pull sur le contrôle naturel de la chenille légionnaire du maïs au Sénégal. *International Journal of Biology Chemistry Science*, 16(3): 948-956
- Balole T. V. & Legwaila G. M. (2006). Sorghum bicolor (L.) Moench record from Protabase. In: Brink, M. & Belay, G. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa, Wageningen, Netherlands.
- Barro K. C. P. (2010). Diversité agromorphologique et génétique de variétés locales de sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) au Burkina Faso. Eléments pour la valorisation des ressources génétiques locales. Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou, 114 p
- Békoye B. M. & Dadié A. (2015). Evaluation des Pertes en Grains de Mil dues aux Insectes. *European Scientific Journal* 11p.
- Béninga M. (2011). Caractérisation chimique et minérale des grains de mil de Côte d'Ivoire. *International Journal of Biology Chemistry of Science*, 5: 2039-2044.
- Béninga M. B. (1993). Bilan des travaux d'amélioration variétale en Côte d'Ivoire. Le mil en Afrique 'diversité génétique et agro-physiologie : potentialités et contraintes pour l'amélioration génétique et l'agriculture' ORSTOM Editions, Paris, France., 2132.
- Béninga M. B. (2007). Génétique, amélioration et vulgarisation du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat, UFR Biosciences, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 179p.
- Béninga M. B., Sangaré A., N'Guettia S. P. A. & Coulibaly M. Y. (2011). Mise en place d'une collection de ressources génétiques du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 23 (3) : 193 – 204.
- Béninga M. B. (2014). Diagnostic des systèmes de culture à base de mil en Côte d'Ivoire



- et perspectives d'amélioration. *Journal Applied Bioscience*, 79 : 6878 – 6886
- Blumenberg M., Berndmeyer C., Moros M., Muschalla M., Schmale O. & Thiel V. (2013). Bacterioplanoplyols record stratification, nitrogen fixation and other biogeochemical perturbations in Holocene sediments of the central Baltic Sea. *Biogeosciences* 10 : 2725-2735.
- Castro F. M. R., Bruzi A.T., Nunes J. A. R., Parrella R. A. C., Lombardi G. M. R., Chantreau J. & Nicou R. (1991). *Le sorgho*, Maisonneuve et Larose, Paris, France, 159 p.
- Chantreau J., Cruz J. F., Ratnadass A. & Trouche G. (2013). Agriculture tropicale en poche : *le Sorgho*. Edition Quae, RD10, 78026 Versailles Cedex, France. Presses agronomiques de Gembloux, 247 p.
- Chantreau J., Trouche G., Luce C., Deu M. & Hamon P. (1997). Le sorgho. In : *L'amélioration des plantes tropicales*, (A.Charrier et al., édés), collection Repères, Cirad-Orstom, Montpellier, France, 565-590.
- Cheema Z. A. & Khaliq A. (2000). Use of sorghum allelopathic properties to control weeds in irrigated wheat in a semi-arid region of Punjab. *Agriculture, Ecosystems et Environment* 79(3) :105-112
- CIC (2023). Rapport Marché des céréales. Conseil International des Céréales (CIC), <http://www.igc.int/downloads/gmrsummary/gmrsummf.pdf>, consulté le 18 janvier 2024
- CIRAD (2019). (recherche avec le mot sorgho) www.cirad.fr, consulté le 20 janvier 2024
- CIRAD (2019). Innovation et Amélioration Variétale en Afrique de l'Ouest : Mettre en œuvre des programmes d'amélioration variétale innovants pour répondre à la complexité des systèmes agro-écologiques rencontrés en Afrique de l'Ouest. 2p.
- Cissé N. (2002). La culture du sorgho au Sénégal. In : La culture de décrue en Afrique de l'Ouest et du Centre : situation actuelle et définition d'un plan d'action régional (J. Comas et H. Gomez Macpherson, édés), AECI, Espagne, 219-223.
- Cissé N. (2015). Fiches variétales Sorgho et Niébé. ISRA CEERAS - FICHES TECHNIQUES, Vol N4, 15p.
- CNRA (2022). Rapport annuel des activités, 49p.
- Curt M. D., Fernandez J. & Martinez M. (1995). Productivity and water use efficiency of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. "Keller" in relation to water regime. *Biomass and Bioenergy*, 8(6) : 401-409.
- Dede L. E., H. A. N'da, Akanvou L. & Sie S. R. (2021). Diversité agro-morphologique et botanique de 357 accessions de sorgho collectées en Côte d'Ivoire, *Agronomie Africaine*, 32 (3) : 297 - 308 (2020).
- Dehaynin N. (2007). Utilisation du sorgho en alimentation animale. Thèse, école nationale vétérinaire de Lyon, 109p.
- Dempewolf A., Eastwood R. J., Guarino L., Khoury C. K., Müller J. V. & Toll J. (2014). Adapting Agriculture to Climate Change : A Global Initiative to Collect, Conserve, and Use Crop Wild Relatives. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 38(4) : 369-377.
- Doebley J. & Iltis H. H. (1980). Taxonomy of *Zea* (Graminae). I. Subspecific classification with key to taxa. *American Journal of Botany*, 67 : 986-983.
- Dutordoir C. D. (2006). Impact de pratiques de gestion de la fertilité sur les rendements en mil dans le Fakara (Niger). Mémoire, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, p.214.
- FAO (2017). La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture : mettre les systèmes alimentaires au service d'une transformation rurale inclusive. Rapport, 201 p.
- FAOSTAT (2017). Les statistiques agricoles. Retrieved September 20, 2008, from
- FAOSTAT (2021). Données de l'alimentation et de l'agriculture. <https://faostat.fao.org>, consulté le 19/01/2024 à 15h07



- FAOSTAT (2022). Données de l'alimentation et de l'agriculture. <https://faostat.fao.org>, consulté le 26/05/2024 à 00h19
- Farnham D. E., Benson G. O. & Pearce R. B. (2003). Corn perspective and culture. Chapter 1. In : White P. J., Johnson L. A., editions Corn : chemistry and technology, Edition 2. American Association of Cereal chemists, St. Paul, Minnesota, USA, pp 1-33.
- Fokou Y. O. (2022). Etude de l'adaptation du sorgho aux agrosystèmes de saison sèche en Afrique de l'Ouest et du Centre. Thèse de doctorat, Cameroun, 177p.
- Gomez J. & Comas H. (2001). La culture du sorgho de décrue en Afrique de l'Ouest et du Centre. Situation actuelle et définition d'un Plan d'Action Régional. Mac Pherson ISBN 84-7232-898-8, 247p.
- Grema A. K. (2002). Productivity of pearl millet cowpea intercrops in North East Nigeria. (C. U. Institute of water and environment, ed.).
- Hamadou M., Idrissa S., Mahamadou C., Souleymane O. & Valentin K. (2017). Potentialités fourragères du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) : Revue de littérature. Journal of Animal et Plant Science, 34(2), 5424–5447.
- IPAR/ USAID (2017). Feed The Future Senegal Naatal Mbay : Étude de la consommation des céréales de Base au Sénégal, rapport, 128p
- IRD (2010). Le Sorgho : Quand agriculture rime avec biodiversité, 2p
- IRD (2015). Le mil, une céréale des zones arides. Fascination in plants day, 01p.
- JAICAF (2009). "Les céréales au Niger ; accent sur le mil et le sorgho," Association pour la Collaboration Internationale en matière d'Agriculture et des Forêts du Japon (JAICAF). www.docplayer.fr/30099948-Les-cereales-au-niger.html
- Ju X. T., Kou C. L., Zhang F. S. & Christie P. (2006). Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain. *Environmental Pollution*, 143 : 117-125.
- Kéita A. (2019). Étude de l'effet des écartements de semis chez une variété de Sorgho grain (Sorghum bicolor (L.) Moench) CE 180-33 avec tanin pour la production de semences en Haute Casamance (Sénégal), Mémoire de fin d'étude, Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal, 47p
- Kimou S. H. (2019). Performances agromorphologiques du maïs et du niébé et efficacité du mode d'arrangement spatial dans l'association culturale maïs-niébé au Sud de la Côte d'Ivoire. Thèse unique de doctorat, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire., 189 p.
- Koffi K. G. C., Akanvou L., Akanvou R., Zoro B. I. A., Kouakou C. K. & N'DA H. A. (2011). Diversité morphologique du Sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivé au nord de la Côte d'Ivoire. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies*, 17 : 125 – 142.
- Koffi K. E., Saraka D. M., Yao N. D. & Siene L. A. C. (2017). Etat Des Lieux Et Gestion Des Semences Des Principales Céréales Cultivées Au Nord De La Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 13 (3) : 1857 – 7881
- Kouakou K. R. (2020). Évaluation de la productivité de deux vivométhodes (plants issus de fragments de tige et multiplication sur souches décortiquées) et étude biochimique de la formation des vivoplants de bananier plantain, Thèse unique de doctorat, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire., 222 p.
- Kouakou K. R., Koné T., Aby N., Traoré S., Dogbo D. O. & Koné M. (2019). Performances comparées de vivo plants issus de deux techniques de multiplication chez trois cultivars de



- bananier plantain à Azaguié. *Numéro spécial, Agronomie africaine (8) : 1015-2288*
- Kouassi N. J., Tonessia D. C., Seu J. G., Soko D. F. & Ayolié K. (2016). Influence du décalage de semis du maïs (*Zea mays* L.) et du voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) sur leur production en zone savanicole de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences, 102 : 9745 – 9755*
- Manssour A. M., Zoubeirou A. M., Nomao D. L., Djibo E. S. & Ambouta. J. M. (2014). Productivité de la culture du sorgho dans un système agroforestier à base d'Acacia Sénégal (L) Willd au Niger. *Journal of Applied Biosciences, 82:7339 – 7346.*
- Matsuoka Y., Vigouroux Y., Goodman M. M., Sanchez G., Buckler E. & Doebley J. (2002). A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences 99: 6080-6084.*
- Mauboussin J. C., N'diaye M. (1977). Amélioration du Sorgho. *Agronomie Tropicale, 304-308.*
- N'Da H. A., Akanvou L., Akanza K. P. & Kouakou C. K. (2022). Morphological characterization of purple-grain maize (*Zea mays* L.) diversity in Côte d'Ivoire. *African Journal of Agricultural Research, 10* p.
- N'Da H. A., Akanvou L., Kouakou C. K. & Zoro Bi A. I. (2014). Diversité morphologique des variétés locales de maïs (*Zea mays* L.) collectées au Centre et Centre-ouest de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal, 10 (12) : 349-365.*
- N'Da H. A., Akanvou L., Pokou N. D., Akanza K. P., Kouakou C. K. & Zoro BI I. A. (2016). Genetic diversity and population structure of maize landraces from Côte d'Ivoire. *African Journal of Biotechnology, 15(44) : 2507-2516.*
- Nambiar V. S, Dhaduk J., Sareen N., Shahu T. & Desai R. (2011). Potential functional implications of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) in health and disease. *Journal of Applied Pharmaceutical Science, 1 :62.*
- Ndiaye M., Adam M., Muller B., Guisse A. & Cissé N. (2018). Performances agronomiques et stabilité phénotypique de géotypes de Sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) au Sénégal : Une Etude des Interactions Géotypes-environnement. *Journal of Applied Biosciences, 125 : 12617-12629*
- Peerzada A. M., Haider H., Bhagirath A. & Chauhana S. (2017). Weed management in sorghum using crop competition. *Crop Protection 95: 74-80*
- Rezende R. K. S., Masetto T. E., Oba G. C. & Jesus M. V. (2017). Germination of Sweet Sorghum Seeds in Different Water Potentials. *Plant Sciences 8 : 3062-3072.*
- Saïdou A. (2011). Etude moléculaire, évolution et caractérisation de gènes impliqués dans l'adaptation du mil (*Pennisetum glaucum* R. Br.) aux changements climatiques. Thèse de doctorat, Montpellier SupAgro, Montpellier SupAgro.
- Siene L. A. C., Bayala R., Conde M., Gofri B. D., Kouadio A. F. B. & Tâh V. F. N. (2020). Comportement D'une Variété Précoce De Mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) En Réponse A Différents Types De Fumures Combinées A Une Sécheresse De Fin De Cycle Au Nord De La Côte d'Ivoire, *European Scientific Journal, 16 (18) : 1857-7881*
- Sorghum-ID (2018). Nouveaux débouchés alimentaires. Le sorgho, c'est sûr. <https://www.sorghum-id.com> (consulté le 05 septembre 2018).
- Zhang F., Shen J., Li L. & Liu X. (2004). An overview of rhizosphere processes related with plant nutrition in major cropping systems in China. *Plant Soil, 260 : 89-99.*
- Zhang Y.Y., Liu J.F., Mu Y. J., Xu Z., Pei S. W. & Lun X. X. (2012). Nitrous oxide emissions from a maize field during two consecutive growing seasons in the North China Plain, *Journal of environmental sciences, 24(1) : 160-168.*