

RESUME

Au Sénégal, les pratiques agroforestières traditionnelles ou améliorées visent la stabilité et la durabilité des systèmes de production agricole. Dans le but d'évaluer l'impact de ces pratiques sur les conditions biophysiques du sol, le microclimat et la productivité des cultures, une étude sur l'influence du *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev., sur la culture du mil associé (*Pennisetum glaucum*), a été conduite au niveau du Bassin arachidier du Sénégal dans le village de Thilla Ounté (Région de Thiès). La teneur en eau et la température du sol (20 cm de profondeur), le potentiel hydrique foliaire, la densité apparente du sol, le développement, l'indice de surface foliaire, l'enracinement et le rendement du mil ont été évalués dans le site d'étude sous et en dehors du houppier. La teneur en eau du sol et le potentiel hydrique foliaire ont été plus élevés au niveau des placettes sous houppier, en relation avec une évaporation du sol plus faible sous l'ombrage de *Faidherbia*. La température du sol au cours du cycle n'a pas été significativement différent ($P > 0.05$) entre les deux situations. La densité apparente du sol s'est révélée plus faible sous l'arbre, ce qui a pu faciliter l'infiltration de l'eau à cet endroit. De plus, on a observé un effet positif significatif de la proximité de l'arbre sur l'indice de surface foliaire et le développement aérien du mil. La proximité de l'arbre a contribué également à réduire l'impact des bioagresseurs et des parasites du mil. Les résultats ont montré une production de biomasse racinaire du mil plus élevée sous le couvert de l'arbre. Ces effets positifs de la présence des arbres pourraient expliquer l'impact bénéfique observé sur le rendement du mil. En effet le rendement en grains sous le houppier est en moyenne 2 fois plus élevé que le rendement en dehors du houppier. En conclusion, la présence du *Faidherbia albida* dans les agrosystèmes présente un avantage significatif sur les caractéristiques du sol et la productivité du mil.

Mots-clés : Sénégal, *F. albida*, *Pennisetum glaucum*, durabilité des systèmes, productivité, microclimat, caractéristiques du sol.

INTRODUCTION

L'Afrique subsaharienne (ASS) compte plus de 950 millions d'habitants, soit environ 13 % de la population mondiale. D'ici 2050, cette part devrait atteindre 22 %, soit 2.1 milliards de personnes (Anonyme, 2016). L'accroissement rapide de la population, d'environ 2.7 %/an, pourrait, si on n'y prend pas garde, amplifier l'insécurité alimentaire déjà prégnante. En effet, le pourcentage de personnes sous-alimentées en ASS, estimé à 218 millions entre 2014 et 2015, reste le plus élevé des pays en développement (FAO, FIDA et PAM, 2015).

Par ailleurs, pour réduire la pauvreté et la faim de la façon la plus directe possible, la priorité doit être accordée à l'agriculture où les facteurs de production appartiennent aux plus démunis et aux personnes sous alimentées, qui engendrent des produits consommés par ces populations et qui se développent dans les régions où elles vivent. Malheureusement, la performance de l'ASS dans le secteur agricole, marquée par des décennies de hauts et de bas, n'a pas été à la hauteur des espérances.

Le mil à chandelle ou mil penicillaire, *Pennisetum glaucum* (Leek) R Br ; occupe la 7ème place parmi les céréales les plus importantes au monde (Moumouni, 2014). Dans le monde, la production mondiale couvrait plus de 33,11 millions d'hectares en 2013 avec une production de 25,9 millions de tonnes (Hamadou *et al.*, 2017). En Afrique, il représente la céréale la plus importante derrière le maïs et le sorgho, avec 22 099 632 ha des terres des cultivés pour une production totale de 15 867 785 tonnes en 2018 (FAOSTAT, 2018). Environ, 50% de la production mondiale de mil provient de l'Afrique de l'Ouest (ROCAFREMI, 2002).

Au Sénégal, l'agriculture (vivrière et de rente) participe à environ 8,4% à la formation du PIB et emploie près de 55,2% de la population active. Le mil est la céréale la plus cultivée dans le pays avec près de 817 901 ha de superficie emblavées (FAOSTAT, 2018). Il représente en moyenne 42% de la production céréalière (DAPSA, 2014), avec une production estimée à 574 000 tonnes en 2018, soit un rendement de 701 kg/ha (FAOSTAT, 2018). Toutefois, le pays connaît une situation alimentaire difficile marquée par des déficits périodiques (soudures cycliques) au moment où la demande alimentaire est sans cesse croissante avec un taux de croissance annuel de 2,7% (ANSD, 2006). Pour cause, le pays enregistre une régression récurrente de sa production nationale de céréale, plus de 1 700 000 t de 2010/11 à moins de 1 100 000 t en 2011/12 (ANSD, 2012).

À l'instar des autres pays de l'ASS, cette baisse de la productivité agricole s'explique principalement par une irrégularité de la pluviométrie due aux changements climatiques, des températures élevées, la sécheresse, des sols appauvris et fragiles causés en partie par l'élimination ou la réduction des durées de jachères (Badiane & Delgado, 1995).

Pour faire face à cette situation, l'agroforesterie est bien positionnée car c'est une pratique qui a été notée parmi les plus prometteuses pour lutter contre l'appauvrissement des sols et le changement climatique lors du dernier rapport de GIEC en 2019. Parmi les espèces agroforestières ciblées dans le Bassin arachidier pour lutter contre ces effets, figure en première ligne l'espèce *Faidherbia albida* (FA).

Les démarches d'évaluations des performances de ces systèmes in situ ont montré jusqu'à aujourd'hui un effet positif de la proximité de *Faidherbia albida* sur le rendement des cultures de céréales. Un des processus en cause est la phénologie inversée de FA qui fait que sa présence et sa canopée ne font pas concurrence pour la lumière aux cultures installées en saison des pluies. En outre, pendant la saison sèche FA abrite le bétail en pâturage libre sur les parcelles, qui participe ainsi à travers des déjections à l'amélioration de la fertilité du sol. La litière de feuilles et de racines de FA contribue à la concentration de matière organique, de nutriments, d'eau et d'activité biologique dans les horizons superficiels de sols où se concentrent les racines de cultures annuelles. L'ombrage créé par les branches permettrait une réduction de la température et de l'évaporation du sol au voisinage du FA. Un autre mécanisme qui pourrait contribuer à l'effet îlot de fertilité du FA fait intervenir son système racinaire profond, peu compétitif en surface et qui lui permettrait de faire remonter de l'eau et des nutriments dans les horizons superficiels de sol. Les résultats montrant ces interactions positives du FA sur les cultures de céréales associées ont été publiés par Dancette, (1960) ; Charreau et Vidal (1965) ; Louppe et al (1996) ; Rhoades, (1997) ; Roupsard et al. (1997) ; Sileshi, (2016).

Cependant beaucoup reste à faire pour définir les effets des systèmes de cultures pratiqués dans le bassin arachidier sur ces processus de facilitation et les moyens de les améliorer durablement.

En plus de son effet sur les cultures associées, FA joue directement un rôle important dans la vie courante de plusieurs populations rurales : (i) production de bois de chauffe et de construction, (ii) production de fourrages (gousses) pour les animaux, (iii) production de

fibres à usage vétérinaires. Malgré ces avantages, la densité d'arbres dans la zone a décru par rapport au passé, ceci pourrait être due : à l'émondage des arbres par des éleveurs pour l'alimentation du bétail, au vieillissement des arbres entraînant une forte mortalité, à la faible régénération de l'espèce. En effet, le rôle capital que joue cette espèce végétale ligneuse a fait susciter un regain d'intérêt et des efforts sont de plus en plus fournis pour assurer sa gestion durable et optimiser les avantages qu'elle offre aux agriculteurs.

Ce mémoire a été initié dans le cadre du projet RAMSES II (« *Rôles de l'agroforesterie dans l'intensification durable des petites exploitations et la sécurité alimentaire des sociétés en Afrique de l'Ouest* »). La question posée par ce projet est la suivante : « Comment l'agroforesterie peut-elle être intensifiée durablement ? ». Le projet RAMSES II a pour objectif de fournir des scénarios d'intensification innovants pour les quatre parcs d'agroforestiers à base de cultures céréalières les plus représentés en Afrique de l'Ouest (*Faidherbia albida*, *Guiera senegalensis*, *Piliostigma reticulatum* et *Vitellaria paradoxa*), tout en optimisant leur adoption par les petits exploitants. L'approche repose sur un diagnostic multi-échelle des facteurs clés de la dynamique des parcs et la caractérisation des services multiples qu'ils fournissent.

Cette étude se veut une contribution pour mettre en place, avec les agricultures, des stratégies adaptées pour une utilisation efficace et durable des parcs à *Faidherbia* dans le Bassin arachidier du Sénégal afin de répondre aux besoins agronomiques et environnementaux de leurs exploitations.

✓ Objectifs de l'étude

L'étude conduite au niveau du village de Thilla ounté situé dans la région de Thiès a comme principal objectif de contribuer à la connaissance de l'impact de l'arbre *Faidherbia albida* sur les différentes variables d'état des sols et des cultures annuelles dans un réseau de parcelle d'agriculteurs. Il s'agit de façon spécifique d'évaluer les effets de la distance à l'arbre sur : (i) les différents indicateurs de fertilité des sols, (ii) l'état sanitaire de la culture (iii) et leurs relations avec l'élaboration du rendement du mil.

✓ Hypothèses

Pour répondre aux objectifs fixés, l'étude s'est basée sur trois hypothèses :

- i) La proximité de l'arbre a un effet positif sur les indicateurs de fertilité du sol.
- ii) L'état sanitaire de la culture est affectée par la présence du *Faidherbia*.
- iii) L'arbre influence positivement l'élaboration du rendement du mil.

Ce document est constitué de 3 chapitres à la suite de l'introduction. Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique. Le second chapitre décrit le matériel et méthodes utilisés. Le troisième présente les résultats et discussion du travail réalisé. Une conclusion générale est proposée à la fin du document.

1. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Contexte de la production du mil au Sénégal

1.1.1 Géographie

Le Sénégal se situe entre les latitudes 12°30 et 16°30 de l'attitude Nord et 12° et 17° de longitude ouest à l'avancée la plus occidentale du continent africain dans l'Océan Atlantique, au confluent de l'Europe, de l'Afrique et des Amériques, et à un carrefour de grandes routes maritimes et aériennes. D'une superficie de 196 722 km², il est limité au nord par la Mauritanie, à l'est par le Mali, au sud par la Guinée et la Guinée Bissau, à l'ouest par la Gambie, et par l'Océan Atlantique sur une façade de 500 km. Dakar (550 km²), la capitale, est une presqu'île située à l'extrême Ouest. Pays plat aux sols sablonneux ne dépassant pas 130 m d'altitude sauf à la frontière sud-est vers la Guinée. Trois fleuves traversent le pays : le Sénégal (1700 km) au nord, la Gambie (750 km) et la Casamance (300 km) au sud. (Source : www.ansd.sn). Le secteur agricole du pays qui participe à environ 8,4% du PIB et emploie près de 55,2% de la population active, est dominé en grande partie par la culture du mil. Il est cultivé principalement au centre du pays plus connu sous l'appellation de Bassin arachidier couvrant les régions de Kaolack de Kaffrine, de Louga, de Diourbel et de Thiès. Il est aussi cultivé dans la région de Tambacounda et de Kolda en Casamance.

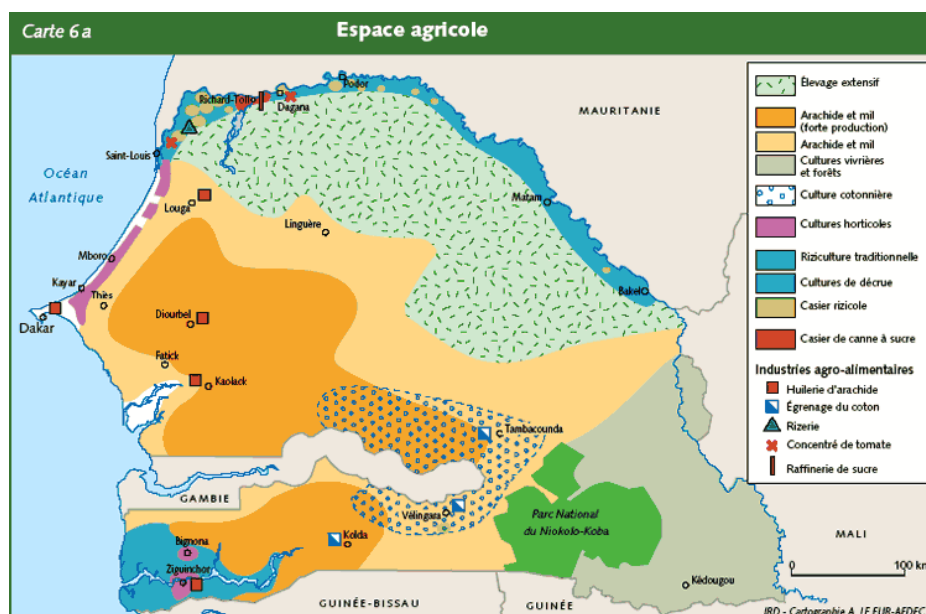


Figure 1: Localisation des différentes zones agroécologiques du Sénégal

1.1.2. Climat

Du nord au sud du bassin arachidier, on passe du climat tropical sahélo-soudanien à celui de type soudanien. Les surfaces emblavées, c'est à dire le Nord et le Centre du bassin arachidier (régions de Louga, de Thiès et de Diourbel), représentent 45% des superficies totales cultivées par an au Sénégal en arachide, mil et sorgho (Cisse, 1986). Le bassin arachidier est caractérisé: par l'alternance de deux saisons très contrastées : une longue saison sèche (Octobre à Juillet) et une courte saison des pluies (Juillet à Septembre) avec une pluviométrie souvent plus forte en Août (Dancette, 1979). Les quantités de pluies et leur répartition peuvent varier d'une année sur l'autre de 15 à 30% (Charreau et Nicou, 1971; Sivakumar, 1991). Cette zone était encadrée par les isohyètes 400 et 800 mm jusqu'en 1968. Mais, entre 1968 et 1990, ces valeurs sont passées respectivement à 300 et 600 mm soit une descente en moyenne du nord au sud de 100 mm. Cette évolution a conduit à une sécheresse caractérisée par une pluviométrie faible, un raccourcissement de l'hivernage et à l'augmentation des risques d'apparition de poches de sécheresse surtout en début et fin de cycle qui peuvent affecter considérablement la croissance et le rendement des cultures (Cochemé et Franquin, 1968; Dancette, 1979; Sivakumar, 1991). Avec une moyenne de 28 à 30°C, la température manifeste des écarts journaliers plus marqués pendant la saison sèche qu'en saison des pluies. Les vents sont très véloces dans cette zone et leurs effets se manifestent par une érosion éolienne qui s'exprime souvent par de véritables vents de sables.



Figure 2 : Les grands domaines climatiques du Sénégal

1.1.3. Sols

Environ 80% des sols cultivés du Sénégal sont des sols ferrugineux tropicaux très sableux appelés sols Dior. Ils ont été décrits par plusieurs auteurs comme Bonfils et Faure (1956) ; Charreau, (1961) ; Charreau et Nicou (1971). Ils présentent un profil très homogène de la surface jusqu'à plus de 4m de profondeur mais ils ont une faible porosité globale (30 à 40%), proche de la porosité texturale (Nicou, 1974). Leur faible fraction argileuse (2 à 3%) est constituée de kaolinite, de sesquioxydes et de silice colloïde (Pieri, 1977). Leur horizon humifère, très peu différencié, présente de faibles taux de matière organique de l'ordre de 0.2 à 0.5%. Leur capacité de rétention en eau est limitée avec 75 mm d'eau utile sur 1m de profondeur (Dancette, 1978). Ils ont aussi une capacité d'échanges cationiques faible (1 à 3 meq 100g⁻¹ de sol). Du fait de leur texture essentiellement sableuse, de leur composition minéralogique et de leur pauvreté en matière organique, ils ont un faible pouvoir tampon avec une acidité fréquente. Ils présentent un pic de minéralisation en début de saison des pluies, libérant une quantité assez importante d'azote minéral dans le profil, mais qui est presque totalement lessivée au bout d'une vingtaine de jours (Blondel, 1971).

À côté des sols Dior, les sols Dek se sont développés dans les interdunes et dans quelques zones planes. Ce sont des sols peu évolués à hydromorphie temporaire de surface. Ils ont des teneurs en argile un peu plus élevées, de 5 à 12% (Lericollais, 1969).

1.1.4. Exploitations agricoles

Les contours de l'exploitation agricole sont un peu ambigus en zone sahélienne. Ils correspondent parfois à la concession qui regroupe plusieurs ménages ayant chacun leurs cases distribuées autour du chef de concession, l'ainé de la famille, dont la mission est d'entretenir la cohésion sociale entre les foyers issus d'une même famille et de gérer les relations du groupe avec l'extérieur, en particulier les relations matrimoniales. Ces contours peuvent être aussi, dans une certaine mesure, en particulier pour les décisions relatives à la gestion de leurs moyens de production, ceux du foyer constitué du père de la mère et des enfants. Plusieurs démarches de typologie d'exploitation au niveau des villages du Bassin arachidier ont été rapportés dans la bibliographie (Audouin, 2014; Ricome *et al*, 2017; Ndiaye, 2018). Toutes ces typologies, s'accordent pour mettre en évidence :

1) L'existence d'une forte hétérogénéité de moyens de production entre fermes. Par exemple les surfaces agricoles cultivées peuvent varier entre 1 ha à plus de 10 ha dans certains villages, le chargement animal peut varier de 1 à 5 unités de gros bétail par hectare, le niveau de trésorerie peut varier d'un facteur 4 entre exploitations agricoles à l'intérieur d'un même village.

2) L'existence de stratégies variées correspondant notamment à différents niveaux d'intégration entre activités d'agriculture et d'élevage et d'activités annexes ou hors de l'exploitation agricole.

3) Le faible niveau de trésorerie et d'accès à un capital financier et au crédit de la plupart des exploitations. Par conséquent les objectifs prioritaires de la plupart des agriculteurs sont avant tout de satisfaire les besoins vivriers du foyer et de sécuriser un revenu minimum à court terme pour couvrir les besoins de première nécessité (alimentation, scolarité, etc.), plutôt que d'améliorer la production à n'importe quel prix.

1.2. Généralités sur le mil et ses systèmes de culture au Sénégal

1.2.1 Evolution de la production du mil et contraintes associées

a) Evolution de la production de mil au Sénégal

Le mil (*Pennisetum glaucum*), cultivé sur l'ensemble du Bassin arachidier, constitue la première céréale produite dans le pays. Sa production présente une tendance stationnaire entre 1996 et 2004 avec une production moyenne tournant autour de 600 000 t (Dieng, 2006). De 2004 à 2006 la production a chuté jusqu'à 400 000 t (Sahel, 2006) avant de se stabiliser à une moyenne annuelle tournant autour de 623 000 t (ANSD, 2012) durant la période (2008-2012). De 2013 à 2017, le Sénégal a produit en moyenne 640 170 t par an (DAPSA, 2018). La production en 2017 est en moyenne 875 484 t contre 827 601 t en 2018 soit une variation de 5% entre ces deux années (DAPSA, 2018) avec des rendements moyens faibles de l'ordre de 630 kg/ha sur les quinze dernières années. En 2019 la production du mil est de 807 044 t (FAOSTAT, 2018). Cette variation inter-annuelle et cette faiblesse des rendements font apparaître la nécessité d'une stabilisation et/ou d'une amélioration de la productivité du mil pour contribuer à la sécurisation alimentaire. Les travaux conduits dans ce sens par les différents Instituts de recherches intervenant dans la zone sahélienne (ISRA/CERAAS,

ICRISAT, IRD...) ont connu deux orientations complémentaires en fonction des approches disciplinaires : l'optimisation des itinéraires techniques et la création de variétés adaptées à la sécheresse. Les effets des techniques culturales telles que le travail du sol combiné avec les amendements organiques et les fertilisations minérales ont été étudiés par plusieurs auteurs (Charreau et Nicou, 1971; Ganry et al. 1974; Cissé, 1986; Wey et al. 1987). Mais les recommandations tirées de ces travaux ont du mal à passer dans la pratique des agriculteurs, notamment à cause des contraintes socio-économiques. Aujourd'hui, avec la pression démographique et la régression du troupeau qu'elle a entraîné, les quantités de fumiers disponibles pour amender les parcelles sont devenues très faibles. Le bilan des entrées et des sorties de nutriments tirés des résultats d'enquêtes de Audouin et al. (2015) montrent des valeurs souvent négatives. La concentration de fumier dans les champs de case serait à l'origine de rendements du mil plus élevés que dans les champs de brousse (Fofana *et al.*, 2008 ; Tounkara *et al.*, 2020). Avec une pluviométrie variant entre 300 et 1200 mm, les niveaux de besoin d'un mil Souna sont plus ou moins satisfaits par la pluviométrie, mais la répartition de cette quantité au cours du cycle n'est pas toujours favorable. Les risques de déficit hydrique en fin de cycle, au moment du remplissage des grains sont donc fréquents.

b) Les contraintes de la production du mil au Sénégal

Malgré les quelques améliorations de la productivité due à l'adoption de nouvelles techniques, la production du mil au Sénégal reste limitée par des contraintes abiotiques et biotiques (Broutin *et al.*, 1996). Les contraintes abiotiques portent essentiellement sur les facteurs édaphiques et climatiques. La faible fertilité des sols est le principal facteur limitant la production des cultures dans les pays sahéliens (Rekunda *et al.*, 1997). L'irrégularité des pluies, la faiblesse des hauteurs recueillies, leur mauvaise répartition dans le temps et dans l'espace et une forte évaporation constituent l'un des facteurs limitant la production du mil. Ce dernier est aussi victime de bioagresseurs comprenant insectes, maladies et mauvaises herbes (Badiane, 1999). La mineuse de l'épi du mil (*H. albipunctella*) est devenue le principal insecte ravageur du mil et le plus largement répandu dans la zone sahélienne (Ndoye et Gahukar, 1989). Elle occasionnerait en moyenne 10 à 20% de perte et jusqu'à une perte quasi-totale des récoltes (Geddes, 1990). Parmi les maladies les plus importantes, figure le mildiou (*Sclerospora graminicola* Schroet), le charbon (*Tolyposporium penicillariae* Bref) et

l'ergot (*Claviceps fusiformis* Loc) (Mbaye, 1993). Les mauvaises herbes comme le *Striga hermontica* Benth constituent un grand problème pour la culture du mil dans la zone sahélienne de l'Afrique (FAO, 1986 in Badiane, 1999).

1.2.2. Physiologie du mil

Le mil à chandelle, *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., est une plante de la famille des graminées. Il est originaire de l'Afrique de l'ouest, dans la zone limite sud du Sahara entre le Soudan occidentale et le Sénégal (Diallo, 2012). Selon (Maiti & Bidinger, 1981) cité par (Eldin, 1990), les différentes étapes du développement du mil peuvent être regroupées en trois phases principales :

✓ La phase végétative

Cette phase débute par l'émergence de la coléoptile et continue jusqu'au point d'initiation du panicule. La germination est hypogée et dure environ 24 heures. Après la levée les stades intermédiaires apparaissent, radicule peu ramifiée, tige et premières feuilles, puis multiplication des racines adventives. Les jeunes plantules prennent possession du sol, les bourgeons de la tige principale se multiplient et forment des talles (tiges secondaires). Le tallage suivant les variétés, peut se poursuivre tout au long de la croissance de la plante (figure 3). Les nœuds à la base des tiges secondaires peuvent donner à leur tour des tiges tertiaires. L'initiation du panicule se caractérise par l'élongation du dôme apical de la tige principale et la formation d'une constriction à la base de l'apex, c'est le passage de la phase végétative à la phase reproductrice.

✓ La phase reproductrice

Les premières feuilles sorties deviennent sénescentes, l'élongation des tiges secondaires se poursuit ainsi que la multiplication de nouvelles talles. La feuille terminale de la tige principale apparaît, enroulée autour du panicule qui se développe alors rapidement. Cette phase se termine par la floraison du panicule, floraison femelle tout d'abord, puis floraison mâle (figure 3). Le stade 50 % de floraison est atteint lorsque l'inflorescence couvre la moitié de la hauteur de l'épi.

✓ La phase de maturation

Le grain prend naissance au moment de la fécondation, il se développe et mûrit en passant par trois états: laiteux, pâteux puis vitreux (maturité). Pendant cette phase la sénescence des feuilles basales se poursuit, les talles développées tardivement restent souvent stériles, si elles produisent des inflorescences, celles-ci n'arrivent pas à maturité.

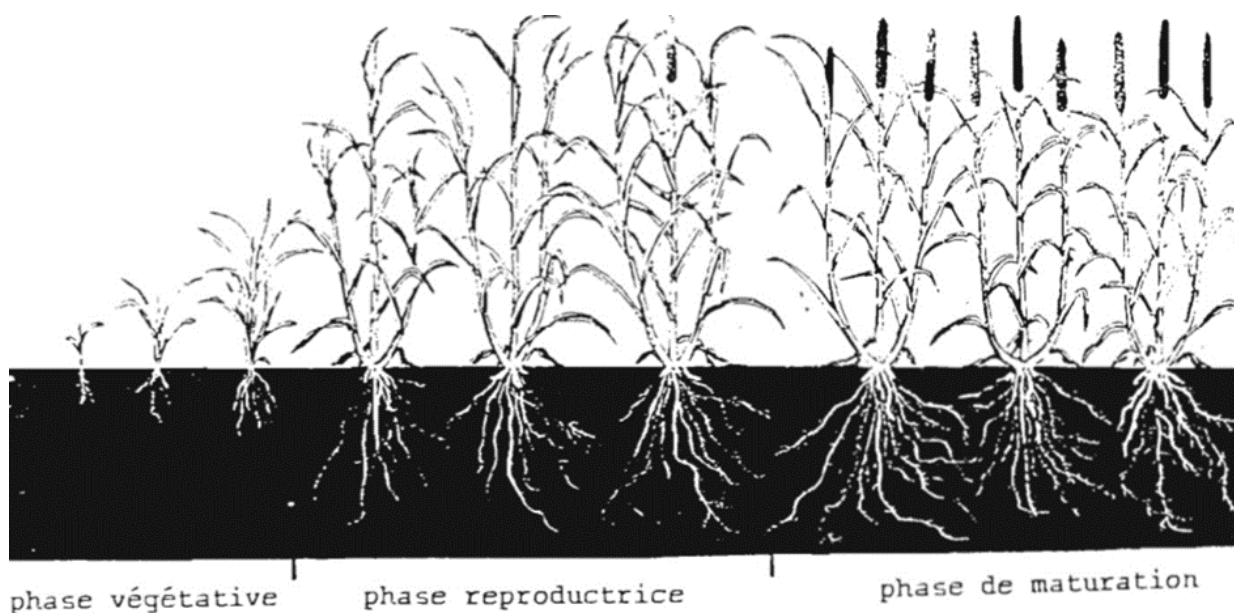


Figure 3 : Représentation schématique illustrant les principales phases du cycle de développement du Mil

1.2.3. Diversité des systèmes de culture

Le modèle de culture dans le bassin arachidier est fondé sur une division par zones des surfaces cultivables : une première zone jouxtant le village ou champs de case et une deuxième zone située à peu près à un kilomètre des lieux d'habitation, les champs de brousse. Dans les champs de case, les producteurs cultivent en permanence le mil sans rotation ni mise en jachère. Dans les champs de brousse, l'arachide associée au niébé alterne avec le mil et la jachère y est pratiquée. (Toukara *et al.*, 2020). La fertilisation organique et minérale constitue les principales pratiques des producteurs pour améliorer la fertilité des terres agricoles. La jachère volontaire faisant partie du système de rotation est pratiquée par les exploitants. Cependant la mise en jachère des terres devient de plus en plus rare à cause de l'augmentation démographique et certains ont laissé des terres en jachère seulement par manque de semences. D'autres optent pour les moyens de fertilisation disponibles : le fumier,

les déchets ménagers, les cendres, les arbres et les nombreux déchets fertilisants qu'ils produisent. Le fumier est souvent réservé aux champs de case et l'engrais minéral pour les champs de brousse.

1.3. Apports de l'association du mil avec *Faidherbia albida* : Les hypothèses d'interactions positives

Faidherbia albida (Del). A. Chev. (Syn. *Acacia albida*, Del) est un arbre Africain de la famille des Leguminosae, sous-famille des Mimosoideae. Il est très proche de la tribu des *Acacia*, avec néanmoins quelques différences, qui en font un genre à part des acacias (Chevalier 1934 ; CTFT, 1988 ; Joly 1991). L'arbre est vigoureux, atteignant couramment une hauteur de 15 à 20 m avec une circonférence de tronc de l'ordre du mètre. C'est un arbre à usages multiples (feuilles et fruits fourragers, bois, propriétés médicinales), potentiellement fixateur d'azote et présentant un très grand intérêt dans les parcs agroforestiers aménagés traditionnellement par l'homme. Son aire de répartition est remarquablement vaste: au Nord, elle forme un bandeau des côtes occidentales aux côtes orientales de la zone subsaharienne, et monte également dans le Sahara. Elle contourne la zone centrale guinéenne (humide), trouve sa limite australe au Lesotho, remonte le long de la côte atlantique Sud en Namibie et en Angola. Cette distribution s'accompagne d'une très importante amplitude écologique, en termes de pluviométrie (de 50 à 1500 mm) (Fagg et Barnes, 1990), de distribution des pluies (une ou deux saisons humides), d'hygrométrie, d'altitude, de sols, etc. Il semble que les *Faidherbia* affectionnent les sols profonds, légers, et pourvus d'une nappe phréatique, même profonde (CTFT, 1988). Outre son amplitude écologique, la caractéristique la plus remarquable de *Faidherbia albida* est sa "phénologie inversée". Sa phase de végétation est centrée sur la saison sèche : les *Faidherbia* débourrent en fin de saison des pluies, fleurissent en cours de saison sèche, et la chute des feuilles suit généralement l'arrivée des nouvelles pluies. L'espèce est donc caducifoliée, et sa croissance est indéfinie durant la phase feuillée. Cette productivité de contre-saison présente des avantages évidents pour l'économie des populations des zones sèches. En Afrique de l'Ouest principalement, *Faidherbia albida* a été intégré à l'économie rurale de longue date, et constitue la composante arborée principale de systèmes agro-sylvo-pastoraux appelés "parcs à *Faidherbia*" (Pélissier, 1980) ; (Ouedraogo, 1994) ; (Depommier, 1996) ; (CIRAD-Forêt, 1996). Dans ces systèmes agroforestiers, les arbres sont disséminés dans les champs, avec une faible densité, de l'ordre d'une dizaine

d'arbres à l'hectare. Émondé par les pasteurs, *Faidherbia albida* fournit du fourrage de grande qualité nutritionnelle aux troupeaux en période de soudure. En outre, les cultivateurs lui reconnaissent communément un effet améliorant du rendement et certaines cultures, en particulier céréalières. On parle des “effets *Faidherbia*”, dont l'origine est certainement complexe : comme la plupart des arbres, *Faidherbia albida* pourrait freiner l'érosion et la perte des éléments nutritifs, améliorer les propriétés physiques du sol, la fraction organique et la fertilité au sens large (Charreau et Vidal, 1965). Plus spécifiquement, il faut envisager un effet de concentration des déjections des troupeaux et de l'avifaune en saison sèche (faune attirée par l'ombrage, les insectes, etc.), et la fixation symbiotique de l'azote. En saison humide, *Faidherbia albida* est défeuillé complètement ou presque, et la compétition avec les cultures pour la lumière, l'eau, les éléments nutritifs devient minimale. Aux intersaisons (levée des cultures, récolte), cette compétition reste possible, mais elle est peu étudiée. En raison de son enracinement profond et de sa prédilection pour les formations rupicoles à l'état naturel, de nombreux auteurs ont supposés que *Faidherbia albida* était phréatophyte (Roupsard, 1997). En définitive, on a coutume de classer *Faidherbia albida* parmi les essences à usages multiples, à fort potentiel, et donc à caractère prioritaire dans les programmes de développement agroforestier de nombreux pays semi-arides d'Afrique.

1.3.2. Service de régulation de l'eau

Le système racinaire de *Faidherbia albida* est essentiellement pivotant (Cazet, 1989). Mais une grande variabilité architecturale du système racinaire a été décrite, et mise en relation avec la profondeur des sols notamment (Alexandre et Ouedraogo, 1993 ; Depommier, 1996). Des racines de *Faidherbia albida* ont été observées à des profondeurs supérieures à 30 m (Lemaitre, 1954 ; Dupuy et Dreyfus, 1992), atteignant le voisinage de la nappe phréatique. On considère généralement que *Faidherbia albida* utilise des réservoirs hydriques profonds, et/ou qu'il est phréatophyte. Le comportement phréatophyte, bien que souvent admis n'a pas été démontré de manière expérimentale.

1.3.3. Service de recyclage du carbone et des nutriments

Dans la plupart des régions semi-arides, ou la perte de fertilité des sols est un facteur inquiétant pour l'agriculture, *Faidherbia albida* est une des espèces des zones sahéliennes dont le rôle dans la restauration de la fertilité des sols est reconnu depuis longtemps. Un

certain nombre de populations africaines ont favorisé sa présence dans les champs, créant ainsi un véritable parc (Diouf *et al.*, 1998). Ce système agro-pastoral et ses effets bénéfiques sur le maintien de la fertilité des sols ont fait l'objet de recherches détaillées dans le domaine de la pédologie, de la microbiologie et de la bioclimatologie depuis les années soixante (Diouf *et al.*, 1998). Elle montre que la présence de *F. albida* entraîne une modification favorable du microclimat ainsi que les propriétés physico-chimique du sol. La forte réduction de l'évapotranspiration sous *F. albida* pendant la saison la saison des pluies, période de croissance des cultures, constitueraient, avec l'atténuation de l'action du vent sur le dessèchement du sol et des cultures, les apports bénéfiques de l'arbre aux plantes cultivées (Schoch, 1966 ; Dancette, 1966). En ce qui concerne les sols, les taux de carbone et d'azote sont plus élevés sous *F. albida*, alors que le rapport C/N diminue au fur et à mesure que l'on s'approche de l'arbre, traduisant une grande rapidité de minéralisation (CTFT, 1988) et une plus forte activité biologique (Jung, 1970). Les caractéristiques chimiques du sol sont considérablement modifiées par la présence de l'arbre. De plus, les cations échangeables, en particulier le calcium et le magnésium, augmentent dans des proportions importantes sous *F. albida* (Charreau & Vidal, 1965) et le pH du sol sous couvert est supérieur à celui hors houppier (Jung, 1970).

Les propriétés agro-sylvopastorales de *F. albida* adulte seraient, du moins en partie, dues à sa capacité à fixer l'azote de l'air grâce à des rhizobiums dont la présence a été signalée à des profondeurs de 20 à 30 m (Dupuy *et al.*, 1992). Ndoye *et al.* (1995) ont cependant montré que malgré leur capacité à former des symbioses avec des bactéries fixatrices d'azote, les jeunes plants de *F. albida* présentent un faible potentiel fixateur d'azote.

Ces propriétés sont également attribuées à son rythme phénologique inversé. La chute des feuilles intervient en fin de saison sèche, dès les premières pluies, au démarrage des travaux champêtres. Les feuilles sont alors immédiatement intégrées au sol, au moment où l'activité biologique est importante avec la ré-humectation récente du sol. Jung (1970) estime à 4,2 t/ha la quantité de feuilles recueillie à partir des arbres dont la fondaison est en moyenne de 231 m², ce qui équivaut à une production aussi importante qu'en zone tropicale semi-humide. De plus, l'absence quasi-totale de systèmes racinaire traçant en surface et de feuilles en saison des pluies réduisent la compétition pour l'eau entre *F. albida* et les cultures sous ombrage

(Roupsard *et al.*, 1998). En fait, *F. albida* jouerait le rôle d'une pompe qui remonterait dans son houppier les éléments nutritifs fixés par les symbiotes ou absorbés par les racines profondes, puis les déposerait à la surface du sol par les retombées de litière. Il est également fait état de l'apport d'éléments fertilisants sous *F. albida* dus aux déjections du bétail qui séjourne sous son ombre aux heures chaudes de la saison sèche (CTFT, 1988).

1.3.4. Service de régulation des bioagresseurs

Grace à une structure complexe composée de strates et de milieux différents, les systèmes agroforestiers offrent aux arthropodes une grande diversité de niches écologiques dans le temps et dans l'espace qu'une simple mosaïque de cultures annuelles. Ils peuvent ainsi jouer un rôle de source ou de relais pour les populations de bioagresseurs, ou favoriser l'impact des ennemis naturels en leur offrant des ressources complémentaires, en particulier pendant la saison sèche. Les bioagresseurs sont plus ou moins sensibles aux variations du microclimat, en fonction de leurs caractéristiques de développement et de dispersion (Schroth *et al.*, 2000). Leurs réponses aux altérations microclimatiques induites par la diversité végétale associée ne sont donc pas forcément les mêmes. Une augmentation de l'intensité de l'ombrage diminue la température moyenne et augmente l'humidité relative moyenne de la parcelle (Avelino *et al.*, 2011). Ces modifications du microclimat peuvent affecter la dynamique des populations de bioagresseurs, leur incidence et leur action sur la culture. L'ombrage stimule de multiples mécanismes écologiques, en interaction avec le climat, dont les effets peuvent être antagonistes (négatifs, mais aussi positifs) sur les dynamiques des bioagresseurs (Ratnadass *et al.*, 2012).